

退官記念講演



## ある建築環境学研究

A Study in Architectural Environment

勝田高司\*

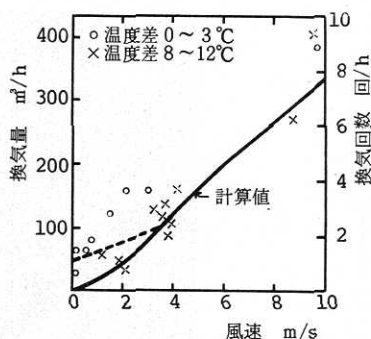
Takashi SHODA

UDC 628.8 : 699.8

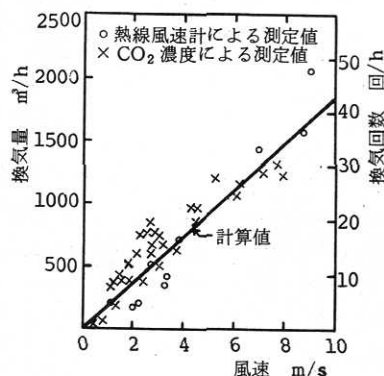
35年間の研究生活をふりかえってみると、建築環境学は、はじめは建築空間の光・熱・空気・音などに関連する環境に建築の外部の条件が建築を通してどう影響するかを調べ、それを人間の生活に適するように建築の方法を考えることが主としていた。都市建築が発達して、新しい要素として空調設備など、エネルギーあるいは機械力が大きく導入されて、建築の半分は機械のようなものになってきた。これは住宅についても言えることである。しかし、現在でもわが国の建築設備の研究はまだ充分とは考えられない。また、市街の建築密度が大きくなると日照障害や騒音など外部環境が悪化し、あるいは都市の気候が変わって、気温の上昇や大気汚染の拡散にも

## 1. 換気

自然換気の量を模型で測定しているうちに、小さな開口やすまを空気が通るときに、抵抗係数がレイノルズ数によって変化することを考慮した自然換気量の計算法を導くことができた<sup>1)</sup>。たとえば、図1はコンクリート・アパートの木製サッシの場合、左は建具すまによる換気量、右は小窓を開いたときのそれで、それぞれ外部の風速との関係の測定値と計算値とを示している<sup>2)</sup>。自然換気は現在でも、室内空気の新鮮度、酸素欠乏と不完全燃焼、結露と湿気および熱の損失などの問題に関連して重要な問題である



(a) 建具すまによる換気量



(b) 小窓を開けた時の換気量

図1 コンクリート造アパートの換気

関連する風速の減少、または高層建築による局部的風速の増加など地域的現象が問題になってきた。これらに関連して研究の対象が年とともに拡大している。きわめて限られた範囲ではあるけれども、いろいろの現象を測定し、分析したりして、法則性を求め、人間的要素を入れて、良好な環境をつくるための設計の方法をたてる。実施したものの評価によって、さらに技術を開発してゆくということが繰返されるわけで、この過程において、その時々々の社会の技術的要求に対応し、それに答えることができたと言えるかも知れない。以下に研究課題を大きく六つに分けて、どんなことをしていたかを説明してみる。

換気などにもなる室内気流の研究には0.5 m/s以下のような低い速度の測定を必要とするので、トレーサ・ガス法で流量を計測し、熱線計などを検定する図2のような装置をつくり、直径20mmの油入り球を加熱し、気流中での冷却時間をストップ・ウォッチで計る方式のカタ温度計と同原理のものから、図3のような熱電対型の熱線計のほか、金属球殻の全方向性微風速計<sup>3)</sup>なども研究室で試作していた。住宅・工場その他各種の建築の換気、局所排気装置など現場を含む実験研究を続け、この間、換気設備について建築基準法の改正に寄与している。近年は写真1のような、いわゆるツイン・コリダー形式の深い光庭の換気問題も扱っている<sup>4)</sup>。

\* 東京大学名誉教授

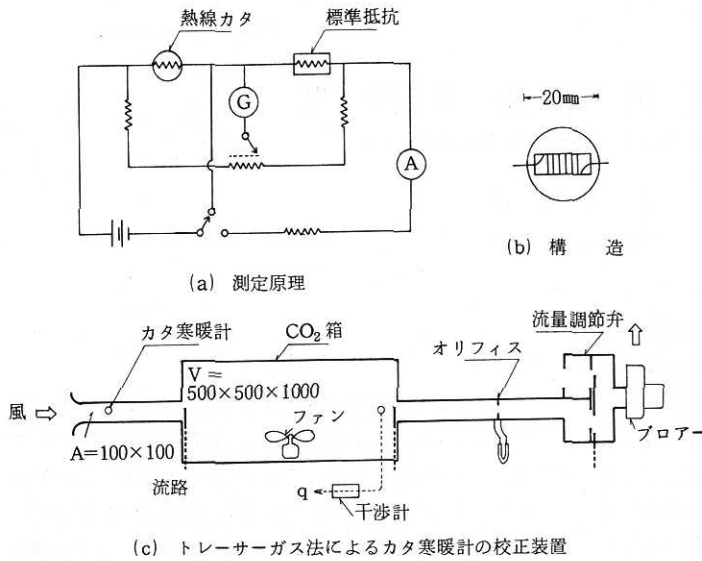


図2 熱線カタ寒暖計

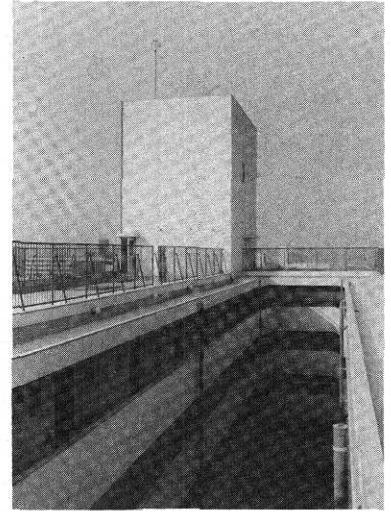
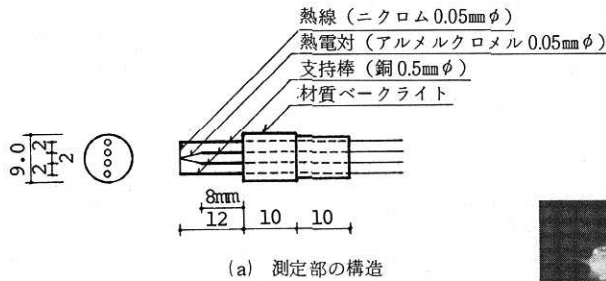
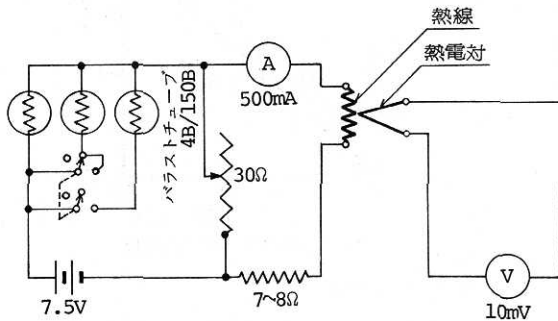


