

5-5 板ガラスと熱割れ

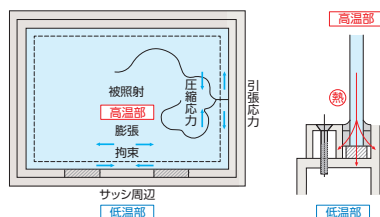
外壁やトップライトに用いられた板ガラスが日射を受け、ガラス中央部の温度が上昇して破損することがあります。これは一般に熱割れと呼ばれる現象です。熱線吸収板ガラス、熱線反射ガラス、Low-E複層ガラス、真空ガラスなど、日射吸収率の高いガラス、または網入板ガラスや呼び厚さの厚いガラスなどエッジ強度の比較的小さいガラスでは特に注意が必要です。

1 板ガラスの熱割れ現象とその特徴

●熱割れ現象

[図1]のように窓ガラスが日光の直射を受けると、照射された部分は吸熱し高温となり膨張します。一方、周辺のサッシにのみ込まれた部分や、影がかかる部分はあまり温度上昇せず低温のままで、高温部の熱膨張を拘束します。結果として、ガラス周辺部に引張応力(熱応力)が発生します。この引張応力は中央部と周辺部との温度差、すなわちガラス板内温度差に比例し、ガラスのエッジ強度を越える引張応力が発生するとエッジから割れ(熱割れ)を生じます。

[図1] 熱割れ現象



●熱割れの特徴

- 1 熱割れは一般に冬期の晴れた日の午前中に発生しやすくなります。冬期は大気が澄んでいる日が多く、日射量が特に南面において最大となり、しかもサッシ周辺が冷えているためです。
- 2 通常、熱割れはガラスの日射吸収率、サッシの取付構造や影の状態、さらに使用状態などの厳しい条件が複合して発生します。
- 3 一般に、熱割れはガラスのエッジを始発とし、亀裂がエッジ辺に直角に走り、それから蛇行する点が特徴です。小さな応力で熱割れが発生した場合は、亀裂が1本の非分岐破壊になり、比較的大きな応力で熱割れが発生した場合は、亀裂が複数入る分岐破壊になる傾向があります。尚、真空ガラスの熱割れは、一般的なガラスとは亀裂の入り方が異なります。

2 熱割れの防止方法

熱割れを防止するためには、ガラス板内温度差を大きくしない使用状態とすることと、良好な切断と施工でガラスのエッジ強度を低下させないことが最も重要です。

●ガラス品種

熱線吸収板ガラス、熱線反射ガラス、Low-E複層ガラス、真空ガラス日射吸収率が高いため、被照射部は高温となり、熱応力が大きくなりやすいので、熱伝導の良い金属サッシとは十分に断熱することが必要です。

網入・線入板ガラス

網入・線入板ガラスは金網やワイヤーが入っているためクリアーカットしにくく、またガラスと金網・ワイヤーの熱膨張率も異なるためエッジ強度は一般ガラスの半分程度しかありません(クリアーカットとはガラスエッジがカッターによる切断のままの状態のこと)。さらに雨水・結露水のサッシ内への浸入により、金網・金属線に錆が発生すると、強度低下することがあるので、P10に示す防錆処理をお勧めします。また、網入・線入板ガラスを単板で使用するよりもLow-E複層ガラスとして使用する方が熱割れが生じやすいのでご注意ください。

●サッシ・カーテンウォールの取り付け構造

- 1 ガラスとサッシのクリアランスは、建材総合カタログ「商品編」記載のガラスの標準施工(JASS-17)以上を確保し、ガラスとサッシをできるだけ断熱します。
- 2 サッシが熱容量の大きなコンクリートに直付けの場合、日射を受けてもサッシ温度、つまりガラス周辺部が低温のままとなるので、ガラス板内温度差が大きくなり、熱割れ上条件が厳しくなるのでご注意ください。

