

SPACE MODULATOR REPORT-3

せんだいメディアテークの耐火ガラス

透けかつ遮る新たな媒介

◎ 日本板硝子

せんだいメディアテークの耐火ガラス

メディア
透けかつ遮る新たな媒介



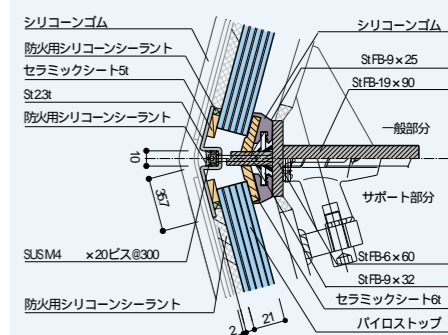
photo by Iwata Hideaki

働きとしての樹(せんだいメディアテーク)における(チューブ)——伊東豊雄
(せんだいメディアテーク)の(チューブ)は大きな樹木である。13本の(チューブ)はすべてサイズも形も違う。ストレートに伸びているものもあれば、ねじれたり曲ったりしているものもある。太さも2メートルから9メートルまでさまざま。だからこの建築のなかにいると、林のなかを歩いているようにいろいろな場所がある。明るく陽当たりのよい場所もあれば、やや暗い木陰に隠れるような場所もある。人々は自分の好きな場所を選んで読書したり、ビデオを見たり、コンピューターと向かい合うことができる。

しかし、(チューブ)が樹木であるのは見かけの問題ではない。有機的な(働き)としての樹木である。(チューブ)は上部からは自然光や新鮮空気を採り入れて下に送り込み、他方では地下の機械室から冷暖房の空気や電気などのエネルギーを各フロアに送り返す。また館内の人々をエレベーターや階段によって攪拌する。均質になり勝ちな都市の建築空間に自然のなかと同じようにさまざまな(場所)をつくりだし、人々を生き生きとさせる働きを持つ様子、それが(チューブ)の意図なのだ。

透けるチューブ——
光・空気・水・電気・人・物を運びフラットスラブを支える13本のチューブは透明度が極限まで追求され、その約6割3,400がガラスで覆われている。法的には、チューブは「**縦穴区画**」を構成する。さらにチューブによっては「**避難階段**」となるため従来の防火ガラスでは不可能とされる耐火構造レベルの実現が不可欠であった。このため、高い防耐火性能と、火災時の猛烈な輻射熱を遮って避難に支障のない遮熱耐火ガラス「**パイロストップ**」の採用可否が設計当初よりこの建築の成否を握る鍵として検討されてきた。実施設計では必要とされる防災性能の検討と評定、数回にわたるガラスとサッシの防耐火試験と、避難階段シミュレーションが行われた。これらの成果を受けて、遮熱耐火ガラス「**パイロストップ**」、耐熱強化ガラス「**パイロクリア**」、網入板ガラスの3種類5タイプのガラスが適切に使い分けられた。チューブのストラクチャーについては、サッシの存在感を極力おさえるデザインで設計が行われた。複雑な3次元的な形状に追随し、様々な厚さのガラスを保持できることが求められたため、耐火ガasketを主体としたサッシが開発され、全体として透明度の高い構造システムが完成した。最も目立つ**避難階段**のチューブは、太陽光や外気すら感じさせ、明るく実に快適だ。非常時、人は普段意識している動線を、しかも明るい方向へ避難する習性があるため防災上も画期的である。せんだいメディアテークはデザイン性のみならず、改正建築基準法「**耐火設計法**」につながる試みとして影響力は計り知れず、その挑戦の記録をここに留めるものである。

縦材は主構造のT字型に組み合わされたフラットバーに、耐火性能の高いセラミックシートを内蔵したシリコンゴムを取り付け、セラミックシートとスチールプレートによる押縁で様々な厚さのガラスを押さえている。