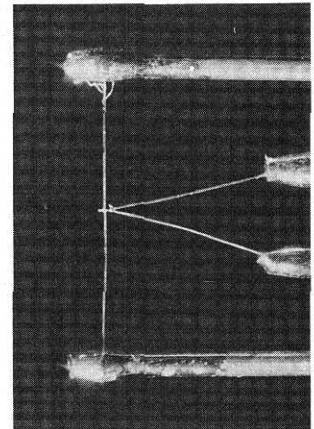
写真1 ツインコリダー形式の集合住宅の中庭



(a) 測定部の構造



(b) 測定原理



(c) 熱線及び熱電対

図3 熱電対式熱線風速計

## 2. 構成材の性能

まず、スチール・サッシや、後れてアルミニウム・サッシの生産がはじまり建築部材として量産に進もうとしていた頃に、図4のような実物大サッシの試験装置を開発して 各種のサッシの気密、変形および強度の性能試験法の研究をはじめている。この装置は、すきまの大きい「引違いサッシ」にたいして「はめころしサッシ」は通気量が1/100以下であるが、広い範囲の測定ができ、また、降雨と風圧との組合せを実際の条件に近くできる

特長がある<sup>5)</sup>。金属サッシの気密と水密について JIS はこの研究成果にもとづいている<sup>6)</sup>。現在では多くのカーテンウォール製作会社がこの装置より大規模な試験装置を開発あるいは展示用にもっている。カーテンウォールの標準化については、池辺陽教授に協力して接合部の気密、水密、遮音、断熱などの試験研究を行い、例えば気密、水密および断熱などの性能グレードを表1のように示している<sup>7)</sup>。なお、熱経済および水密性などの地域性に関連する標準ディグリーデーおよび風雨の同時性超過確率などの計画に必要な統計値もえられている。

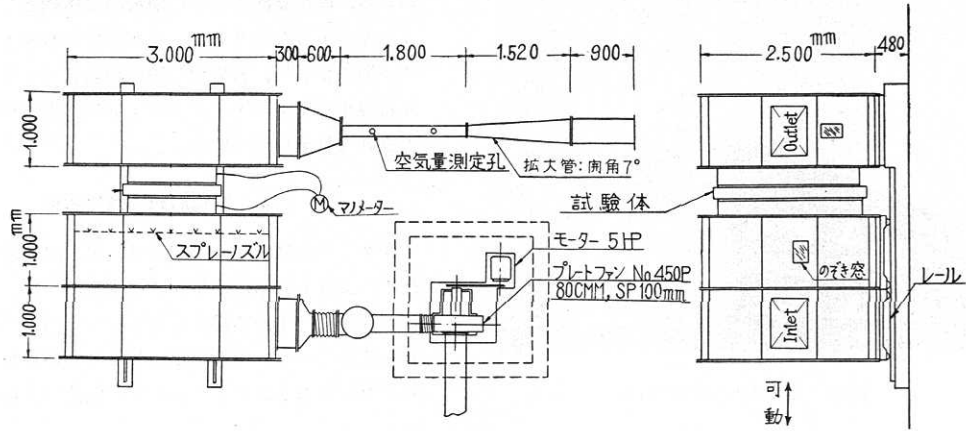
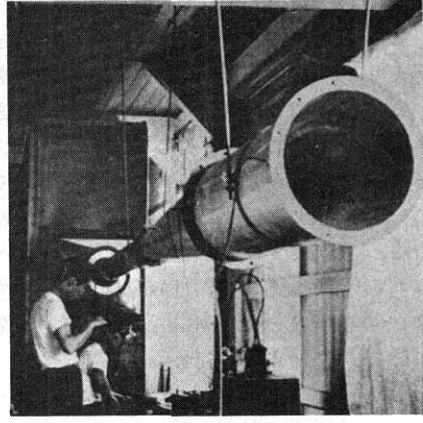
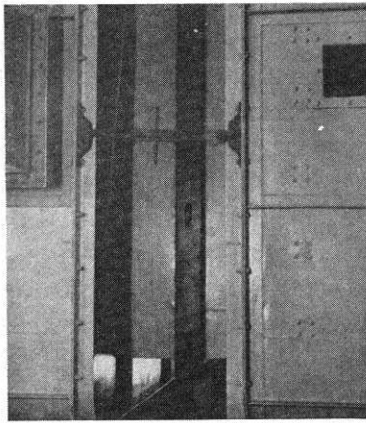


図4 気密水密風圧試験装置

表1 シェルター機能要素のグレード

グレード	1	2	3	4	5
1) 接合部長さ1m当りの通気量 圧力差10kg/m <sup>2</sup>	0.125	0.5	2	8	31.5
2) 水密圧力 kg/m <sup>2</sup>	10	18	31.5	56.0	100
3) 熱貫流抵抗 m <sup>2</sup> h°C/kcal	0.25	0.45	0.8	1.4	2.5
	スレート5mm タールフェルト 板11mm	モルタル10mm 軽量ブロック 200mmプラスター 7mm	板20mm 炭ガラ 30mm コンクリート 50mm	モルタル10mm コンクリート150 mm 岩綿50mmハー リット150mm	リノリウム5mm 縁甲板14mm 岩 綿60mm コンク リート150mm

### 3. 住宅設備

住宅生産の工業化にともない建設省や工業技術院の住宅性能標準化や住宅産業における材料および設備の標準化など大規模な調査研究が行われていた。これに参加する一方、池辺陽教授と協力して実験住宅により居住状態

を含む総合的評価を求める研究として、日本住宅公団、大阪瓦斯株式会社および東京三洋電機株式会社の協同によって、大阪府豊中市および群馬県大泉町に、各24戸の実験住宅を池辺教授の設計で建設して、各種の給湯・暖房・冷房および換気などの設備性能、住い方、室内気候などを受けもって、数年にわたり詳細に測定分析してい

る<sup>8)</sup>。これらは密閉型各戸セントラルの給湯暖房方式であるが、これより前に日本住宅公団袖ヶ浦団地で開放型燃焼器具を用いる場合の室内気候についての実測研究も行っている<sup>9)</sup>。写真2は大泉町の実験住宅である。図5は住宅エネルギー消費の経年月変化の一例であるが、戸別に見ると住い方を反映して差異の大きいものである。これらの一連の研究は各種設備システムの設計法と性能評価の方法とに寄与している。住宅設備の総合的レベルを与えるエネルギー・グレードは図6のようなもので、住宅設備レベルの尺度として、住宅設備システム標準化の基礎になるものと考えられる<sup>10)</sup>。