●シール材

パテは断熱性が悪く、水密性も良くないので、弾性シーリング材を用います。

●ガラス施工状態

ガラスエッジ

ガラスの切口はクリアーカットされ、周辺にキズなどない状態で施工してください。

クリアランス

ガラスは直接サッシに接触することを避け、十分クリアランスをとった状態で施工してください。

●使用状態

次のような使用状態の場合、ガラス温度が非常に高くなり、熱割れを起こす可能性が大きくなりますので避けてください。

- 1 ガラスのすぐ近くに、次のものを置くと、ガラスが吸収した熱が放熱されにくくなり、ガラス温度が高くなります。特に、これらのものを密着させると、ガラス温度が非常に高くなります。また、一時的な仮置きでも熱割れが生じることがあります。
 - ・寝具(毛布、布団、枕等)
 - ・家具(たんす、ロッカー、ソファ等)
 - ・家電(空気洗浄機、加湿器等)
 - ・観葉植物や観賞用水槽
 - ・段ボール箱
 - ・エアコンの室外機
 - ・プランターの植物
 - ・束ねたカーテンの密着
 - ・衣類などの洗濯物の密着 等
- 2 ガラスの内側に、カーテン、ブラインド、暗幕、その他遮蔽物があると、ガラスが吸収した熱が放熱されにくくなり、特に、これらのものを密着させると、ガラス温度が非常に高くなります。

- 3 ガラス面に、ポスターや紙を貼ったり、ペンキを塗ると吸収率が極度に大きくなり、その部分の温度が高くなります。
- 4 ガラスの内面に反射膜などがあると、一度透過した日射が再度ガラスに吸収され、ガラス温度が高くなります。
- ※ 遮熱や断熱・熱線反射・視野遮へい(目隠し用)などのフィルムを貼る、または遮熱塗料などをガラス表面に塗る場合は、事前の検討が必要です。この場合の熱割れ検討は、フィルムメーカーや塗料メーカーにて実施してください。
- 5 投光器等の照明器具をガラス近傍に設置すると、照射された部分のガラス温度が上昇します。
- 6 暖房器具(ストーブ、ファンヒーター等)の温風や輻射熱が直接ガラスに当たったり、白熱電球などの高温になる強力なライトを照射すると、ガラスのその部分の温度が高くなります。

3 熱割れ計算とその判定

割れの原因となる熱応力は、窓の方位・ガラス品種・構成の他、日影の状態、カーテンの影響、施工条件など複雑な影響を受けます。この発生熱応力を以下に示す計算式で推定し、許容熱応力と比較することで熱割れの危険性があるかどうか判定したり、必要な対策を検討することができます。

●熱割れの判定

下記に示す板ガラスの発生熱応力σと板ガラスの許容熱応力σaと比較し判定します。

- σ ≤ σa 熱割れ計算上安全
- σ > σa 熱割れの可能性があるので、施工法、その他の検討を要します。

※各種板ガラスの熱割れ判定計算は、弊社ホームページからご利用いただけます。
<https://glass-wonderland.jp/architectural-glass/simulation/>
※部分スパンドレル、下がり壁は板硝子協会ホームページをご確認ください。
https://www.itakyo.or.jp/standard/function/function_5.html

●板ガラスの許容熱応力 σa

熱割れはガラスのエッジを始発とするので、各種板ガラスのエッジ部の許容熱応力を【表1】通り定めています。

【表1】各種板ガラスの許容熱応力 σa

ガラス品種	呼び厚さ (ミリ)	許容熱応力 σa	
		MPa	kgf/cm ²
フロート板ガラス	3~12	17.7	180
	15・19	14.7	150
網入・線入板ガラス	6.8・10	9.8	100
倍強度ガラス	6~12	35.3	360
複層ガラス・合わせガラス	—	構成するガラス品種に同じ	

注1: ガラスエッジは全てカッターによるクリアーカットとします。(倍強度ガラスを除く)
注2: ガラス周辺を加工する場合は、研磨120番以上の仕上げとします。
注3: 日本建築学会JASS17による。

●板ガラスの発生熱応力 σ

次に示す計算式によって発生する熱応力を推定します。

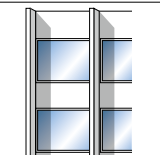
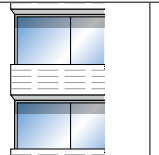
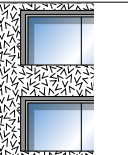
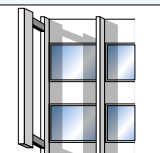
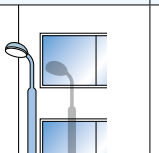
$$\sigma = \sigma_0 \cdot \sigma_1 \cdot \sigma_2 \cdot \sigma_3 \cdot f \cdot (t_g - t_s)$$