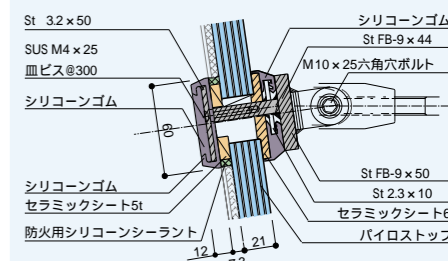


縦材横断面図 S=1:5



3階 チューブNo.5 photo by Iwata Hideaki

横材縦断面図 S=1:5



横材は、T字型に組み合わされたフラットバーを主体構造に、セラミックシートとスチールプレートを仕込んだシリコンゴムの押縁でガラスを押さえている。

遮るチューブ

チューブは透明な堅穴区画になるので、防災面の検討がその最大の課題であった。そこで、日本建築センターの防災性能評定を受けて旧建築基準法第38条による大臣認定が取得された。

認定にあたっては、各場所に置かれる物を精査・可燃物の量を算定し、それぞれの場所で考える火災または避難の状況を想定し、それに対応できる区画性能をもつようチューブの設計を行い、耐火仕様および使用材は以下のように選定された。

- ・ 階：エントランス・オープンスクエア
 - ・ 6階：ギャラリー
 - ・ 標準火源*1No.1(火災荷重*25kg以下)
 - ・ 防火ガラス(網入または耐熱強化ガラス)
 - ・ 2階：情報レファレンス・情報アクセスコーナー
 - ・ 階：オフィス等
 - ・ 長期火災*330分*4(火災荷重26~28kg)
→防火ガラス(網入または耐熱強化ガラス)
 - ・ 4階：図書館
 - ・ 長期火災60分(火災荷重55kg)
 - ・ 60分遮熱耐火防火ガラス
 - ・ 避難階段部
 - ・ 2階および5~7階
 - ・ 30分遮熱耐火防火ガラス
 - ・ 3・4階→60分遮熱耐火防火ガラス
- また、他階への延焼を防止するため、3階床と5階床スラブ部分で防火区画を構成する必要があり、ここでも遮熱耐火防火ガラスを用いている。



5階スラブ面に使われたパイロストップ photo by Iwata Hideaki

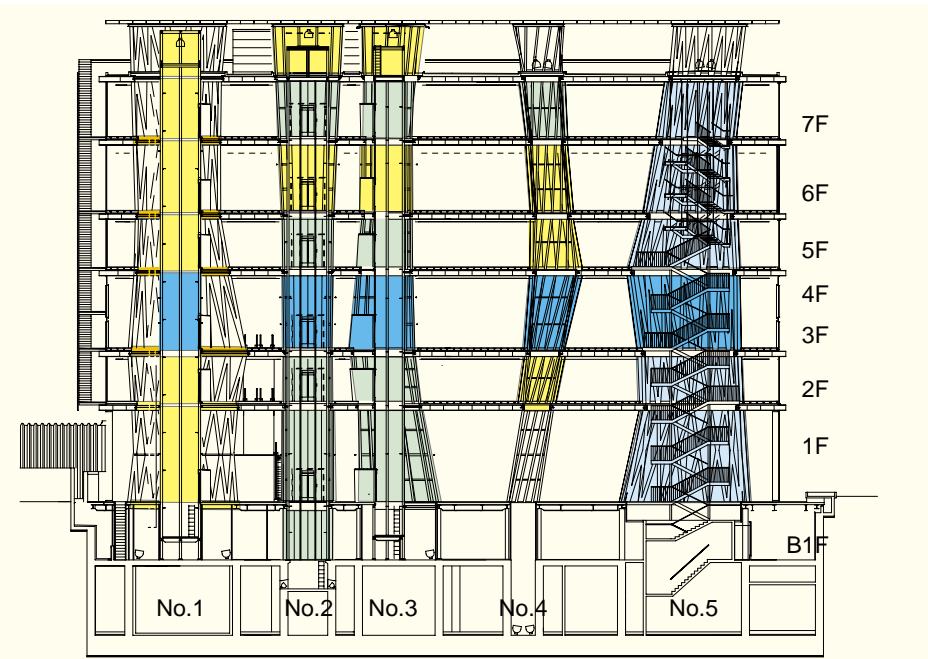
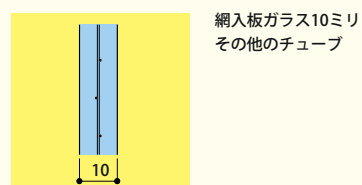
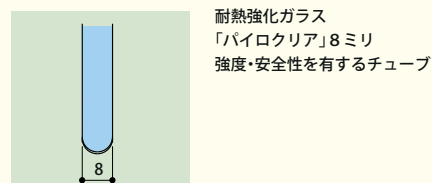
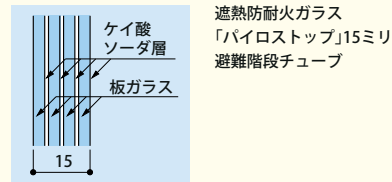
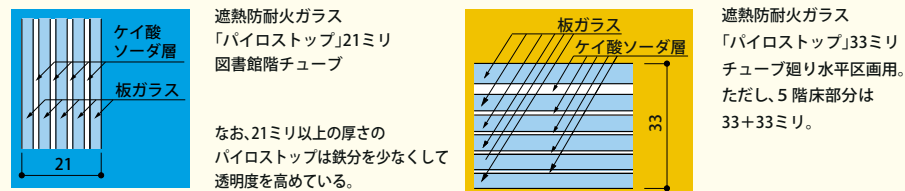


