



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	ガラスによるピラミッド建築空間の計画概要
Author(s)	武井, 正; 佐々木, 次夫; 横山, 真太郎 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 . P1-4
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 5, 16-20
Issue Date	1997-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7696
Type	departmental bulletin paper
File Information	5-1-4_p16-20.pdf



1-4 ガラスによるピラミッド建築空間の計画概要

○武井 正・佐々木次夫（北洋設備設計事務所）

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）

1. はじめに

世界的に有名なイサム・ノグチ氏が 1988 年に提出した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、斬新な公園事業計画がすすめられている。ピラミッド形を取り込んだ複数の個性豊かな遊具広場などの施設工事が完了し、ピラミッド形をしたプレイマウンテン、カラマツの森、サクラの森、徒渉池をはじめとする土木・造園工事が進められている。本報では、一連の計画の中でも一際は斬新性に満ちたガラスのピラミッド建築空間の概要を紹介し、世界的にみても極めて類例の少ないガラスのピラミッドがもつ環境工学的な意義と解決すべき課題について述べる。

2. モエレ沼ガラスピラミッド計画方針

札幌市東区のモエレ沼公園にガラスのピラミッドの建設が計画された。その施設計画にあたっての留意点として、以下の 7 つの項目が掲げられた。すなわち、1)施設計画遂行にあたってイサム・ノグチ氏の多彩な芸術活動の理解を深め、特に参考となると思われる彫刻、庭園に留意して進めること。2)「ガラスのピラミッド」の内部空間は各種の多様な利用を想定した施設機能によって活発な活動を促すよう計画すること。3)冬季間の暖かい明るい空間として公園利用の促進を図ること。4)公園管理施設としての機能を確保すること。5)ランニングコストを把握し適正な運用を計れるよう計画すること。6)周辺の公園施設整備の進捗状況と建築スケジュールとの整合性をとり進めること。7)ガラスを多用した特殊な建物なので、構造、メンテナンス等多面的な検討を経て計画をすすめること、である。

3. ガラスの特性とその建築応用

ガラスとは、固体状になった過冷却液体と定義され、網状高分子の 1 種であるが、通常はケイ酸塩ガラスをさすことが多い。すなわち、網目形成体 (network-former) となる酸化ケイ素 (SiO_2) の網目状構造の中に網目修飾体 (network-modifier) あるいは網目修飾イオンといわれるアルカリ金属 ($\text{Na}, \text{K}, \text{Li}$) やアルカリ土類金属 ($\text{Ca}, \text{Mg}, \text{Ba}$) などが部分的に入って安定な構造をとる。そのため種類も多く、700 種以上といわれている。ガラスの物性は、組成によって大きく変化し、また加成性がお

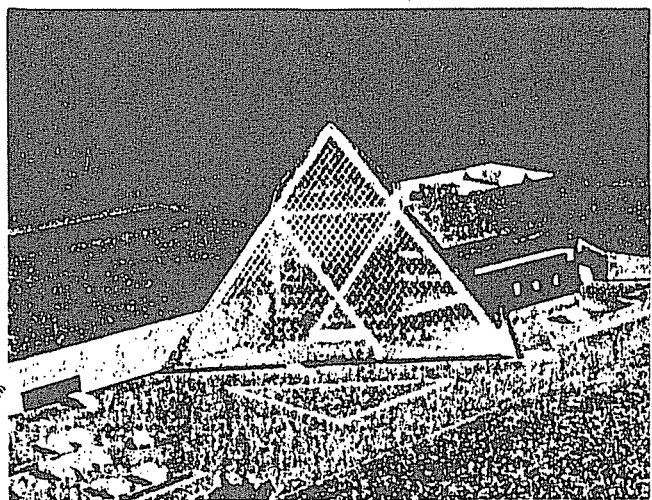


図1 モエレ沼ガラスのピラミッド模型

おむね成立するという特徴がある。ここでは続報で必要となると考えられるガラスの主要な物性値に簡単に触れる。比重；2.2 — 6.3、ヤング率(Yang's modulus)； 5×10^4 — 9×10^4 [MPa]、線膨張係数； 0.5×10^{-6} — 20×10^{-6} [/K]、屈折率；1.45 — 1.96[-]、比熱；0.12 — 0.30[kcal/kg K]、引張り強さ；3.3 — 8.1[kg/mm²]、モース硬さ(Mohs hardness)；5 — 7、などが知られている。