σ: ガラスに発生する熱応力
[MPa] {kgf/cm²}
σ₀: 基本応力係数
σ₀=0.47MPa/℃ {4.8kgf/(cm²・℃)}
σ₁: 影係数 [-]①【表2】
σ₂: カーテン係数 [-]②【表3】
σ₃: 面積係数 [-]③P70【表4】
f: エッジ温度係数 [-]④P70【表5】
t_g: ガラス中央部温度 [℃]⑤P70【表6】
t_s: サッシ温度 [℃]⑥P74【表7】

①影係数 σ₁

ガラス面への日射が均一ではなく、部分的に日影ができると、ガラス板内の温度分布が変わり、影のない場合に比べて発生熱応力が大きくなります。この増加割合を影のない場合を1.0として比率で表わしたものが影係数です。

【表2】影係数 σ₁

影の形状			
	方立シングルシャドー	無目シングルシャドー	クロスシャドー
影係数	1.3		1.6
影の形状			
	パラレルシャドー	シャープ影	
影係数	1.7	1.7	

②カーテン係数 σ₂

ガラス面の室内側にカーテンやブラインドがあると、これらによる日射の反射・再放射の影響を受けます。このためガラス中央部の昇温度が大きくなるので、この増加割合をカーテンなどのない場合を1.0として比率で表わしたものがカーテン係数です。

【表3】カーテン係数 (σ₂)

	—	厚手カーテン、ブラインド	薄手(レース)カーテン
	ロールスクリーン 日射透過率 20%未満	ロールスクリーン 日射透過率20%以上 40%未満	ロールスクリーン 日射透過率 40%以上
ガラスからの距離 100mm未満	1.7(1.5)	1.5	1.3
ガラスからの距離 100mm以上	1.5(1.3)	1.3	1.1

※ただしロールスクリーン日射透過率20%未満で複層ガラスの室外側ガラスについては、()内の数値を用いてよい。

5章 板ガラスの強度と安全

③面積係数 K_3

ガラス面積が大きくなると、ガラス板内温度差が同じであっても、拘束条件などの影響によって熱応力が大きくなります。この増加割合をガラス面積1.0㎡を基準にして、比率で表わしたものが面積係数です。

【表4】面積係数 K_3

ガラス面積 S [㎡]	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0
K_3 [—]	0.95	1.00	1.04	1.06	1.08	1.10	1.13	1.15	1.17

注：面積係数 K_3 は、下式で算出される。
 $K_3 = 1.6^{\log_{10} 2S} - 0.0565$ ($S < 0.5$ のとき)
 $K_3 = 1.2^{\log_{10} 2S} - 0.0565$ ($S \geq 0.5$ のとき)

④エッジ温度係数 f

熱応力はガラス中央部とエッジの板内温度差に比例しますが、エッジ温度 t_{edge} はガラスの施工状態やサッシ熱容量によって異なってくるため複雑です。

そこでガラスの板内温度差($t_g - t_{edge}$)はガラス中央部温度とサッシ温度の差($t_g - t_s$)とエッジ温度係数 f から下式によって求めます。

$$(t_g - t_{edge}) = f \cdot (t_g - t_s)$$

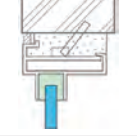
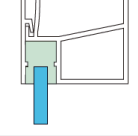
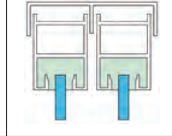
エッジ温度係数は、実験により求められた値です。

【表5-1】エッジ温度係数 f

ガラス施工の種類		サッシ・カーテンウォールの取付、構造	
		PC部材に打込み 又は直付けサッシ	金属カーテンウォール 又は可動サッシ
グレイジングガasket (グレイジングチャンネル・ グレイジングビード)	 例：グレイジング チャンネル	0.95	0.75
弾性シーリング材+ バックアップ材(シリッドゴム) または弾性シーリング材と グレイジングガasketの併用	 例：弾性シーリング 材とグレイジング ガasketの併用	0.80	0.65
弾性シーリング材+ バックアップ材(発泡材)	 例：弾性シーリング 材+バックアップ材 (発泡材)	0.65	0.50
構造ガasket	 例：構造 ガasket	0.55	0.48

