



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	ガラスのピラミッド建築空間内の温熱および気流に関する実験的検討
Author(s)	横山, 真太郎; 角田, 直人; 落藤, 澄 他
Description	第5回衛生工学シンポジウム (平成9年11月6日 (木) -7日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 1 計画・展望 . P1-5
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 5, 21-24
Issue Date	1997-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7697
Type	departmental bulletin paper
File Information	5-1-5_p21-24.pdf



1-5 ガラスのピラミッド建築空間内の温熱および気流に関する実験的検討

○横山真太郎・角田直人・落藤 澄（北海道大学大学院工学研究科）
武井 正・佐々木次夫（北洋設備設計事務所）

1. はじめに

前報では、世界的に有名なイサム・ノグチ氏による基本設計構想のもとに、札幌市東区モエレ沼にピラミッド形を基調にした公園事業計画の概要について述べた。一連の計画の中で「ガラスのピラミッド」建築空間は、環境設備設計上、ガラスという素材とピラミッドという特殊形状の各単独効果と両者の複合効果もたらす問題に、札幌という気象要因を重ねあわせて考えると、極めて高度な知見が要求される対象ということが明らかとなってきた。具体的な検討課題の例としては、1)夏期晴天日のエントランス部の過剰冷房負荷対応、2)冬期のエントランス部の過剰暖房負荷対応、3)冬期のエントランス部のコールドドラフト対応、4)夜間を中心としたガラス面結露対応、などが考えられた。

本研究の目的はガラスという素材を活かしたピラミッド型という積雪寒冷地では世界的にみてもほとんど例のない「ガラスのピラミッド」の空間内の温熱および気流に関し、模型による実験的検討を行い、春夏秋冬を通じて快適環境を形成するための空気調和設備計画に有用な情報を提供することにある。本報では、夏期晴天日のガラスピラミッド内部の過剰冷房負荷対応に焦点を絞って検討した結果について述べる。

2. モエレ沼ガラスピラミッドと模型の形状概要

札幌市東区のモエレ沼公園は世界的有名なイサム・ノグチ氏によるピラミッド型を基調とした公園として計画され、現在、造成中である。最終工期はガラスによるピラミッド建築空間の建設である。ガラス部分の底辺は、51,200mmで、高さ約31,500mmの巨大なピラミッド建築空間である（図1参照）