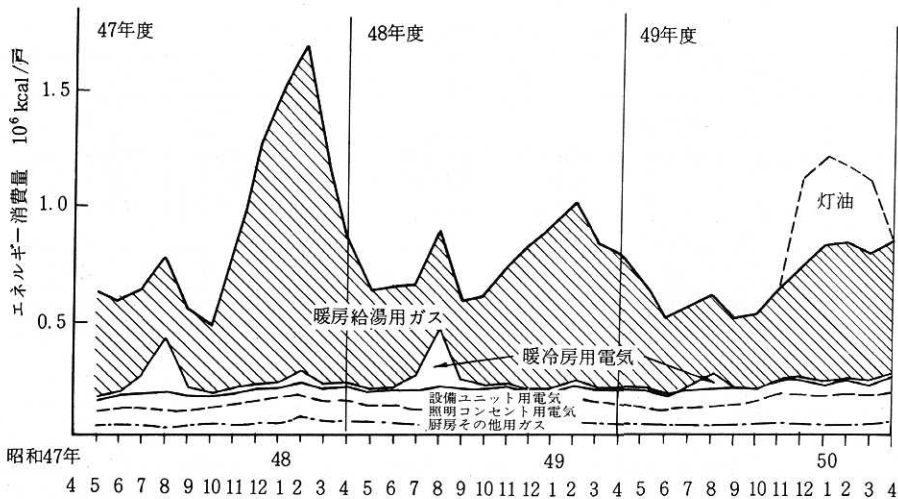


写真2 群馬県大泉町実験住宅

和をしたり、通風、換気を行うときに、快適条件にする方法についての研究である。各種の吹出口による気流の性質を明らかにするために、日本造船研究協会の援助によって図7のような実験室をつくることができ、それまでの等温吹出しの研究から非等温の場合に、さらに室内空気分布の相似則に関連する模型実験法の研究に進めている。図8は船室にインダクション・ユニット形式の吹出口をとりつけ、熱負荷が外壁にかかっている状態の空気分布の例である<sup>11)</sup>。近年は図9のような半密閉空間の内部環境として、気流の統計的に求めた渦動粘性係数の性質が分ってきている<sup>12)</sup>(図10)。こうした方向から室内温度や速度場の実用的計算を可能にする時もあると思われる。吹出気流あるいは噴流の実施例としては、写真3~5のようなオリンピック水泳場の直径1,200mmのノズル型吹出口<sup>13)</sup>、宮殿豊明殿の両側スリット型吹出口<sup>14)</sup>、大石寺正本堂座席インダクション型吹出口<sup>15)</sup>など、実用上良好な結果をえている。

## 5. 空気調和設備の騒音

ダクト系の騒音制御の問題は、第二次大戦後の混乱を経て、ようやく本格建築がはじまるにつれ、また、いわゆる高速ダクト法の導入にともなって内外で関心が高くなってきていた。消音吹出口ユニットの音響減衰、各形式ダンパーおよびディフューザの気流による発生騒音、



(注) 灯油の消費について

- ・47年度は1戸が使用していたが、使用量は不明
- ・48年度は使用戸数、使用量とも不明
- ・49年度は4戸全部で使用していたが、使用量は3戸についてしかわからないため3戸の平均値

図5 精密測定住戸における用途別エネルギー消費量の月別変化(4住戸の平均)

## 4. 室内空気分布

これは建築空間の気流速度と温度との分布を、空気調

ダクト用共鳴消音器などの実験的研究によりダクト系の騒音制御計画<sup>16)</sup>がまとめられていたが、さらに、ダクト系の各部材による発生騒音の研究を進めるための無音送

グレード		1	2	3	4	5	
住宅におけるエネルギー消費量 (10 <sup>6</sup> kcal/年戸)	4.75	6.70	9.50	13.2	19.0	26.5	37.5
1. 統計データより求めた推定値 (統計データA)		7.0 昭46全国 平均値	8~9 昭50全国 平均推定値				
(統計データB) 昭47	5.3 大阪	7.2 全国平均 及び東京	9.7 秋田	14.2 札幌			
(統計データC) 昭48.10~49.9		7.8 東京					
(BREレポート) 1972				19.4 英国			
2. 実験住宅における測定	6.0 最小	9.6 15戸平均値	13.7 最大	16.0 東豊中実験 住宅 昭44		26.6 S邸実験 住宅 昭46	
	KMC実験住宅 昭47 (戸別セントラル給湯暖房・大阪) (戸別セントラル給湯暖冷房・東京) (戸別セントラル給湯暖冷房・熊谷)						
				17.0 三井パークマン ション 昭47			(戸別セントラル給湯暖冷房・東京)
3. 実態調査 (調査A) 昭43~46	3.3 木質アパート	5.2 都営住宅	8.3 公団住宅	12.1 マンション		35.4 独立住宅	
(調査B) 昭49	5.7 木質アパート	6.5 公団公営	9.6 マンション	11.3 店舗併用	13.3 独立木造	29.8 独立非木造	東京
(調査C) 昭45				12.3 マンション			
(調査D) 昭49		8.8 集合住宅		12.1 独立住宅			
(調査E) 昭49		6.5 集合住宅					熊谷
(調査F) 昭48				14.3 集合住宅	17.8 集合住宅	25.0 独立住宅	札幌
				(個別暖房)(地域暖房)		(個別暖房)	
4. 米国例							
(資料A) ワシントン ホルチモア地区 1970	集合住宅	(電気ガス併用)		22 高層1寝室	25 高層2寝室	32 低層2寝室	
		(全電化)		16 高層1寝室	18 高層2寝室	26 低層2寝室	
		(全ガス)			26 高層1寝室	29 高層2寝室	39 低層2寝室
							独立住宅
							40 全電化
							53 電気ガス併用
(資料B) サウスカロライナ 軍事基地 1960				連続住宅	22.5 全電化		39.0 電気ガス併用
(資料C) 東部地区 1972		8.4 最小	12.9 27棟平均値		23.3 最大		
		集合住宅 (全電化)					

図6 住宅用エネルギー消費量のグレードと実例

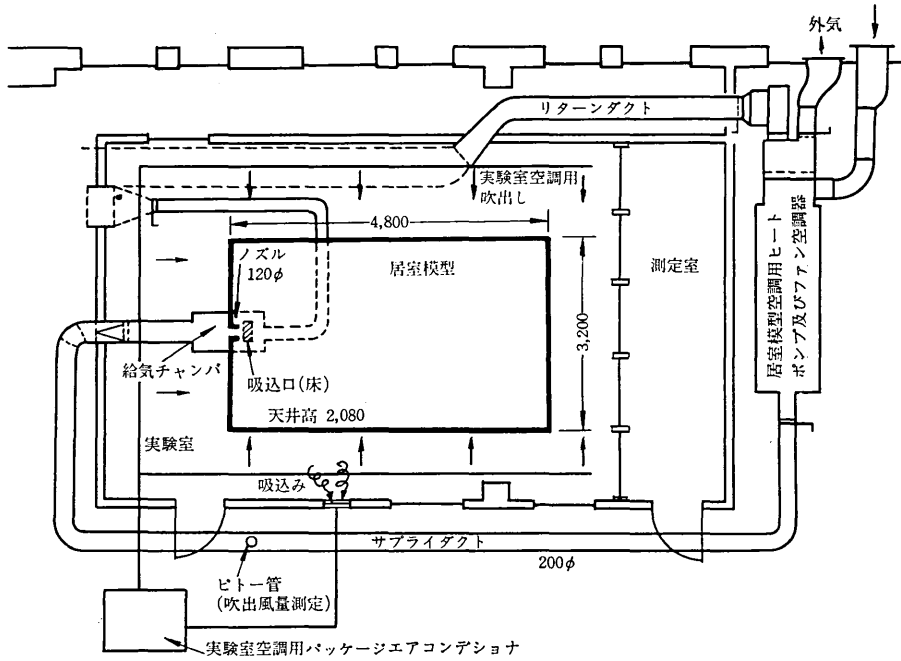
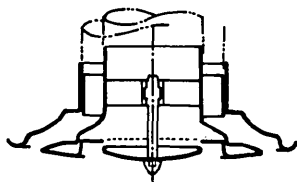
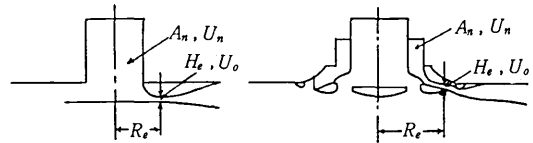