注：サッシの色が濃色の場合は、サッシの熱吸収を考慮して上表値に0.9を乗じることができます。

【表5-2】サッシ・カーテンウォールの取付、構造の例

PC部材に打込み	直付けサッシ	金属カーテンウォール	可動サッシ
			

※一部JASS-17より抜粋
※躯体に直接取り付けられていて、モルタルで隙間を塞いでいるのが直付けサッシです。

⑤ガラス中央部温度 t_g

ガラス中央部の温度は、ガラス品種や使用方法によって【表6-1】の計算式により求めます。(図、表中の記号等については【表6-2】を参照)。

【表6-1】ガラス中央部温度算出式

窓部単板ガラス	■ 熱平衡式 $I_s \cdot \alpha = h_e \cdot (t_g - t_e) + h_i \cdot (t_g - t_i)$	■ ガラス中央部温度 $t_g = \frac{I_s \cdot \alpha + h_e \cdot t_e + h_i \cdot t_i}{h_e + h_i}$
窓部複層ガラス	■ 熱平衡式 $I_s \cdot A_{g1} = h_e \cdot (t_{g1} - t_e) + h_a \cdot (t_{g1} - t_{g2})$ $I_s \cdot A_{g2} = h_a \cdot (t_{g2} - t_{g1}) + h_i \cdot (t_{g2} - t_i)$ ただし、 $A_{g1} = \alpha_{g1} + \frac{\tau_{g1} \cdot \rho_{g2} \cdot \alpha'_{g1}}{1 - \rho_{g1} \cdot \rho_{g2}} \quad A_{g2} = \frac{\tau_{g1} \cdot \alpha_{g2}}{1 - \rho_{g2} \cdot \rho_{g1}}$	■ ガラス中央部温度 $t_{g1} = \frac{\{(h_a + h_i) A_{g1} + h_a \cdot A_{g2}\} \cdot I_s + h_e \cdot (h_a + h_i) \cdot t_e + h_a \cdot h_i \cdot t_i}{h_e \cdot h_a + h_e \cdot h_i + h_a \cdot h_i}$ $t_{g2} = \frac{\{h_a \cdot A_{g1} + (h_e + h_a) \cdot A_{g2}\} \cdot I_s + h_a \cdot h_e \cdot t_e + h_i \cdot (h_a + h_e) \cdot t_i}{h_e \cdot h_a + h_e \cdot h_i + h_a \cdot h_i}$
窓部合わせガラス	■ 熱平衡式 $I_s \cdot \left(A_{g1} + \frac{A_f}{2} \right) = h_e (t_{g1} - t_e) + \frac{\lambda_f}{d_f} (t_{g1} - t_{g2})$ $I_s \cdot \left(A_{g2} + \frac{A_f}{2} \right) = \frac{\lambda_f}{d_f} (t_{g2} - t_{g1}) + h_i (t_{g2} - t_i)$ ただし、 $A_{g1} \doteq \alpha_{g1}, A_f \doteq \tau_{g1} \cdot \alpha_f, A_{g2} \doteq \tau_{g1} \cdot \tau_f \cdot \alpha_{g2}$	■ ガラス中央部温度 $t_{g1} = \frac{\left\{ \left(\frac{\lambda_f}{d_f} + h_i \right) \cdot \left(A_{g1} + \frac{A_f}{2} \right) + \frac{\lambda_f}{d_f} \cdot \left(A_{g2} + \frac{A_f}{2} \right) \right\} \cdot I_s + h_e \cdot \left(\frac{\lambda_f}{d_f} + h_i \right) \cdot t_e + \frac{\lambda_f}{d_f} \cdot h_i \cdot t_i}{h_e \cdot \frac{\lambda_f}{d_f} + h_e \cdot h_i + \frac{\lambda_f}{d_f} \cdot h_i}$ $t_{g2} = \frac{\left\{ \frac{\lambda_f}{d_f} \cdot \left(A_{g1} + \frac{A_f}{2} \right) + \left(h_e + \frac{\lambda_f}{d_f} \right) \cdot \left(A_{g2} + \frac{A_f}{2} \right) \right\} \cdot I_s + \frac{\lambda_f}{d_f} \cdot h_e \cdot t_e + h_i \cdot \left(\frac{\lambda_f}{d_f} + h_e \right) \cdot t_i}{h_e \cdot \frac{\lambda_f}{d_f} + h_e \cdot h_i + \frac{\lambda_f}{d_f} \cdot h_i}$
スパンドレル部単板ガラス	■ 熱平衡式 $I_s \cdot A_g = h_e \cdot (t_g - t_e) + h_b (t_g - t_{b1})$ $I_s \cdot A_b = h_a (t_{b1} - t_g) + \frac{1}{R_b} (t_{b1} - t_{b2})$ $\frac{1}{R_b} (t_{b1} - t_{b2}) = h_i (t_{b2} - t_i)$ ただし、 $A_g = \alpha_g + \frac{\tau_g \cdot \rho_b \cdot \alpha'_g}{1 - \rho_g \cdot \rho_b}, \quad A_b = \frac{\tau_g \cdot \alpha_b}{1 - \rho_b \cdot \rho_g}, \quad R_b = \sum_i \frac{d_{bi}}{\lambda_{bi}}$	■ ガラス中央部温度 $t_g = \frac{1}{h_e} \left\{ \frac{\frac{1}{h_a} \cdot A_g \cdot I_s + \left(R_b + \frac{1}{h_i} \right) \cdot (A_g + A_b) I_s + h_e \cdot \left(\frac{1}{h_a} + R_b + \frac{1}{h_i} \right) \cdot t_e + t_i}{\frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_a} + R_b + \frac{1}{h_i}} \right\}$