本研究では、ガラスピラミッド部分のみを検討対象に選び、ガラスアトリウムにつらな

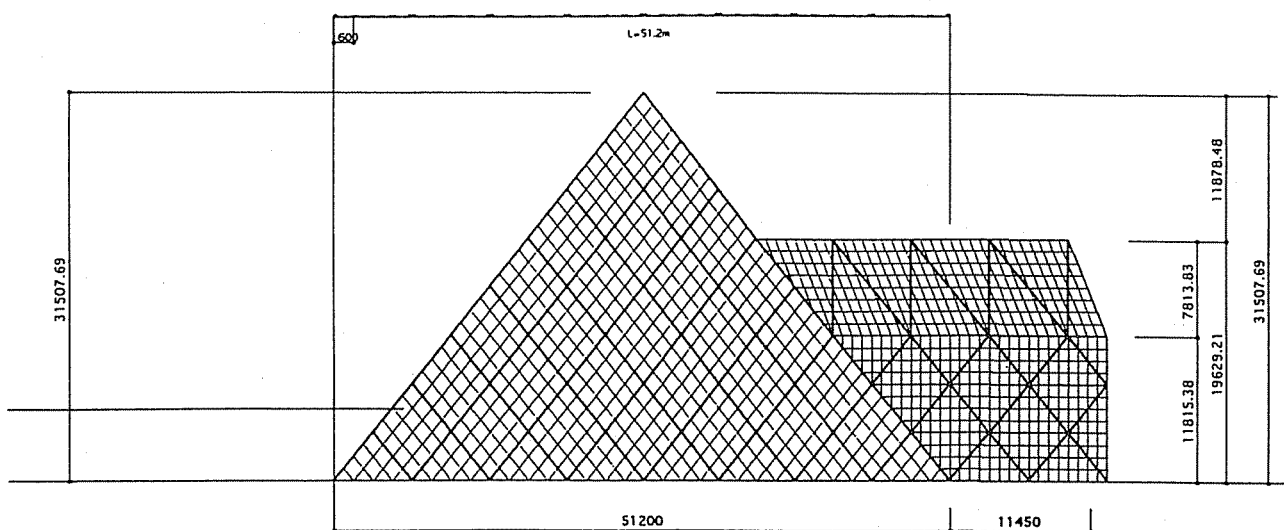


図1 モエレ沼ガラスピラミッド南立面図

る「その他の部分」はないものとした。そのように理想化して縮尺 20 分の 1 のガラス製の模型を作成した (図 2 参照)

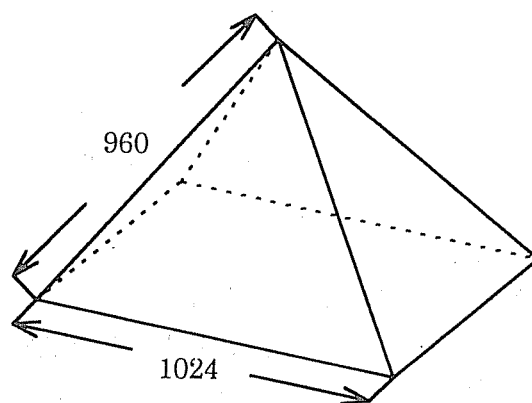


図2 ガラスピラミッド模型サイズ

3. 模型実験の方法と手順

模型実験は全て新菱冷熱工業(株)中央研究所内にある空間シミュレーションルームの外気室で行った (図 3 参照)。ここにはブライトビームソーラーシミュレータ装置が設置されている。この装置はメタルハライドランプとハロゲンランプの併用により日射強度 (0 ~ 950[kcal/m²h]; 可変) および波長域まで太陽光を模擬する装置である。被照射面寸法は 5,600W x 2,500H[mm] で巨大な部類に入る。また、日射高度の調整が可能で、6 度から 76 度と広範囲にバンク角度の設定可能な可変機構を有する装置である。

また、空間シミュレーションルーム全体あるいは外気室単独で温湿度調整可能で、外気室は気温 -15℃ ~ 40℃、相対湿度 30% ~ 80% まで国内のあらゆる外気環境を再現する機能を有している。

模型実験における主要な測定項目と用いた測定装置を以下にまとめる。

- 1) ピラミッド空間内温度分布測定: 特製 CC 熱電対 (石川産業, TSTP005 & TSTN005), データロガー (江藤電気, THERMODAC32; CADAC100; ESD, Green Kit 88-32ch), パーソナルコンピュータ。
- 2) 外表稜線等熱画像測定: サーモグラフィ (JEOL, JTG4200; 富士通, インフラアイ 5000), 熱画像記録装置。
- 3) ピラミッド内気流可視化: スモークテスター (ガステック, 501), ビデオカメラ。



図 3 空間シミュレーションルーム

実験はこれまで 1997 年 6 月下旬と 8 月下旬に行い、表 1 で示す設定条件のデータが得られている。

模型内部の熱電対は、中心軸に沿って、高さ方向に 100mm 間隔で配置し、中心軸と南側縁辺の中間点の高さ方向にも 100mm 間隔で配置した。床表面、ガラス内表面にも配置した。

表 1 設定条件

	日射量 [W/m ²]	外気温 [°C]	バンク角度 [度]
設定 (1)	418	26.1	30
設定 (2)	835	26.1	30
設定 (3)	835	36.2	30
設定 (4)	875	36.2	60
設定 (5)	873	26.1	60
設定 (6)	1021	15.1	60
設定 (7)	534	36.2	60
設定 (8)	287	36.2	60
設定 (9)	0	36.2	60