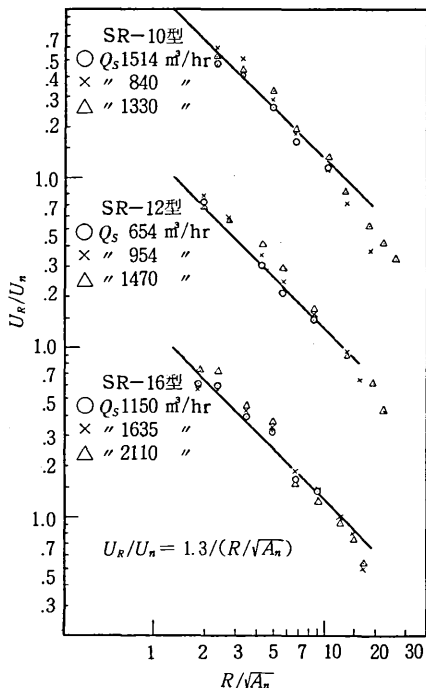
図7 実験装置



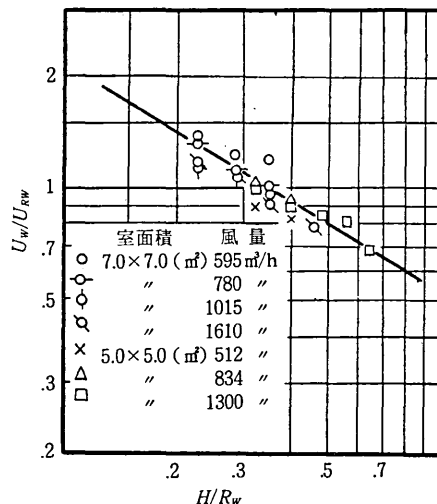
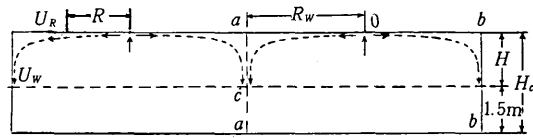
(a) 輪形吹出吸込口



(b) 各部の記号



(c) 天井面に沿う気流



(d) 下向気流  $U_w/U_{rw} = 0.52 / (H/R_w)^{0.6}$   
ただし、 $U_{rw} = 1.3 U_n / (R_w \sqrt{A_n})$   
 $U_w/U_n = 0.68 / \{ (H/R_w)^{0.6} (R_w/\sqrt{A_n}) \}$

図8 輪形吹出吸込口の気流分布

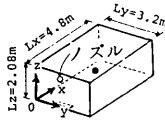
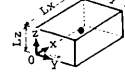
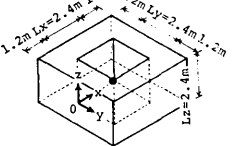
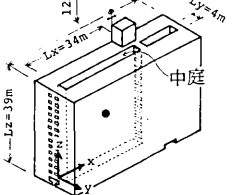
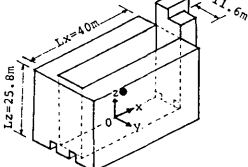
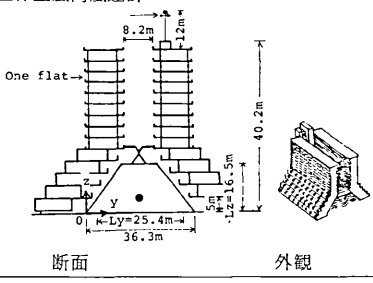
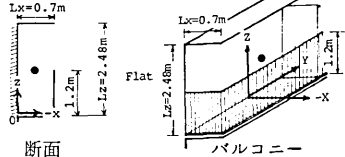
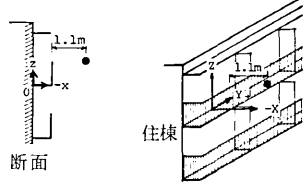
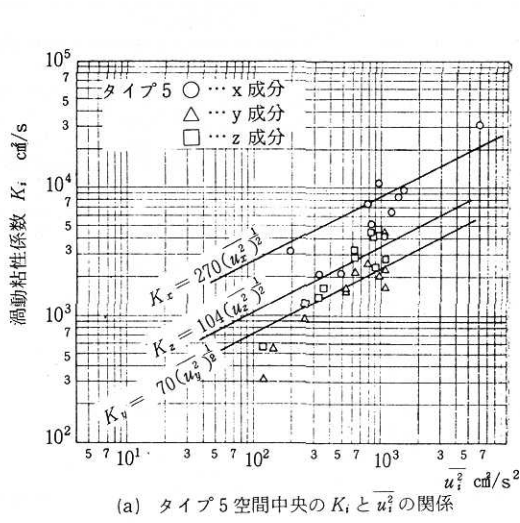
空間のタイプ	空間形状	空間のスケールと開口率
タイプ1 換気口のある部屋		空間容積 $V = 31.95 \text{ m}^3$ 空間の開口面積 $x$ 方向の空間長さ $Lx = 4.80 \text{ m}$ $Ao = 56.31 \times 10^{-2} \text{ m}^2$ $y$ $Ly = 3.20 \text{ m}$ 空間内表面積 $z$ $Lz = 2.08 \text{ m}$ $At = 64.00 \text{ m}^2$ 開口率 $r = Ao/At \times 100 = 0.09\%$
タイプ2 タイプ1の $\frac{1}{4}$ 模型		$V = 49.9 \times 10^{-2} \text{ m}^3$ $Ao = 35.19 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ $Lx = 1.20 \text{ m}$ $At = 4.00 \text{ m}^2$ $Ly = 0.80 \text{ m}$ $r = 0.09\%$ $Lz = 0.52 \text{ m}$
タイプ3 立方体の中庭		$V = 13.82 \text{ m}^3$ $Ao = 5.76 \text{ m}^2$ $Lx = 2.40 \text{ m}$ $At = 34.56 \text{ m}^2$ $Ly = 2.40 \text{ m}$ $r = 16.7\%$ $Lz = 2.40 \text{ m}$
タイプ4 中庭		$V = 53.0 \times 10^2 \text{ m}^3$ $Ao = 35.44 \times 10 \text{ m}^2$ $Lx = 34.00 \text{ m}$ $At = 32.36 \times 10^2 \text{ m}^2$ $Ly = 4.00 \text{ m}$ $r = 11.0\%$ $Lz = 39.00 \text{ m}$
タイプ5 中庭		$V = 12.0 \times 10^3 \text{ m}^3$ $Ao = 49.48 \times 10 \text{ m}^2$ $Lx = 40.00 \text{ m}$ $At = 35.91 \times 10^2 \text{ m}^2$ $Ly = 11.60 \text{ m}$ $r = 13.8\%$ $Lz = 25.80 \text{ m}$
タイプ6 中庭	三杯型風向風速計 	$V = 17.2 \times 10^3 \text{ m}^3$ $Ao = 65.46 \times 10 \text{ m}^2$ $Lx = 44.20 \text{ m}$ $At = 47.06 \times 10^2 \text{ m}^2$ $Ly = 25.40 \text{ m}$ $r = 13.9\%$ $Lz = 16.50 \text{ m}$
タイプ7 バルコニーコンクリート手摺のものと格子手摺のもの		$V = 9.1 \text{ m}^3$ $Ao = 15.15 \text{ m}^2$ $Lx = 0.70 \text{ m}$ $At = 36.80 \text{ m}^2$ $Ly = 5.25 \text{ m}$ $r = 41.2\%$ $Lz = 2.48 \text{ m}$
タイプ8 建物壁面近傍の空間		タイプ8の空間のスケールを定義することは難しい。 住棟のスケールは42.1m (高さ) × 52.5m (長さ) × 10.2m (奥行) である。 $Ao$ , $At$ , $r$ は定義できない。