【表6-2】記号

記号	説明	単位	数値
I_s	日射量	W/m ² {kcal/(m ² ・h)}	【表6-3】
α, τ, ρ	日射吸収率、透過率、反射率	—	α_g, τ_g, ρ_g は室外側からの入射に対する、 $\alpha'_g, \tau'_g, \rho'_g$ は室内側からの入射に対する特性値を示す⇒【表6-4】 $\alpha_i = 0.05, \tau_i = 0.95$ (中間膜がフリア色、 $d_f = 0.00038$ [m]の場合) $\alpha_b, \rho_b \Rightarrow$ 【表6-5】
ε	修正放射率	—	$\varepsilon_g = 0.837$ (高性能熱線反射ガラスおよびLow-Eガラスを除く) $\varepsilon_b = 0.9$
A	日射総合吸収率	—	A_g, A_b 算出式は【表6-1】の各ケースによる。
λ	熱伝導率	W/(m・K) {kcal/(m・h・°C)}	$\lambda_f = 0.181$ [W/(m・K)] {0.156 kcal/(m・h・°C)} $\lambda_b \Rightarrow$ 【表6-6】
h_e	室外側表面熱伝達係数	W/m ² {kcal/(m ² ・h・°C)}	$h_e = 15.1$ [W/(m ² ・K)] {13 kcal/(m ² ・h・°C)}
h_i	室内側表面熱伝達係数	W/(m ² ・K) {kcal/(m ² ・h・°C)}	h_i (夏期) = $6.3 \times \varepsilon_g$ [または ε_b] + 3.9 [W/(m ² ・K)] h_i (冬期) = $5.6 \times \varepsilon_g$ [または ε_b] + 3.3 [W/(m ² ・K)] ※単位kcal/(m ² ・h・°C)による値は上記による値に0.86を乗じて求める。
h_a	中空層の熱コンダクタンス	W/(m ² ・K) {kcal/(m ² ・h・°C)}	算出式はJIS R 3107による。
d	中間膜の厚さ、スパンドレルボードの厚さ	m	例) 15mil = 0.00038[m]
t	温度	°C	$t_e, t_i \Rightarrow$ 【表6-7】