4. 模型実験の結果と考察

今回の実験の設定において、日射量を3水準設定した。その中で、日射量 835～873[W/m²]は札幌における直達日射量瞬間値(12時)の夏期の平均値に相当する。気温を3水準設定したが、その中の気温 26.1℃は札幌における8月の日最高気温の平均値に相当する。気温 36.2℃は札幌における1876年以降の最高値(1994年8月7日)と同じ値である。バンク角度については2水準設定した。バンク角度 60度は札幌の夏至の正午近傍の太陽高度に相当する。

内部空気温度分布に関しては、設定(1)から(8)の条件において以下の傾向がみられた。1)日射があるとき、内部の温度は外気温に比べ、はるかに高くなった。例えば、設定(6)において、内部温度は50℃近くに達した。2)ピラミッド中心軸高さ方向の温度分布は、日射の受ける床表面温度が最も高く、3)空間内部(床面から120mmから520mm)は、ほとんど一定の温度であった。4)頂上部のガラス内表面が最も低く、5)それに隣接する空気温度(高さ620mm)も内部の空気温度よりは若干低い値となった。

本実験では、吹き出し気流の風速がかなり大きく、ピラミッド模型に対しても、直接の吹き付けはないものの、ガラス周囲の風速は0.3-1.0m/sという、通常の静穏室内に比べて大きい値を記録していた。

図4は設定(4)の上下方向の温度分布を示したもので、床面は60℃近くまで達し、内部空気温度も55℃を越えているのがわかる。この設定条件は、札幌で夏期に考えられる最も過酷な暑熱環境条件であり、模型実験のみの考察ではあるが、通常の建築物では経験したことのない温熱環境が形成される可能性が十分にあるといえる。他のアトリウムの実測結果と併せて考察すると、ピラミッドという形状は、内容積に対する床面積の比が大きく、日射を受けてからの温度上昇が相対的に大きい可能性も考えられる。

図5は日射量と温度との関係を示したものである。

図6は模型の側面からの写真であり、図7は同方向からのサーモグラフィ画像である。本実験ではサーモグラフィを2台併用した。ガラスの反射率を考慮し、稜線の撮影を行ったが、稜線の上部和下部の間では、大きな温度差はみられなかった。

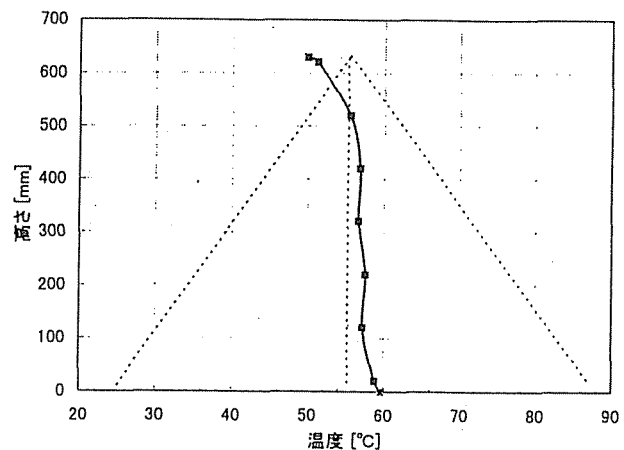


図4 ピラミッド模型の垂直温度分布(設定4)