図9 閉鎖的空間の種類





渦動粘性係数  $K_i$

$$K_i = \sqrt{\overline{u_i^2}} \cdot l_i = \sqrt{\overline{u_i^2}} \cdot \sqrt{\overline{u_i^2}} \cdot \int_0^{t_0} R_i(\tau) d\tau$$

$u_i$  : 速度成分  
 $R_i(\tau)$  : 自己相関関数

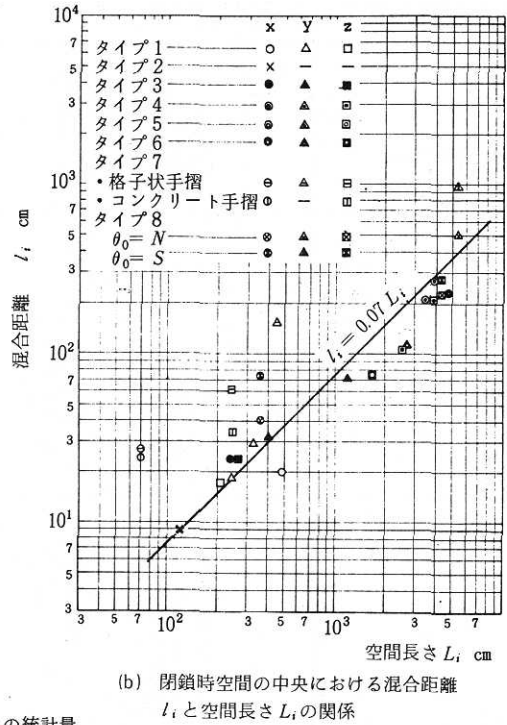


図10 気流の乱れの統計量

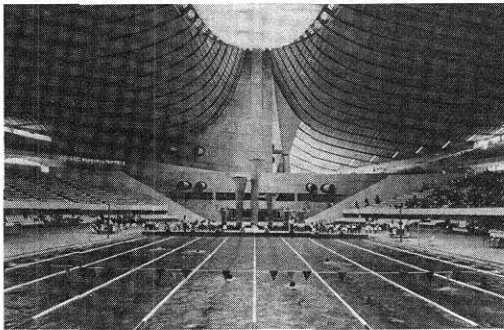


写真3 オリンピック水泳場

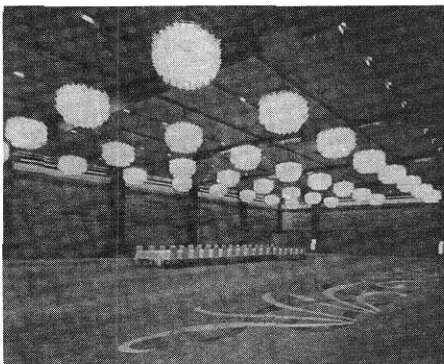


写真4 宮殿豊明殿

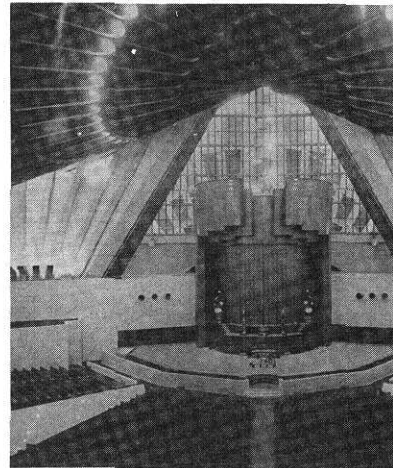


写真5 大石寺正本堂

助を受け完成することができ、実験研究<sup>17)</sup>は大いに進んだ。しかし、現在の装置(図11)は後に地下鉄工事のため、昭和45年にそれを移転新営したものである。

箱型消音器の減音量の計算値は実測値と比較して、たとえば図12のようにえられ、図13~15に示すような吹出口の気流による発生音のバンド・パワー・レベルと吹出速度の関係、その他多くの資料がえられている。図16は近年のもので格子状開口部を通る気流の発生音が流量と圧力損失とで補正すると一つの基準値で表されることを示している<sup>18)</sup>。

風装置を空調衛生工学会創立40周年記念研究費の援



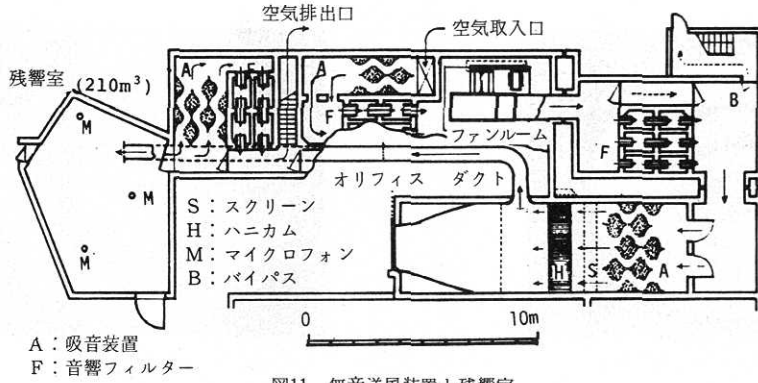
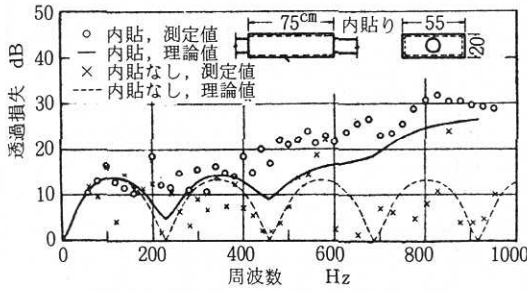
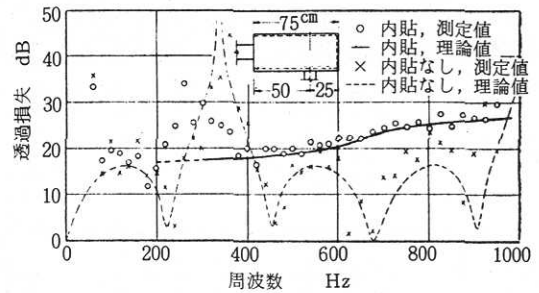