図3-1 せんだいメディアテーク断面図

パイロストップは、火災条件の厳しい3・4階で21ミリ厚を、1・2・5~7階の遮熱性が必要なチューブで15ミリ厚を、スラブ区画部分に33ミリ厚(3・6・7階チューブNo1床)と33ミリ+33ミリ厚(5階)

使用ガラス凡例



パイロストップの遮熱原理
遮熱耐火防火ガラス「パイロストップ」は、板ガラスと透明なケイ酸ソーダ層(水ガラス)を交互に積層した耐火防火ガラスで、火災時に高温になるとケイ酸ソーダに含まれる結晶水が発泡蒸発して気化熱を奪うことで、輻射熱を遮断する。積層枚数を変え、必要に応じて耐火・遮熱性能を実現できる。

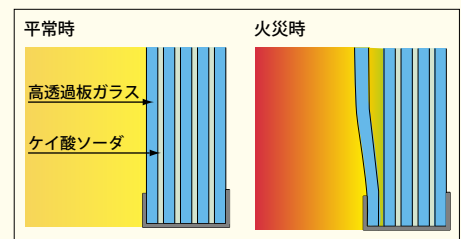


図3-2 パイロストップの遮熱機能模式図

防災関係用語について

標準火源:「建築物の総合防火設計法」で設定している、用途別に火災初期の状況を勘案した火災の程度。標準火源No.1とは、通常フラッシュオーバーが起こりにくく、少数の可燃物だけが燃える時を示す。例えば、3人掛ソファ(51.5kg)程度の物が燃えるような、事務室・集会室等の可燃物量が少ない空間で成立する。火災荷重:1㎡当たりの木材換算可燃物重量
盛期火災:室内火災でフラッシュオーバー以降に室内全体の可燃物が激しく燃える段階の火災。火災継続時間:室内火災が継続する時間。
ただし、ここでは定量的な解析が可能なJIS-A1304に既定されている温度・時間関係をもつ「標準火災」とみなして換算した数値を用いている。