注：添字は下記の通り

e: 室外、i: 室内、s: サッシ、g: ガラス (室外側からg1, g2、…)、f: 中間膜、b: スパンドレルボード

【表6-3】計算用日射量 I_g

a) 冬期

単位: W/m^2 { $kcal/(m^2 \cdot h)$ }

方位	壁面	トップライト			
	垂直面 (90度)	60度	45度	30度	水平面 (0度)
北	25 { 22 }	50 { 43 }	75 { 65 }	275 { 237 }	725 { 624 }
北北東	25 { 22 }	50 { 43 }	125 { 108 }	325 { 280 }	725 { 624 }
北東	175 { 151 }	275 { 237 }	350 { 301 }	450 { 387 }	725 { 624 }
東北東	400 { 344 }	500 { 430 }	550 { 473 }	600 { 516 }	725 { 624 }
東	600 { 516 }	725 { 624 }	750 { 645 }	750 { 645 }	725 { 624 }
東南東	750 { 645 }	900 { 774 }	900 { 774 }	875 { 753 }	725 { 624 }
南東	825 { 710 }	975 { 839 }	1000 { 860 }	950 { 817 }	725 { 624 }
南南東	825 { 710 }	1025 { 882 }	1050 { 903 }	1000 { 860 }	725 { 624 }
南	825 { 710 }	1050 { 903 }	1075 { 925 }	1025 { 882 }	725 { 624 }
南南西	825 { 710 }	1025 { 882 }	1050 { 903 }	1000 { 860 }	725 { 624 }
南西	825 { 710 }	975 { 839 }	1000 { 860 }	950 { 817 }	725 { 624 }
西南西	750 { 645 }	900 { 774 }	900 { 774 }	875 { 753 }	725 { 624 }
西	600 { 516 }	725 { 624 }	750 { 645 }	750 { 645 }	725 { 624 }
西北西	400 { 344 }	500 { 430 }	550 { 473 }	600 { 516 }	725 { 624 }
北西	175 { 151 }	275 { 237 }	350 { 301 }	450 { 387 }	725 { 624 }
北北西	25 { 22 }	50 { 43 }	125 { 108 }	325 { 280 }	725 { 624 }

b) 夏期

方位	壁面	トップライト			
	垂直面 (90度)	60度	45度	30度	水平面 (0度)
北	125 { 108 }	325 { 280 }	550 { 473 }	750 { 645 }	1000 { 860 }
北北東	300 { 258 }	500 { 430 }	625 { 538 }	775 { 667 }	1000 { 860 }
北東	475 { 409 }	675 { 581 }	750 { 645 }	850 { 731 }	1000 { 860 }
東北東	600 { 516 }	800 { 688 }	850 { 731 }	925 { 796 }	1000 { 860 }
東	625 { 538 }	850 { 731 }	925 { 796 }	950 { 817 }	1000 { 860 }
東南東	625 { 538 }	850 { 731 }	925 { 796 }	975 { 839 }	1000 { 860 }
南東	575 { 495 }	850 { 731 }	925 { 796 }	975 { 839 }	1000 { 860 }
南南東	475 { 409 }	825 { 710 }	925 { 796 }	975 { 839 }	1000 { 860 }
南	425 { 366 }	800 { 688 }	925 { 796 }	975 { 839 }	1000 { 860 }
南南西	475 { 409 }	825 { 710 }	925 { 796 }	975 { 839 }	1000 { 860 }
南西	575 { 495 }	850 { 731 }	925 { 796 }	975 { 839 }	1000 { 860 }
西南西	625 { 538 }	850 { 731 }	925 { 796 }	975 { 839 }	1000 { 860 }
西	625 { 538 }	850 { 731 }	925 { 796 }	950 { 817 }	1000 { 860 }
西北西	600 { 516 }	800 { 688 }	850 { 731 }	925 { 796 }	1000 { 860 }
北西	475 { 409 }	675 { 581 }	750 { 645 }	850 { 731 }	1000 { 860 }
北北西	300 { 258 }	500 { 430 }	625 { 538 }	775 { 667 }	1000 { 860 }