図11 無音送風装置と残響室

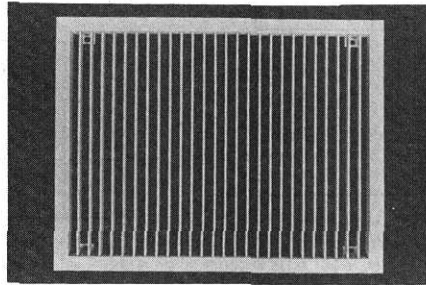


(a) 入口側膨張比9, 出口側膨張比9

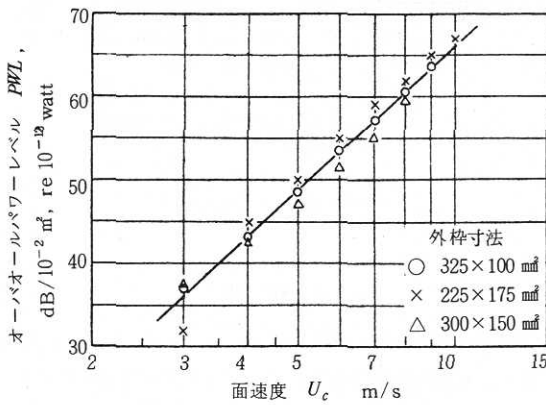


(b) 入口側膨張比9, 出口側膨張比14

図12 空洞型消音器の吸音材(2.3mmモルトブレン)内貼による効果



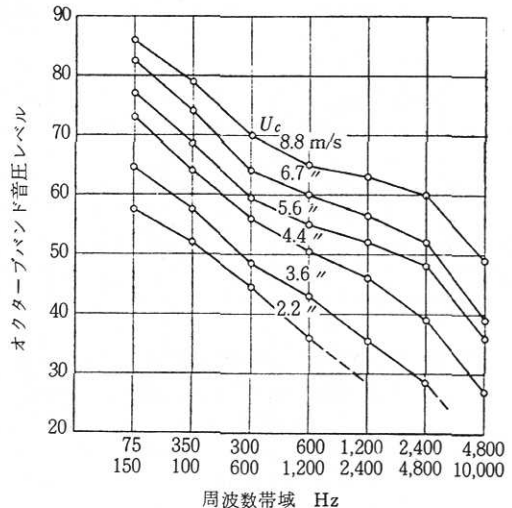
(a) 平行ベーン形吹出口



$$PWL = 10 \log_{10} (100 A_c) + 58 \log_{10} U_c + 8 \text{ dB}$$

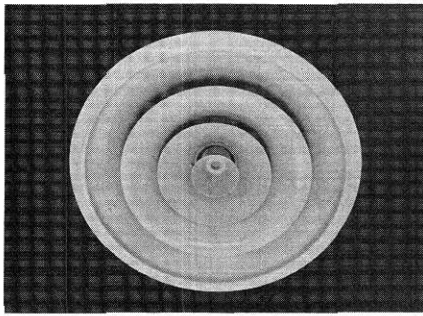
$A_c$ : 前面積  $\text{m}^2$ ,  $U_c$ : 面速度  $\text{m/s}$