人工ガラスのはじまりは 4000 年以上前とされているが、確証のあるのは、B.C.1500 年代のエジプト王朝のガラス器の現存である。建築とガラスの関係のはじまりは、窓ガラスの出現の 3 世紀末とされる。また、寺院のステンドグラスが 9 世紀末、但し現存の最古のものは 12 世紀に造られたものである。その後の発展はめざましく、現在ではアトリウム空間、展望塔、さらには今回のようなピラミッド型建築にまで応用されるに至った。

建築素材としての現状のガラスの一般的な特徴は以下のようにまとめられる。(1)透明かつ等方性をもつ。(2)硬さとともに一般にはもろさをもつ。(3)非水溶性かつ非変質性をもち、大きな利点である。(4)耐熱性をもつが、温度の急変に対応できない場合がある。(5)電気絶縁性を有しており、これも優れた特性の 1 つである。また、製作にあたっては(6)成形・加工の容易性をもち、(7)組成に化学量論的制約がないという大きな特徴をもつ。

さらに、ガラスの光学のおよび熱的性能は「ガラスのピラミッド」の視環境と温熱環境を規定する。表 1 に光学のおよび熱的性能値の代表例を示す。また、表 1 に掲げられている特性値はガラスのピラミッドの空間内の温熱環境解析および気流解析にとって、いずれも必須なものであるが、その中で熱貫流率は温熱環境形成にとって重要な特性値である。その熱貫流率と関連する熱伝導率 λ の一般的な値は $\lambda = 0.5$ — 1.16 [kcal/m h K]である。ほかの熱物性値としては、比熱 $C = 0.12$ — 0.30 [kcal/kg K]、温度伝導率 $a = 1.1 \times 10^{-3}$ — 1.4×10^{-3} [m²/h]などが、環境工学的な解析には必要と考えられる。

4. モエレ沼ガラスのピラミッドの配置と空間特性

イサム・ノグチ氏による基本設計構想に示された各施設の配置関係はそれぞれ緻密な計画のもとになされたことが窺える。「ガラスのピラミッド」は中央軸線に対し、カラマツの森の中央に位置する中央噴水と直角の軸線上に配置された。また、ピラミッドの正面中央広場とを結ぶ線はこの軸線に対し 45 度の角度をもつように計画されている。また、「ガラスのピラミッド」の南側には外周道路が走り、さらにその奥に野鳥の訪れる静かな水面が眺望できる位置となっている。「ガラスのピラミッド」施設は年間を通して中心施設として機能するために客用およびサービス用車のアクセスの確保が期待されるとともに、北側は公園の中央に面しプール、カ

表 1 使用予定ガラスの光学のおよび熱的性能値

品 種	反射色調	ガラス構成 (呼び厚さ)			光学的性能値						熱的性能値				
		外側ガラス (非コート)	中空層	内側ガラス (特殊金属 コート)	可視光 (%)		日射 (%)			紫外線 透過率 (%)	遮蔽係数 (SC値)	日射熱 取得率 (η 値)	熱貫流率 (U値) kcal/nh ² C W/(m ² ·K)		
					反射率	透過率	反射率	透過率	吸収率						
サンレーヌ シルバー	ライト シルバー	3mm	6mm	3mm	15.0	72.0	27.9	50.8	21.3	26.9		0.70	0.61	2.2	[2.6]
			12mm											1.5	[1.8]
サンレーヌ グリーン	ライト グリーン	3mm	6mm	3mm	16.2	66.5	39.5	35.8	24.7	18.0		0.54	0.48	2.2	[2.5]
			12mm											1.5	[1.7]

ラマツの森をはじめブレイマウンテン、モエレ沼、野外ステージ、サクラの森、徒渉池などモエレ沼公園の主要施設のほとんどを眺望できるように計画された。

従って、「ガラスのピラミッド」の空間特性としては、建築計画の上から以下のことが具体的な事項として期待されている。(1)太陽光が入る。(2)空間内部から外界が見える。(3)外界から空間内部が見える。(4)公園のどこからでも見える。(5)内部は高低差を活かした空間設計が期待される。(6)吹き抜け・ヴォリュームのある空間が期待される。

