

5 板ガラスの強度と安全

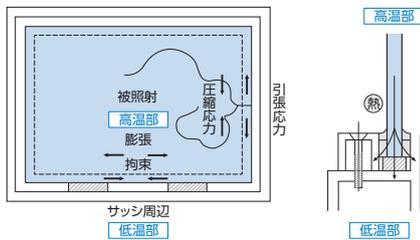
5-5 板ガラスと熱割れ

外壁に用いられた板ガラスが日射を受け、被照射部の温度が上昇することで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。熱線吸収板ガラスや熱線反射ガラスなど、日射吸収率の高いガラス、または網入り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。

5-5-1 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、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。この引張応力は被照射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が厳しい条件で複合し発生することが多くなります。
- 3 一般に、熱割れはガラスのエッジを始発とし、まずエッジ辺に直角に走り、それから蛇行する点が特徴です。

5-5-2 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、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

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金属線が含まれているためクリアーカットしにくく、またガラスと金網・金属線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、ガラス建材総合カタログ「商品編」の網入・線入板ガラス/標準施工法に示す水密施工や防錆処理をします。また、網入・線入板ガラスとLow-Eガラスで構成される複層ガラスでは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4mm以上確保し、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。

ガラスの位置決め

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はめてください。

●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。

- 1 ガラスの内側にカーテンやブラインド、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るので、特にこれらのものを密着させることはお避けください。
また、家具什器・ダンボールその他物品をガラス近くに置くことはお避けください。一時的な仮置きでも熱割れが生じることがあります。
- 2 暖房用の吹出し空気が直接ガラスに当たったり、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るので避けてください。
- 3 ガラス面に紙を貼ったり、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るので避けてください。
- 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るので、注意してください。

5-5-3 熱割れ計算とその判定

熱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 σ_a と比較し判定します。
 $\sigma \leq \sigma_a$ 熱割れ計算上安全
 $\sigma > \sigma_a$ 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://architectural-glass.jp/simulation/>

●板ガラスの許容熱応力 σ_s

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次の通り定めています。

【表1】各種板ガラスの許容熱応力 σ_s

ガラス品種	呼び厚さ (ミリ)	許容熱応力 σ_s	
		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。

$$\sigma = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot f \cdot (t_g - t_s)$$

σ : ガラスに発生する熱応力

[MPa] {kgf/cm²}

K_0 : 基本応力係数

$$K_0 = 0.47 \text{ MPa/}^\circ\text{C} \{4.8 \text{ kgf}/(\text{cm}^2 \cdot ^\circ\text{C})\}$$

K_1 : 影係数 [-]①

K_2 : カーテン係数 [-]②

K_3 : 面積係数 [-]③

f : エッジ温度係数 [-]④

t_g : ガラス中央部温度 [$^\circ\text{C}$]⑤

t_s : サッシ温度 [$^\circ\text{C}$]⑥

①影係数 K_1

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 K_1

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	パラレルシャドー	シャープ影
影係数	1.3	1.3	1.6	1.7	1.7

②カーテン係数 K_2

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 K_2

カーテンなどの種類	ガラス面からの距離	K_2
薄手カーテン(レース)、 薄手ロールスクリーン(日射透過率40%以上)	100mm以上	1.1
	100mm未満	1.3
厚手カーテン、ブラインド 厚手ロールスクリーン(日射透過率40%未満)	100mm以上	1.3
	100mm未満	1.5

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1.0m²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 [m ²]	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】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	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 ガスケット (グレイジング チャンネル・ グレイジング ビード)		0.95	0.75
弾性シーリング 材+バックアップ 材(リッドゴム) または弾性シー リング材とグ レイジングガ スケットの併用		0.80	0.65
弾性シー リング材+パ ックアップ材 (発泡材)		0.65	0.50
構造 ガスケット		0.55	0.48

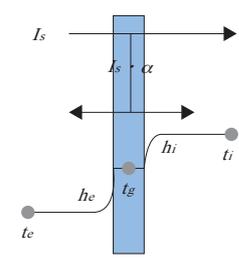
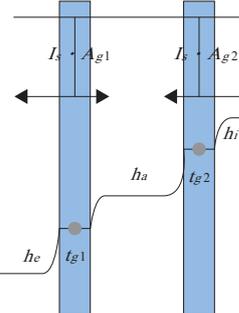
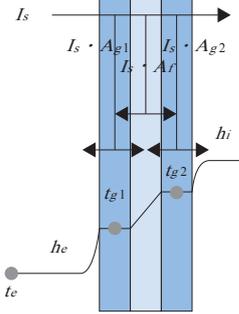
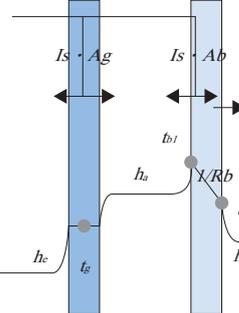
注: サッシの色が濃い場合は、サッシの熱吸収を考慮して上表値に0.9を乗じることができます。