(b) 前面積 $10^{-2} \text{ m}^2$ 当り気流発生音のオーバーオールパワーレベル, ベーンのピッチ13mm, 自由面積比0.77

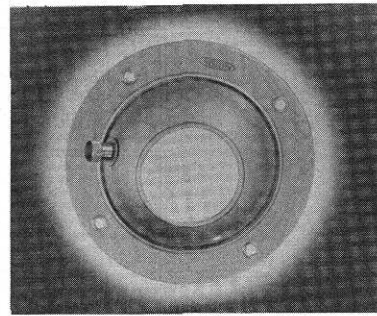


(c) バンドパワーレベル

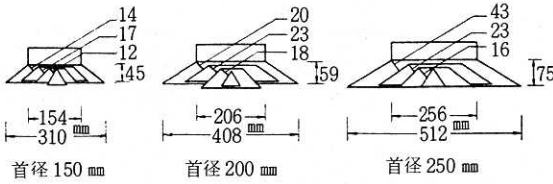
図13 平行ベーン形吹出口の気流発生量



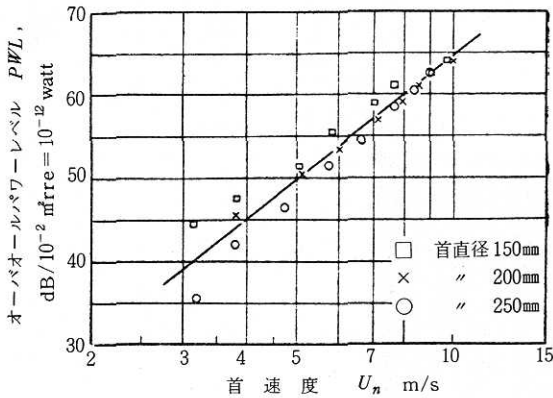
(a) ラジアルベーン形吹出口



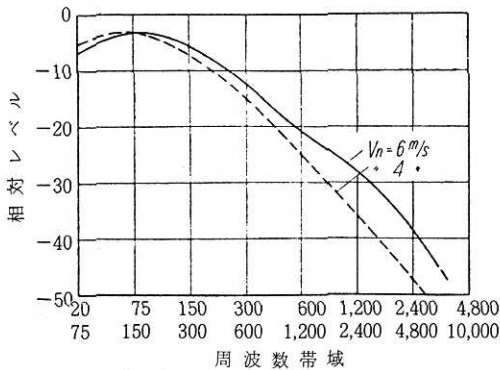
(a) パンカーブ



(b) 吹出口形状

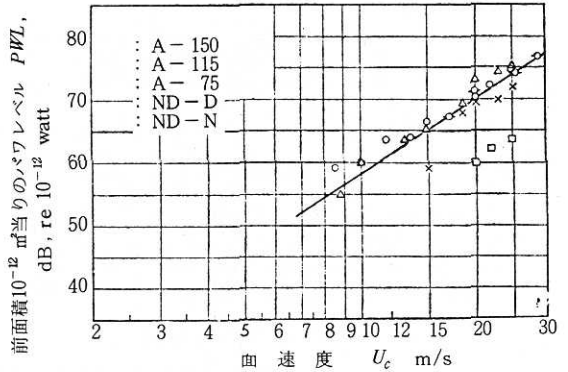


(c) 首面積10<sup>-2</sup> m<sup>2</sup>当りのオーバーオールパワーレベル

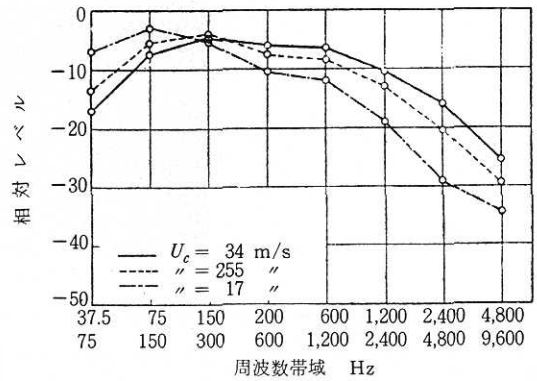


(d) オーバオールパワーレベルにたいするバンドレベル相対値  
首径 150 ~ 250 mm,  $U_n = 4 \sim 6 \text{ m/s}$

図14 ラジアルベーン形吹出口の気流発生音



(b) オーバオールパワーレベル, ダンパ全開



(c) オーバオールパワーレベルにたいするバンドレベル相対値, A-115型, ダンパ全開

図15 パンカーブの気流発生音

## 6. 市街風

都市の中での風の速度や風圧は、戸外の人間生活に影響し、大気汚染の拡散あるいは換気などの問題に関連している。高層建築によるいわゆるビル風対策が強く要望されているので、前述の無音送風装置の吹出口と残響室との間を境界層型風洞とし、計測装置なども整備して研究所内で都市環境の風洞実験を行うことができるようになった。

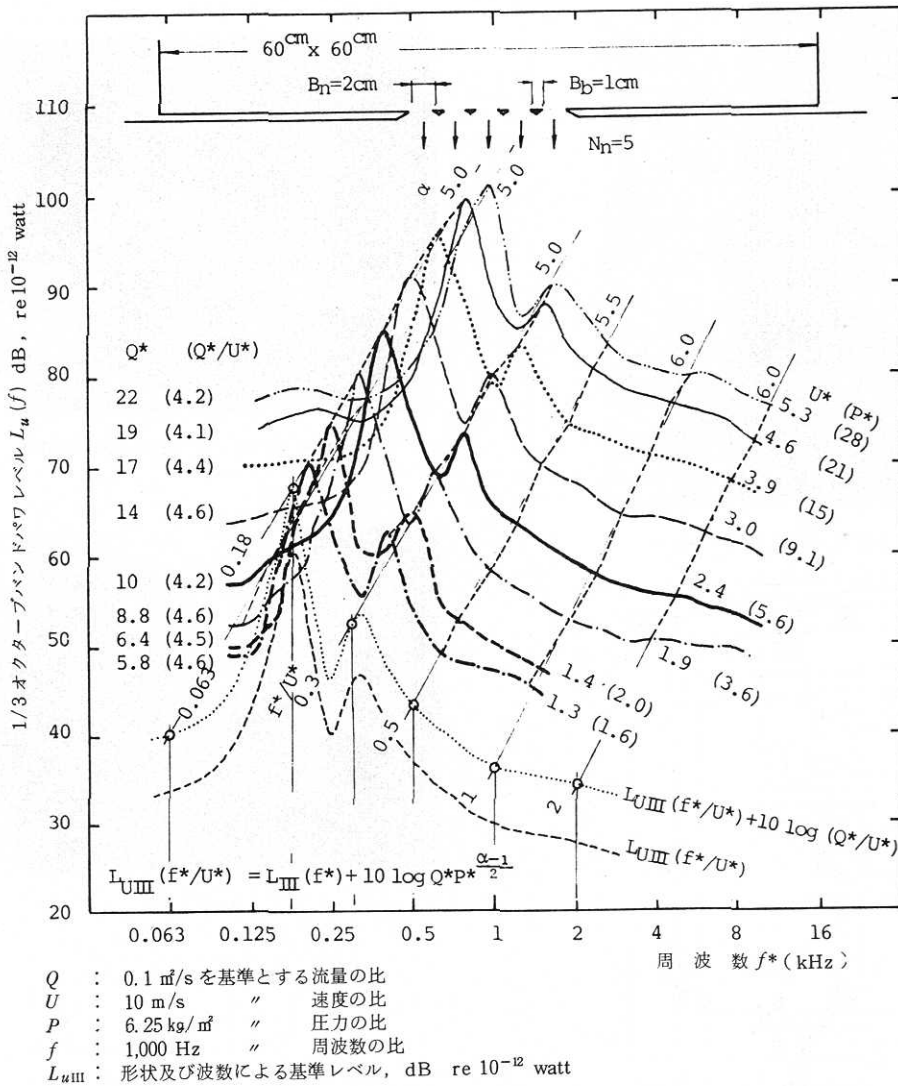


図16 薄羽板列の気流音 (流量圧力の影響)

写真6は丹下健三教授によるユーゴのスコピエ市復興計画にさいして、市街地周辺部に配置される集合住宅群を塔状にして、風下の遊歩地区の風速を減らさないように考えたものの風洞実験用模型で、谷一郎教授のご指導をえて宇宙航空研究所の風洞で実験をした<sup>19)</sup>。写真7は港区三田通りで、各点の風速の実測値と1/500縮尺模型の風洞実験値との対応は図17に示すように風向風速についてよく一致している<sup>20)</sup>。図18は強風による歩行障害の風洞実験<sup>21)</sup>。写真8は模型により池袋の地域冷暖房プラントの煙突からでる煙の流れを可視化したもので、図19に煙突出口温度を300℃としたときに相当する密度をもつ気体を用いその濃度分布を測定し、それを温度に換算した周辺建物表面および地上の温度分布である<sup>22)</sup>。