避難階段のシミュレーション

避難階段は2カ所あり、北側のチューブでは内部が耐火構造の壁で区画されている。しかし南側(大通り側)のチューブ(No.5)では透明性を確保するべく、チューブを囲うガラス以外は何もない。そのため火災を遮る耐火性能だけでなく、避難時または消火活動時に周囲の火災から発せられる輻射熱を遮蔽する機能がガラスに求められた。そこで、火災時でも輻射熱を抑えチューブ内部を30分から1時間以上にわたり30~60℃に留めることのできる画期的な遮熱性能をもった遮熱耐火防火ガラス「パイロストップ」が採用されたのである。その遮熱性能を確認するために、最も火災時の条件が厳しい3・4階で火災が発生したと想定して、避難階段のあるチューブ内部の熱環境についてのシミュレーションが行われた。シミュレーションは、(日)火災前の室温は30℃、(月)火災が3~4階で発生し、全周にわたって基準となる温度曲線(建設省告示第2999号別記1)に沿った加熱が与えられると想定、(火)3・4階以外はガラスによって密閉された温度一定空間、という設定でワークステーションを用いて計算・解析された。

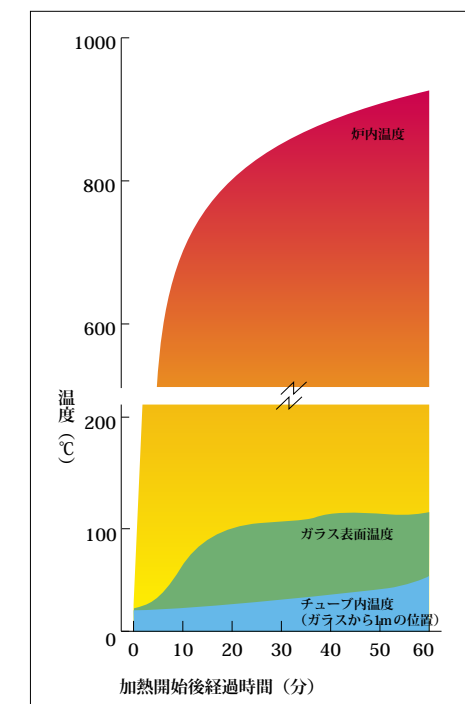


図4-1 チューブ内温度分布シミュレーショングラフ

その結果、加熱60分後において、図5-3に示すようにガラス壁面から1mの距離で4階天井近くの部位で55℃程度という計算結果が得られた。このグラフおよび図からもわかるように、加熱40分後ぐらまではチューブ内の温度上昇はほとんどない。よって、火災発生後20~30分後まではチューブ内の室温は上昇しないため避難には全く支障がない。また、その後60分まではチューブ内の温度は大きく上昇することがないため、救助および消火活動に問題を生じることはない。仮に60分以降も火災が継続したとした場合は、チューブ内の温度は上昇するが、遮熱性能は保たれるため、ある時間までは消火活動が可能と推定される。なお、火災時にはガラスへの衝撃物による破損も予想されるが、このパイロストップの場合は加熱面のガラスが破損しても遮熱性能には変化がない。せんだいメディアテークに使用されている21ミリとほぼ同等の性能の23ミリのパイロストップは、60分加熱後に5kgの重りを落下させた耐貫通試験でも支障がないことが確認され、耐火1時間の間仕切り壁として大臣認定を取得している。