[表6-4] ガラスの日射特性 τ_g, ρ_g, ρ'_g

ガラス品種	品略記号	透過率 τ_g	反射率	
			室外側 ρ_g	室内側 ρ'_g
フロート板ガラス	FL3	0.859	0.077	0.077
	FL5	0.823	0.074	0.074
	FL6	0.806	0.073	0.073
	FL8	0.773	0.071	0.071
	FL10	0.742	0.069	0.069
	FL12	0.714	0.067	0.067
	FL15	0.673	0.064	0.064
	FL19	0.624	0.062	0.062
高透過ガラス オプティホワイト	WFL3	0.907	0.081	0.081
	WFL5	0.900	0.080	0.080
	WFL6	0.897	0.080	0.080
	WFL8	0.890	0.079	0.079
	WFL10	0.883	0.079	0.079
	WFL12	0.876	0.078	0.078
型板ガラス	F4A	0.841	0.075	0.075
線入板ガラス ユニワイヤー	PWU	0.785	0.073	0.073
網入板ガラス クロスワイヤー 菱型ワイヤー	PWC	0.777	0.076	0.076
	PWN	0.777	0.076	0.076
	PW10N	0.728	0.072	0.072
熱線吸収板ガラス グリーン色	MFL5	0.514	0.057	0.057
	MFL6	0.467	0.055	0.055
	MFL8	0.391	0.052	0.052
	MFL10	0.334	0.050	0.050
	MFL12	0.290	0.049	0.049
熱線反射ガラス レフライトS	CFL6S*	0.627	0.211	0.252
	CFL8S*	0.600	0.202	0.251
	CFL10S*	0.575	0.193	0.250
	CFL12S*	0.551	0.185	0.248
高性能熱線反射ガラス レフシャインSS8	RSFL6SS8*	0.063	0.362	0.477
	RSFL8SS8*	0.061	0.338	0.477
	RSFL10SS8*	0.058	0.316	0.477
	RSFL12SS8*	0.056	0.297	0.477
高性能熱線反射ガラス レフシャインSS20	RSFL6SS20*	0.153	0.224	0.382
	RSFL8SS20*	0.147	0.210	0.382
	RSFL10SS20*	0.142	0.198	0.382
	RSFL12SS20*	0.136	0.187	0.382

ガラス品種	品略記号	透過率 τ_g	反射率	
			室外側 ρ_g	室内側 ρ'_g
高性能熱線反射ガラス レフシャインSGY32	RSFL6SGY32*	0.291	0.103	0.250
	RSFL8SGY32*	0.280	0.099	0.250
	RSFL10SGY32*	0.268	0.095	0.250
	RSFL12SGY32*	0.258	0.092	0.250
高性能熱線反射ガラス レフシャインTS30	RSFL6TS30*	0.229	0.178	0.328
	RSFL8TS30*	0.221	0.167	0.328
	RSFL10TS30*	0.212	0.157	0.328
	RSFL12TS30*	0.205	0.149	0.328
高性能熱線反射ガラス レフシャインTBL35	RSFL6TBL35*	0.279	0.154	0.264
	RSFL8TBL35*	0.268	0.146	0.263
	RSFL10TBL35*	0.258	0.139	0.263
	RSFL12TBL35*	0.248	0.133	0.263
ペアマルチEA	NFL3LE2*	0.703	0.106	0.117
	NFL5LE2*	0.674	0.101	0.115
	NFL6LE2*	0.661	0.099	0.114
	NFL8LE2*	0.635	0.094	0.113
	NFL10LE2*	0.575	0.088	0.114
	NFL12LE2*	0.546	0.084	0.112
ペアマルチLowE クリア74	RSFL6AQ*	0.545	0.219	0.290
	RSFL8AQ*	0.526	0.200	0.289
	RSFL10AQ*	0.509	0.183	0.289
	RSFL12AQ*	0.493	0.168	0.288
ペアマルチLowE ブルー60	RSFL6AN*	0.464	0.209	0.232
	RSFL8AN*	0.448	0.193	0.231
	RSFL10AN*	0.433	0.179	0.231
	RSFL12AN*	0.418	0.167	0.230
ペアマルチLowE グレー55	RSFL6AO*	0.435	0.183	0.216
	RSFL8AO*	0.419	0.169	0.215
	RSFL10AO*	0.405	0.157	0.215
	RSFL12AO*	0.391	0.147	0.214
ペアマルチLowE シルバー54	RSFL6ASK*	0.387	0.279	0.294
	RSFL8ASK*	0.374	0.256	0.293
	RSFL10ASK*	0.362	0.237	0.293
	RSFL12ASK*	0.351	0.220	0.293

[表6-5] スパンドレルボードの日射特性 α_b

ボードの色・素材	日射吸収率 α_b
黒色ペイント・黒い紙	0.85～0.95
暗色ペイント(赤・褐・緑など)	0.65～0.80
白または淡黄色ペイント	0.30～0.50
光ったアルミペイント	0.30～0.50
光沢のない銅、アルミ、鉄	0.40～0.65
みがいた銅、黄銅	0.30～0.50
よくみがいたアルミ、ニッケル、クロム	0.10～0.40