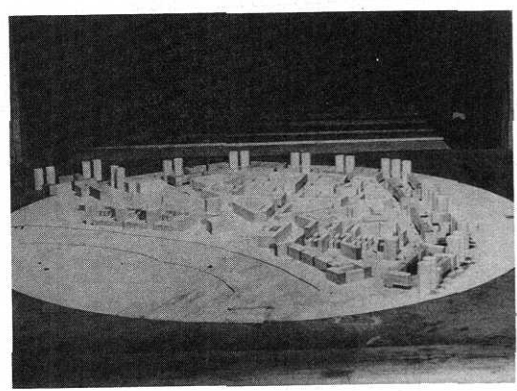


写真6 スコピエ市復興計画

謝 辞

本文は昭和52年3月23日に著者の退官記念講演として

述べたことを記事にしたものである。以上のほかにも、まだかなり、いろいろのことを研究室の方達と一緒に研究してきた。また、たくさんの教官、職員の方々から貴



写真7 港区三田の高層ビル

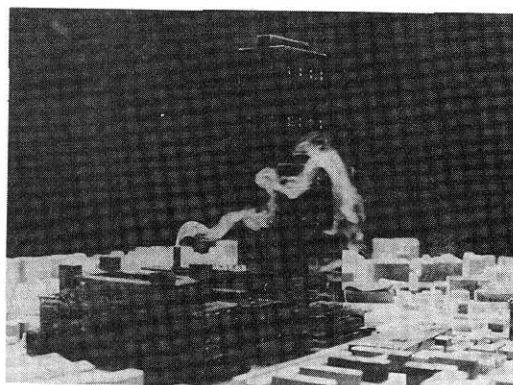
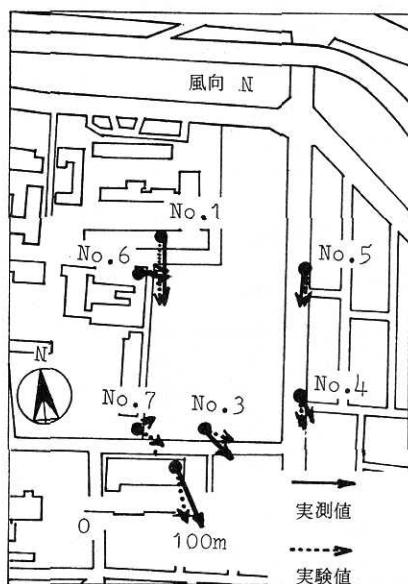
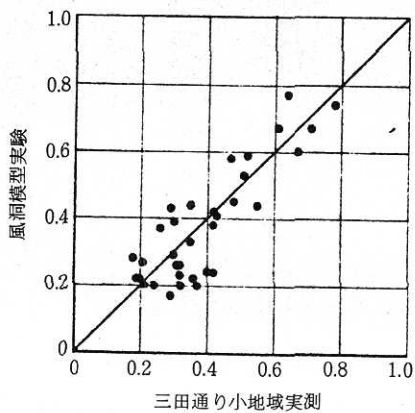


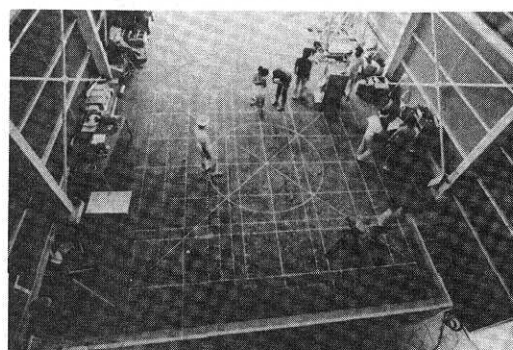
写真8 煙突から出る煙の流れの可視化



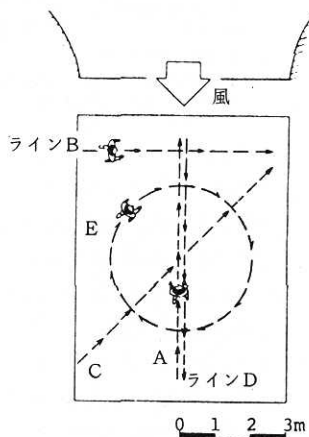
(a) 風向の比較



(b) 風速の比較



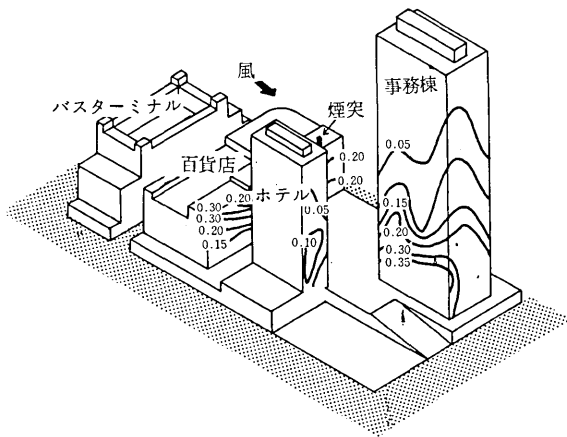
(a) 実験風景



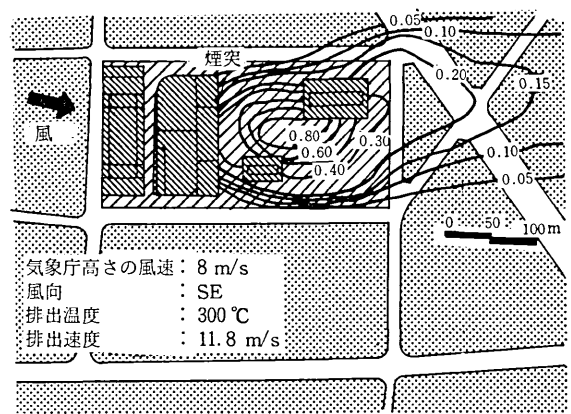
(b) 歩行ライン

図18 強風による歩行障害の風洞実験

図17 実測値と風洞実験結果(縮尺1/500模型)の比較



(a) 建物表面の温度分布



(b) 建物周辺の地上の温度分布

図19 建物表面および地上の温度分布

重なる教示および協力を頂き研究を進めることができたことを深く感謝致す次第である。(1977年7月22日受理)

参 考 文 献

- 1) 勝田高司, 東京大学生産技術研究所報告, Vol. 1, No 2, 1950
- 2) 勝田, 藤井, 今野, 日本建築学会論文報告集, No47, 1953
- 3) 勝田, 後藤, 寺沢, 生産研究, Vol. 7, No11, 1955
- 4) 勝田, 村上, 岸, 小林, 日本建築学会関東支部報告集, 1975
- 5) 勝田, 寺沢, 日本建築学会論文報告集, No74, 1962
- 6) 勝田, 寺沢, 片山, 東京大学生産技術研究所報告, Vol.20, No2, 1970
- 7) 日本カーテンウォール工業会, カーテンウォールの標準化に関する研究, 1971
- 8) 日本住宅公団, 密閉型燃焼器具を用いたホームセントラル暖房・給湯時の環境設備に関する実験的研究, 1971
- 9) 日本住宅公団, 結露防止工法に関する研究, 1969
- 10) 勝田, 村上, 吉野, 東京大学生産技術研究所報告, Vol. 26, No 3, 1977
- 11) 第52研究部会, 日本造船研究協会報告No 43, 1964
- 12) Murakami, S. Shoda, T. Kobayashi, N. Proceedings of the Fourth International Conference on Wind Effects on Buildings and Structures, 1975
- 13) Inoue, U. Transactions of SHASE Japan, Vol. 4 1966
- 14) 宮内庁, 宮殿造営記録, 1972
- 15) 聖教新聞社, 正本堂, 1972
- 16) 後藤滋, 東京大学生産技術研究所報告, Vol.10, No 2,1960
- 17) 渡辺, 勝田, 石井, 後藤, 寺沢, 空気調和衛生工学 Vol. 37, No 5, 1963
- 18) 勝田, 寺尾, 日本建築学会大会梗概集, 1975
- 19) 勝田, 土屋, 村上, 日本建築学会論文報告集No 156, 1969
- 20) 勝田, 村上, 上原, 小峯, 生産研究 Vol.29, No 3, 1977
- 21) 勝田, 村上, 後藤, 上原, 生産研究 Vol.28, No 3, 1976
- 22) 勝田, 村上, 上原, 大場, 生産研究 Vol.28, No10, 1976