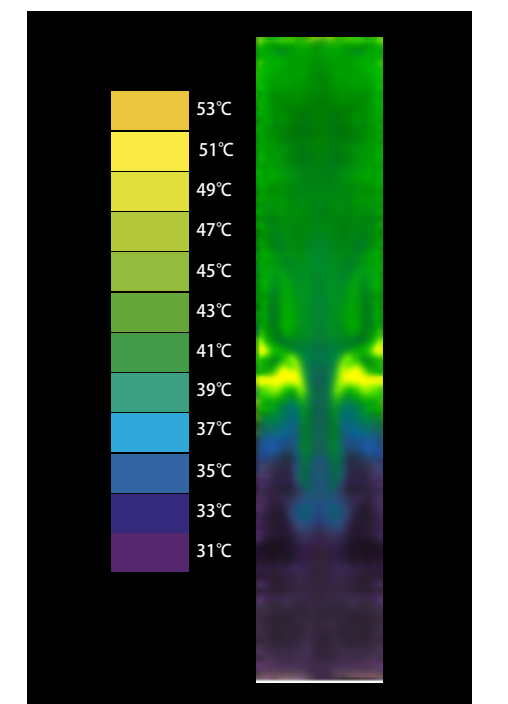


図4-2 チューブ内温度分布シミュレーション 加熱60分後



5階のチューブ群 photo by Iwata Hideaki

防耐火試験

透明な遮熱防耐火ガラス「パイロストップ」が有している遮熱性能は、網入板ガラスはもとより耐熱強化ガラス「パイロクリア」にもない。これら通常の非遮熱型の防火ガラスでは、火災で周囲が700℃を超える温度になると、輻射熱がほとんどそのままガラスを通過するために火災室と隣接する空間は300~400℃の高温になってしまい、可燃物は着火してしまい、避難は不可能になる。

パイロストップは、ヨーロッパでは避難路周辺のガラスパーティション、ガラスドアなど多くの場所で20年間以上使われてきた実績がある。しかし、国内ではせんだいメディアテークが設計された時点では実績がほとんどなかったことに加え、せんだいメディアテークで用いられる細いサッシの防火・遮熱性能も含めて検証を行う必要があったため、数回にわたる実大実験が行われた。



図5-1 防耐火試験加熱後45分過ぎの状態
パイロストップ(左)は加熱開始後白濁し遮熱性能を発揮して手で触れることもできるが、一般の防火ガラス(右)は前に立つこともできず、可燃物を近づけると着火する。

網入板ガラスの加熱実験

実験条件

- ・耐入板ガラス 厚さ10ミリ
- ・防火シールによる3連窓サッシ (縦サッシのみ)
- ・サイズ:1500×2730mm(最大ガラスの大きさ)
- ・加熱温度:建設省告示第2999号別記1による
- ・加熱時間:30分以上

実験結果——規定時間の30分を過ぎて、加熱34分後に目地が開くまで持ちこたえることが、確認された。

ただし、図6-3に示すように放射温度計で測定した非加熱面の表面温度は加熱10分後に400度強、20分後には約550度にのぼった。可燃物が内部にないチューブの場合は30分区分機能は持っているといえるが、人が避難する場所に用いたり、フラッシュオーバーが起こる危険性のある階と他階との区分に用いることはできず、使用可能な場所の選定には留意が必要である。

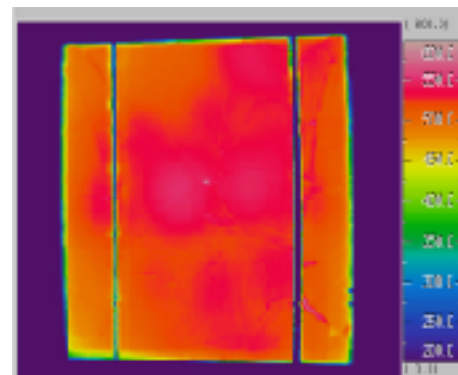


図5-2 網入板ガラス非加熱面の温度分布 加熱20分後



図5-3 網入板ガラス 加熱20分後

パイロクリアの加熱実験

実験条件

- ・耐熱強化ガラス「パイロクリア」厚さ8ミリ
- ・シリコンガスケットを用いた6分割サッシ (縦3分割・横2分割)
- ・サイズ:1484×2200mm(最大ガラスの大きさ)
- ・加熱温度:建設省告示第2999号別記1による
- ・加熱時間:30分以上

実験結果——規定時間の30分を過ぎ、加熱31分後に縦横サッシがクロスした目地部より出火したものの、45分後に倒壊するまで持ちこたえた。ただし、網入板ガラスと同様に遮熱性能はないため、非加熱面の表面温度はかなりの高温となった。