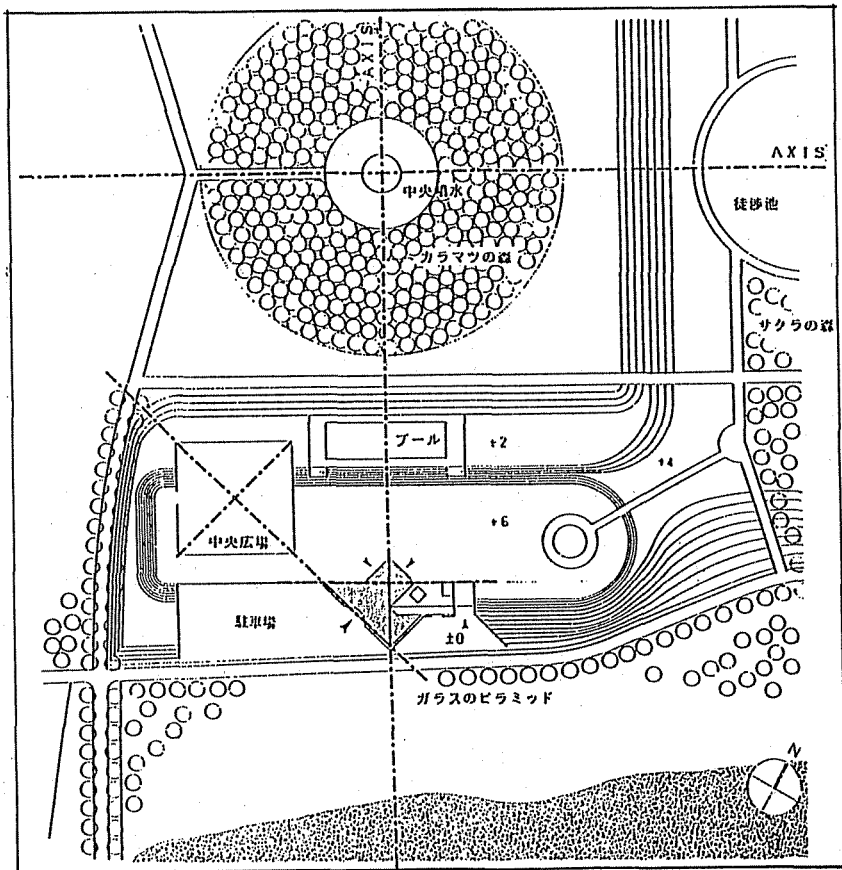


図2 モエレ沼ガラスのピラミッドの配置計画

さらに、「ガラスのピラミッド」は、公園全体を彫刻として捉えるイサム・ノグチ氏のユニークな発想のランドスケープ理念により、デザインの主要コンポーネントとの位置づけがなされている。すなわち単なる建築物ではなく象徴的なモニュメントとしての機能が課せられている。そのため細部に至るまで美的に質の高いものを追求する姿勢が要求されている。イサム・ノグチ氏の基本計画構想に従い、「ガラスのピラミッド」施設は、ガラスによるピラミッド部分とその他の部分の微妙な組み合わせを考え、ガラスピラミッドのモニュメント性を具現することが必須な条件として課せられているといえる。

ピラミッド部分は高さ約30mとなりエントランスからつながる部分(BF)はイベントゾーン、その上部(1F)はガラス屋根を持つイサムノグチアトリウムとなっている。このアトリウムからつながる「その他の部分」にはレストラン、カフェなどの各種施設が配置され、屋上部分は野鳥観察展望スペースとなっている。

以上のように、「ガラスのピラミッド」施設は、一辺約50mのピラミッド基本形態から切り出した、展示大空間を覆う多面体大屋根と、レストラン、事務等のサービス部門からなる4層骨組構造の複合建築といえる。ピラミッド頂点の高さは約31m、ピラミッド切断面の垂直高さは約16mで、これら多面体がすべてガラスで覆われる構成されるように計画された。

5. モエレ沼ガラスのピラミッドの課題

「ガラスのピラミッド」施設建設にあたり、多面体大屋根と4層骨組構造とは地震時および風荷重時の変形様相が全く異なることから、構造要素がそれぞれの剛性に応じて水平力を分担する通常の建築構造とは全く異質なものであることがあげられた。現在、それに応じた構造解析が進められている。ピラミッド部分の部分構成については、建築計画上の要求事項である透明感の高い均質で軽快感を伴う空間を得るために、以下のような想定がされている。すなわち、一辺約50mの三角形を一辺が20mから25mの三角形に相似分割し、多面体の稜線とこれらの分割線に骨格（大架構）を配し、自重、風圧、地震に抵抗するフレームを構成することが考えられている。この大架構で囲まれた一辺が20mから25mの三角形領域を一単位とし、この領域を一辺が2mから2.5mのガラス三角パネルを工場製作単位としプレファブ化し、均質で透明な平面とするという考えである。軽量な大架構で分割された平面は、構造体がプレファブパネルの中に隠れ、透明感の高い均質な仕上がりが想定されている。尚、温度変化に伴う大架構の膨張収縮は、パネル同士のクリアランスで吸収できると計画がすすめられている。