5 板ガラスの強度と安全

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

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

【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_s, τ_s, ρ_s は室外側からの入射に対する、 $\alpha'_s, \tau'_s, \rho'_s$ は室内側からの入射に対する特性値を示す⇒【表6-4】 $\alpha_i=0.05, \tau_i=0.95$ (中間膜がクリア色、 $d_i=0.00038$ [m]の場合) α_b, ρ_b ⇒【表6-5】
ε	修正放射率	—	$\varepsilon_s=0.837$ (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)}	$\lambda_i=0.181$ [W/(m·K)] {0.156 kcal/(m·h·°C)} λ_b ⇒【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)] {13kcal/(m·h·°C)}
h_i	室内側表面熱伝達係数	W/(m ² ·K) {kcal/(m·h·°C)}	h_i (夏期) = $6.3 \times \varepsilon_s$ [または ε_b] + 3.9 [W/(m ² ·K)] h_i (冬期) = $5.6 \times \varepsilon_s$ [または ε_b] + 3.3 [W/(m ² ·K)] ※単位kcal/(m·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·h·°C)}	算出式はJIS R 3107による。
d	中間膜の厚さ	m	$d=0.00038$ [m]
t	温度	°C	t_e, t_i ⇒【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_s

単位: W/m²{kcal/(m²·h)}

a) 冬期

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)	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}	25 {22}	50 {43}	75 {65}	275 {237}	725 {624}
北北東	25 {22}	50 {43}	125 {108}	325 {280}	725 {624}	175 {151}	275 {237}	350 {301}	450 {387}	725 {624}
北東	175 {151}	275 {237}	350 {301}	450 {387}	725 {624}	400 {344}	500 {430}	550 {473}	600 {516}	725 {624}
東北東	400 {344}	500 {430}	550 {473}	600 {516}	725 {624}	600 {516}	725 {624}	750 {645}	750 {645}	725 {624}
東	600 {516}	725 {624}	750 {645}	750 {645}	725 {624}	750 {645}	900 {774}	900 {774}	875 {753}	725 {624}
東南東	750 {645}	900 {774}	900 {774}	875 {753}	725 {624}	825 {710}	975 {839}	1000 {860}	950 {817}	725 {624}
南東	825 {710}	975 {839}	1000 {860}	950 {817}	725 {624}	800 {688}	1025 {882}	1050 {903}	1000 {860}	725 {624}
南南東	800 {688}	1025 {882}	1050 {903}	1000 {860}	725 {624}	825 {710}	1050 {903}	1075 {925}	1025 {882}	725 {624}
南	825 {710}	1050 {903}	1075 {925}	1025 {882}	725 {624}	800 {688}	1025 {882}	1050 {903}	1000 {860}	725 {624}
南南西	800 {688}	1025 {882}	1050 {903}	1000 {860}	725 {624}	825 {710}	975 {839}	1000 {860}	950 {817}	725 {624}
南西	825 {710}	975 {839}	1000 {860}	950 {817}	725 {624}	750 {645}	900 {774}	900 {774}	875 {753}	725 {624}
西南西	750 {645}	900 {774}	900 {774}	875 {753}	725 {624}	600 {516}	725 {624}	750 {645}	750 {645}	725 {624}
西	600 {516}	725 {624}	750 {645}	750 {645}	725 {624}	400 {344}	500 {430}	550 {473}	600 {516}	725 {624}
西北西	400 {344}	500 {430}	550 {473}	600 {516}	725 {624}	175 {151}	275 {237}	350 {301}	450 {387}	725 {624}
北西	175 {151}	275 {237}	350 {301}	450 {387}	725 {624}	25 {22}	50 {43}	125 {108}	325 {280}	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)	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}	125 {108}	325 {280}	550 {473}	750 {645}	1000 {860}
北北東	300 {258}	500 {430}	625 {538}	775 {667}	1000 {860}	475 {409}	675 {581}	750 {645}	850 {731}	1000 {860}
北東	475 {409}	675 {581}	750 {645}	850 {731}	1000 {860}	600 {516}	800 {688}	850 {731}	925 {796}	1000 {860}
東北東	600 {516}	800 {688}	850 {731}	925 {796}	1000 {860}	625 {538}	850 {731}	925 {796}	950 {817}	1000 {860}
東	625 {538}	850 {731}	925 {796}	950 {817}	1000 {860}	625 {538}	850 {731}	925 {796}	975 {839}	1000 {860}
東南東	625 {538}	850 {731}	925 {796}	975 {839}	1000 {860}	575 {495}	850 {731}	925 {796}	975 {839}	1000 {860}
南東	575 {495}	850 {731}	925 {796}	975 {839}	1000 {860}	475 {409}	825 {710}	925 {796}	975 {839}	1000 {860}
南南東	475 {409}	825 {710}	925 {796}	975 {839}	1000 {860}	425 {366}	800 {688}	925 {796}	975 {839}	1000 {860}
南	425 {366}	800 {688}	925 {796}	975 {839}	1000 {860}	475 {409}	825 {710}	925 {796}	975 {839}	1000 {860}
南南西	475 {409}	825 {710}	925 {796}	975 {839}	1000 {860}	575 {495}	850 {731}	925 {796}	975 {839}	1000 {860}
南西	575 {495}	850 {731}	925 {796}	975 {839}	1000 {860}	625 {538}	850 {731}	925 {796}	975 {839}	1000 {860}
西南西	625 {538}	850 {731}	925 {796}	975 {839}	1000 {860}	625 {538}	850 {731}	925 {796}	950 {817}	1000 {860}
西	625 {538}	850 {731}	925 {796}	950 {817}	1000 {860}	600 {516}	800 {688}	850 {731}	925 {796}	1000 {860}
西北西	600 {516}	800 {688}	850 {731}	925 {796}	1000 {860}	475 {409}	675 {581}	750 {645}	850 {731}	1000 {860}
北西	475 {409}	675 {581}	750 {645}	850 {731}	1000 {860}	300 {258}	500 {430}	625 {538}	775 {667}	1000 {860}
北北西	300 {258}	500 {430}	625 {538}	775 {667}	1000 {860}					