ディテールとガラス厚が網入板ガラスの実験と違うので、単純比較はできないが、ガラス厚がパイロクリアの方が薄いことを勘案すると、網入板ガラスと同等以上の防耐火性能をもつといえよう。

また、強化ガラスであるパイロクリア(厚さ8ミリ)は厚さ10ミリの網入板ガラスに比較して曲げ破壊強度が6倍以上強く、耐衝撃強度も網入板ガラスに比べ格段に高い性能であることも考慮すれば、パイロクリアの優位は明らかである。

実験の経緯

パイロクリアは実施設計のディテールで2度の試験が行われた。

1度目は、シリコンガスケットから発火し30分の目標性能を得られなかった。上記の結果は弱点部を補強するため、不燃性セラミックシートへの挿入などの対策を施した2度目のものである。

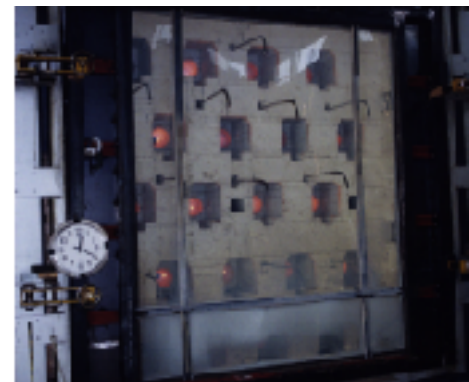


図5-4 耐熱強化ガラス「パイロクリア」 加熱20分後

パイロストップF30(30分耐火)の加熱実験

実験条件

- ・遮熱防耐火ガラス「パイロストップ」厚さ15ミリ
- ・シリコンガスケットと防火シールを用いた6分割サッシ(縦3分割・横2分割)。
- ・サイズ:1484×2200mm(最大ガラスの大きさ)
- ・加熱温度:建設省告示第2999号別記1による
- ・加熱時間:30分以上

実験結果——加熱3分後に1層目ケイ酸ソーダ層が発泡を開始し8分後には全面が白色になった。規定の30分を過ぎ、加熱33分後に目地部分の隙間が拡がり一部で遮熱性能が損なわれたものの、44分後に最大寸法のガラスが脱落するまで持ちこたえた。また、加熱30分経過時における非加熱面の温度はガラス部分で123℃・目地部分で最大386℃に留まった。