冷暖房設備計画に関して、熱源システムについては本施設の高い公共性を考慮しクリーンかつ安全性の高いエネルギーと、安定した機能を備えた機器で構成されることが要請されている。また、室の用途使用時間および負荷特性を考慮して経済性と要求される機能を満足できるようにゾーニングならびにシステム化が計画事項に入っている。目下の想定は、1)多目的コンベンションホール；単一ダクト方式による空調方式または天井冷暖房方式、2)ロビーおよびイサムノグチプラザ；床暖房および単一ダクト方式による局所冷房、3)レストラン・カフェコーナー；パッケージ方式による冷暖房、4)保育室・児童室・図書室・会議室；パッケージ方式による冷暖房、となっている。

照明設備については、イベントスペース、ホール、レストラン等は白熱灯を主体の照明とするとともに自然採光を利用し省エネルギーを図ることが要求されている。また、イベントスペースの設備として調光、音響設備を設けることも付帯事項に入っている。

モエレ沼ガラスのピラミッドは、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がもたらす問題に、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物件である。

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、などがあげられる。

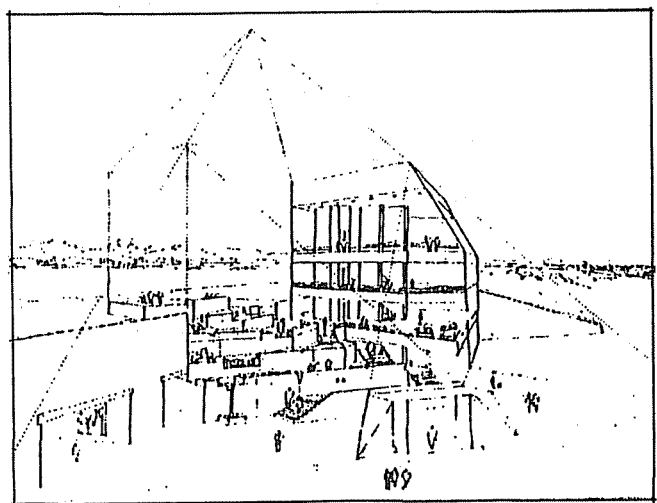


図3 「ガラスのピラミッド」施設使用概念図

これらは、省エネルギー性を考慮した場合、通常の建築物でも困難性を伴うが、ガラス素材とピラミッド形状が問題をさらに複雑にしているといえる。それに関連して、現存の「ガラスのピラミッド」に関する情報の収集につとめた。その結果、著者らが検索した限りでは、「ガラスのピラミッド」と呼ぶにふさわしいものはパリとクリーブランドに散見されるのみであることがわかった。両者に対して、環境工学的立場から実地見聞を試みたが、パリのものは規模が小さく地下構造がモエレ沼のものと全く異なることがわかった。また、クリーブランドのものは、規模は類似しているものの、立地気象条件と施設に要求されている水準が異なることが明らかとなってきた。そこで、現在、札幌の気象特性を考慮したすなわち積雪寒冷地でのガラスという素材を活かしたピラミッド型の建物である「ガラスのピラミッド」に対して、省エネルギーを念頭に入れ、独自に、理論と実験を併用して、環境設備設計を進めている。

6. おわりに

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てきた。一連の計画の中で「ガラスのピラミッド」建築空間の概要を中心に紹介してきた。ガラスの特性とその建築応用、ガラスのピラミッドの配置と空間特性など世界的にみても極めて類例の少ないガラスのピラミッドがもつ環境工学的な意義と解決すべき課題について述べた。そして、現在、札幌の気象特性を考慮したすなわち積雪寒冷地での「ガラスのピラミッド」に対して、省エネルギーを念頭に入れ、独自に、理論と実験を併用して、環境設備設計を進めていることを報告した。その過程での成果については、逐次報告したいと目下考えていることを結びとして拙稿を終えたい。

<参考文献>

- 旭硝子(1996)：旭硝子板ガラス建材総合カタログ。旭硝子，東京。
- 絵内正道 編(1995)：積雪寒冷型アトリウム計画と設計。北海道大学図書刊行会，札幌。
- 平子 良(1979)：樹脂ガラスの種類と特性。空気調和・衛生工学，53(11)，1051-1055。
- 菊竹清訓(1979)：ガラスについて。空気調和・衛生工学，53(11)，1035。
- 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)：第12版 空気調和・衛生工学便覧 6 応用篇。空気調和・衛生工学会，東京。
- 三浦武広(1979)：ガラスの種類と特性。空気調和・衛生工学，53(11)，1039-1050。
- 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・梶井聡・宇井加美・美馬徹・宮本直人(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。