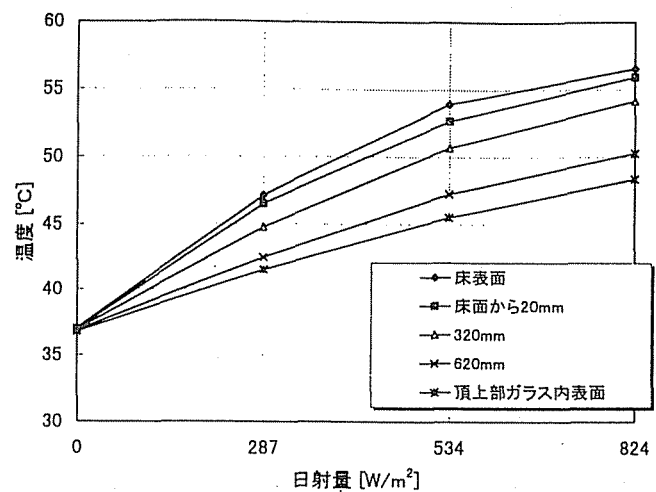


図5 日射量と温度との関係

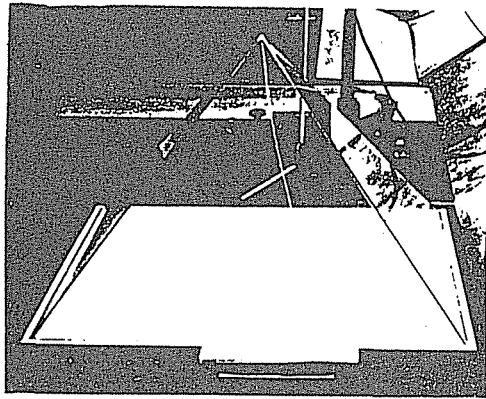


図6 模型側面写真



図7 サーモグラフィー画像

今後、これらの画像解析処理を進めていく予定である。

最後に結露について触れると、 $850[\text{W}/\text{m}^2]$ レベルの日射量があっても、温度が 36°C レベルから 26°C レベルに変化すると結露がみられた。結露現象は設定(5)から設定(6)の移行でもみられた。このように、模型実験のもとではあるが、ガラスピラミッドでは通常の建物と比較して、結露が相対的に生じやすい形状であると思われた。尚、結露については稿を改めてその解析を報告する予定である。

5. おわりに

本実験で、ピラミッドという特殊形状での夏期晴天日を想定した条件における、温熱および気流の概略を知ることができた。模型実験のみの結果ではあるが、内部空間は、ガラスという素材とピラミッドという特殊形状により、極めて高温となり、建築設備の設計上の大きな課題となった。

今後は、測定データの詳細な解析を引き続き行い、さらにそれらのデータをもとに、CFDなどの数値計算法を援用し、モエレ沼ガラスピラミッドの温熱および気流の定量的予測を行っていきたい。

謝 辞

本実験は、新菱冷熱工業(株)中央研究所の実験施設を使用した。その際、岡田勝行氏、植田俊克氏、渡辺一弘氏には多大な御協力をいただいた。ここに感謝の意を表します。

<参考文献>

- 絵内正道 編(1995)：積雪寒冷型アトリウムの計画と設計。北海道大学図書刊行会，札幌。
- 紀谷文樹・関根孝・入江建久・宿谷昌則 編(1988)：建築環境設備学。彰国社，東京。
- 神谷宏治(1979)：ガラスと建築。空気調和・衛生工学，53(11)，1037-1038。
- 空気調和・衛生工学会編(1995)：空気調和・衛生工学便覧応用篇。空気調和・衛生工学会，東京。
- 中村泰人・松尾陽・松本衛・土屋喬雄・橘秀樹・宮田紀元(1984)：環境物理。彰国社，東京。
- 日本機械学会(1966)：伝熱工学資料 改訂第2版。日本機械学会，東京。
- 落藤 澄 編著(1996)：現代の空気調整工学。朝倉書店，東京。
- 浦野良美・中村洋 編(1996)：建築環境工学。森北出版，東京。
- 横山真太郎・落藤澄・中村真人・嶋倉一実 他(1993)：高度情報化オフィスのアトリウム環境の測定と評価。空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，149-160。
- 宇田川光弘(1979)：ガラスと冷暖房負荷。空気調和・衛生工学，53(11)，1069-1073。