* Fの後の数字はガラスの非加熱面の温度を260℃以下に保てる時間(分)を示す。

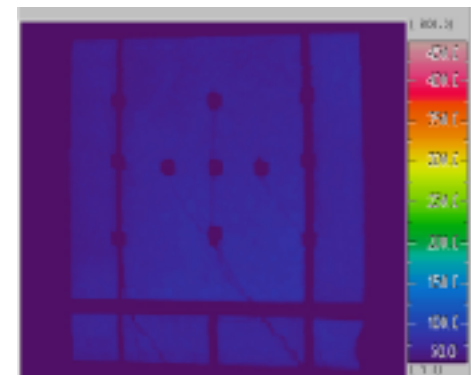


図6-3 パイロストップF60非加熱面の温度分布 加熱10分後

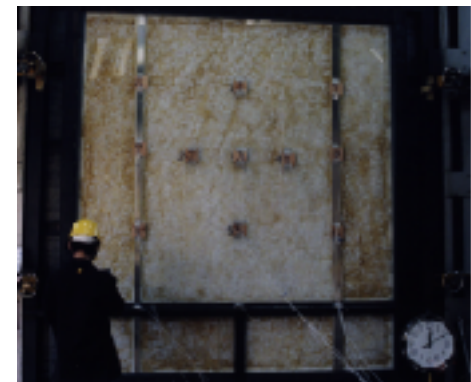


図6-4 パイロストップF60 加熱10分後

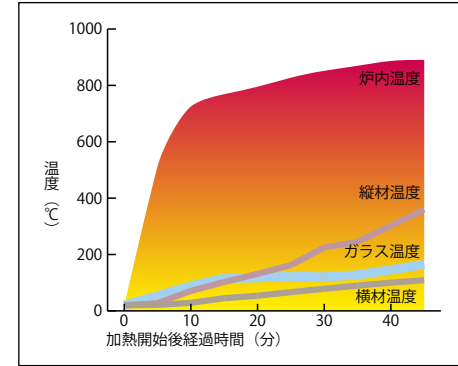


図6-1 パイロストップF30加熱実験時の温度変化グラフ

パイロストップF60(60分耐火)の加熱実験

実験条件

- ・遮熱防耐火ガラス「パイロストップ」厚さ21ミリ
- ・評定時に検討したディテールによるシリコンガスケットと防火シールを用いた6分割サッシ(縦3分割・横2分割)。
- ・サイズ:1520×2200mm(最大ガラスの大きさ)
- ・加熱温度:建設省告示第2999号別記1による
- ・加熱時間:60分以上

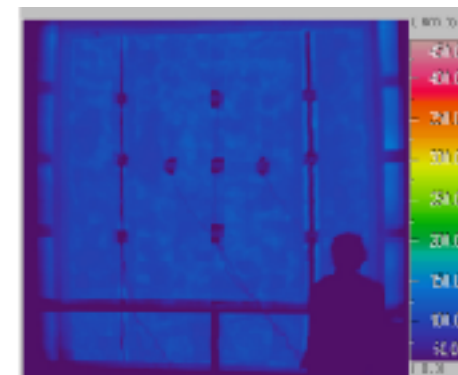


図6-5 F60 加熱30分後



図6-6 F60 加熱30分後

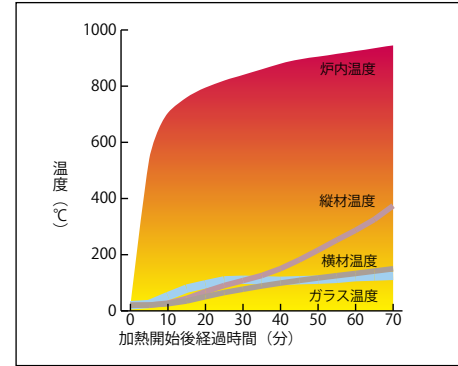


図6-2 パイロストップF60加熱実験時の温度変化グラフ

実験結果——加熱4分後に1層目ケイ酸ソーダ層が発泡開始し6分後には全面白色になった。60分を過ぎ、加熱71分後に一部目地部分に隙間ができたが、87分後に中央部ガラスが脱落するまで持ちこたえた。また、加熱60分経過時でも非加熱面ガラス温度は119℃に留まり、シリコンガスケット非加熱面側は試験終了時でもゴム弾性を残していた。なお、最終のディテールでの確認試験では91分まで自立し、60分経過時の非加熱面温度はガラス部で112℃、サッシ部は最大185℃だった。