注1: ボードの吸収率・反射率の差はスパンドレルの計算上あまり大きくは影響しません。
注2: 日射反射率 $\rho_b = 1 - \alpha_b$

5章 板ガラスの強度と安全

[表6-6] スパンドレルボードの熱伝導率 λ_b

材 料		熱伝導率 λ_b	
		W/(m・K)	kcal/(m・h・°C)
各種材料	アルミニウム板	203	175
	炭素鋼	53	46
	コンクリート	1.5～1.6	1.3～1.4
	気泡コンクリート	0.084～0.17	0.072～0.15
	合 板	0.15	0.13
	エアレックス	0.047	0.04
	ポリスチレンフォーム	0.035	0.03
	吹付ロックウール	0.035～0.052	0.03～0.045
仕上げパネル	アルミ樹脂複合板	0.37～0.95	0.318～0.817
	フレキシブル板	0.35～0.41	0.3～0.35
	平板パネル	0.35	0.3
	石綿セメント珪酸カルシウム板	0.099～0.10	0.085～0.09
	石綿珪酸カルシウム板	0.099～0.35	0.085～0.3
耐火パネル	石綿セメント珪酸カルシウム板	0.13	0.11
	石綿珪酸カルシウム板	0.058～0.099	0.05～0.085
	ALC板	0.12～0.15	0.10～0.13
	両面フレキシブル板張り木毛セメント板	0.12～0.13	0.104～0.108
	両面フレキシブル板張り気泡コンクリート	0.12～0.13	0.102～0.108
	両面フレキシブル板張り石綿珪酸カルシウム板	0.13～0.14	0.113～0.122

[表6-7-①] 室外温度、室内温度について

室外温度 t_e	●理科年表による各地の最低気温あるいはTAC温度（設備設計用温度）などを参考に各地の気象条件に応じて求めた値とする。
室内温度 t_i	●一般に当該ビルの空調設定温度とする。 ●東面については、日射を受ける時間が暖房していない場合も考慮して、 $t_i=t_e$ とする。

[表6-7-②] 計算用参考室外・室内温度 t_e 、 t_i

単位:°C

	地域名	季節	北	北北東	北東	東北東	東	東南東	南東	南南東	南	南南西	南西	西南西	西	西北西	北西	北北西
室外温度 t_e	北海道中央部 旭川、帯広付近	冬期	-20	-20	-20	-20	-20	-15	-10	-10	-10	-10	-10	-12.5	-15	-20	-20	-20
		夏期	20	20	20	20	20	21.5	23	24	25	25	25	25	25	20	20	20
	上記以外の北海道全域	冬期	-15	-15	-15	-15	-15	-10	-5	-5	-5	-5	-5	-7.5	-10	-15	-15	-15
		夏期	20	20	20	20	20	21.5	23	24	25	25	25	25	25	20	20	20
	東北、関東北部、 甲斐・信濃・飛騨の山岳地方	冬期	-10	-10	-10	-10	-10	-5	0	0	0	0	0	-2.5	-5	-10	-10	-10
		夏期	25	25	25	25	25	26.5	28	29	30	30	30	30	30	25	25	25
	関東南部、北陸、東海、 近畿、中国、四国、九州	冬期	-5	-5	-5	-5	-5	0	5	5	5	5	5	2.5	0	-5	-5	-5
		夏期	30	30	30	30	30	31.5	33	34	35	35	35	35	35	30	30	30
	沖 縄	冬期	5	5	5	5	5	10	15	15	15	15	15	12.5	10	5	5	5
		夏期	30	30	30	30	30	31.5	33	34	35	35	35	35	35	30	30	30
室内温度 t_i	国内全域	冬期	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
		夏期	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25

⑥ サッシ温度 t_s

サッシ温度は窓部の単板・複層・合わせガラスおよびスパンドレルの場合のいずれも[表7]の計算式を用いて求めます。

[表7] サッシ温度 t_s

窓部単板ガラス、 窓部複層ガラス、 窓部合わせガラス、 スパンドレル部単板ガラス共通	■熱平衡式
	$h_e(t_s - t_e) + h_i(t_s - t_i) = 0$
	■サッシ温度 $t_s = \frac{h_e \cdot t_e + h_i \cdot t_i}{h_e + h_i}$

※部分スパンドレル、下がり壁は板硝子協会ホームページをご確認ください。

https://www.itakyo.or.jp/standard/function/function_5.html