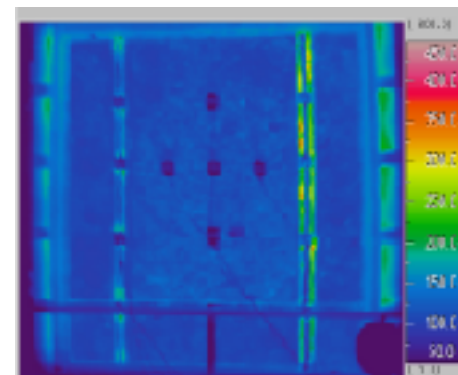


図6-7 F60 加熱60分後



図6-8 F60 加熱60分後

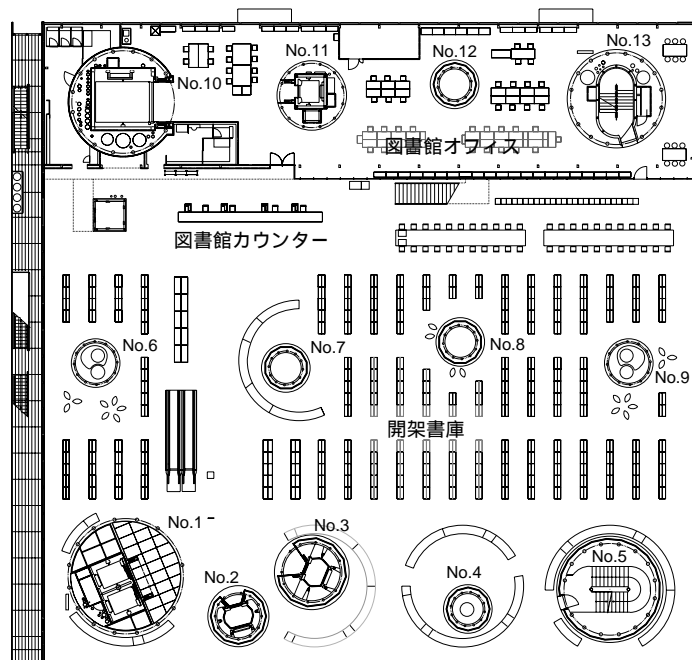
GLASS DATA

チューブ						
パイロストップ	構成	15ミリ	1・2・5・6・7階:チューブNo.5			
		21ミリ	3・4階:チューブNo.1,2,3,4,5,7,8,12			
		33ミリ	3階:チューブNo.1,6,9 5階:チューブ床No.6,9 6・7階:チューブ床No.1			
		33+33ミリ	5階:チューブ床No.1			
		使用面積	1,140☒			
パイロクリア®	構成	8ミリ	B1階:チューブNo.2 1階:チューブNo.2,3 2階:チューブNo.2,3,6,7,8,9,12 5階:チューブNo.2,3 7階:チューブNo.2,3,4,6,7,8,9,12			
		使用面積	1,410☒			
		網入板ガラス 菱形ワイヤー	構成	10ミリ	B1階:チューブNo.7,8 1階:チューブNo.1,7,8 2階:チューブNo.1,4 5階:チューブNo.1,4,7,8 6階:チューブNo.1,2,3,4,6,7,8,9 7階:チューブNo.1 R階:チューブNo.1,2,3	
				使用面積	820☒	

ガラス技術担当——池内清治・杉浦公成(日本板硝子株式会社 建築硝子部)

建築概要

名称☒	せんだいメディアテーク
所在地☒	仙台市青葉区春日町2-1
面積☒	敷地面積:3,948☒、建築面積:2,844☒、延床面積:21,654☒
構造☒	S造・一部(地下2階)RC造
階数☒	地下2階、地上7階、塔屋1階
寸法☒	最高高:36.49m、階高:4,000mm(基準階)
設計☒	伊東豊雄建築設計事務所
監理☒	伊東豊雄建築設計事務所
施工☒	建築:熊谷組・竹中工務店・安藤建設・橋本共同企業体



せんだいメディアテーク3階平面図 図中の数字はチューブNo

SPACE MODULATOR REPORT 3

発行日☒ 2002年4月(02・04/03)

発行所☒ 日本板硝子株式会社

☒ SPACE MODULATOR 編集部

☒ 湯川哲比古・福留俊哉

E-mail: Nsg-Archi@mail.nsg.co.jp

URL: http://www.nsg.co.jp/spm/index.html

企画編集☒ A Z環境計画研究所

☒ 山崎泰孝・大工原潤

制作☒ 小島良平デザイン事務所

☒ 小島良平・小島良太

編集協力☒ 伊東豊雄建築設計事務所

☒ 伊東豊雄・古林豊彦

表紙写真☒ 畠山直哉

印刷☒ 大日本印刷株式会社

禁無断転載

日本板硝子株式会社

札幌/011-241-7171 仙台/022-712-5871 東京/03-5443-0132 名古屋/052-962-7089

大阪/06-6222-7534 広島/082-263-3571 福岡/092-451-5594