5 板ガラスの強度と安全

[表6-4] ガラスの日射特性 τ_g, ρ_g, ρ'_g

ガラス品種	品種略号	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	0.774	0.071	0.071
	FL10	0.743	0.069	0.069
	FL12	0.715	0.067	0.067
	FL15	0.675	0.065	0.065
	FL19	0.626	0.062	0.062
高透過ガラス オブティホワイト	WFL3	0.908	0.081	0.081
	WFL5	0.901	0.080	0.080
	WFL6	0.898	0.080	0.080
	WFL8	0.891	0.079	0.079
	WFL10	0.885	0.079	0.079
	WFL12	0.879	0.078	0.078
型板ガラス	F4A	0.841	0.076	0.076
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 菱形ワイヤー	PWC	0.785	0.073	0.073
	PWN	0.777	0.076	0.076
	PW10N	0.729	0.072	0.072
熱線吸収板ガラス グリーンペーン	MFL5	0.513	0.057	0.057
	MFL6	0.466	0.055	0.055
	MFL8	0.391	0.052	0.052
	MFL10	0.334	0.051	0.051
	MFL12	0.291	0.049	0.049
熱線反射ガラス レフライトS	CFL6S*	0.624	0.215	0.257
	CFL8S*	0.597	0.205	0.255
	CFL10S*	0.572	0.196	0.254
	CFL12S*	0.549	0.188	0.253
高性能熱線反射ガラス レフシャインSS8	RSFL6SS8*	0.064	0.362	0.473
	RSFL8SS8*	0.061	0.338	0.473
	RSFL10SS8*	0.059	0.316	0.473
	RSFL12SS8*	0.057	0.297	0.473
高性能熱線反射ガラス レフシャインSS14	RSFL6SS14*	0.107	0.283	0.434
	RSFL8SS14*	0.103	0.265	0.434
	RSFL10SS14*	0.099	0.249	0.434
	RSFL12SS14*	0.096	0.235	0.434
高性能熱線反射ガラス レフシャインSS20	RSFL6SS20*	0.155	0.222	0.379
	RSFL8SS20*	0.149	0.209	0.379
	RSFL10SS20*	0.143	0.197	0.379
	RSFL12SS20*	0.138	0.186	0.379
高性能熱線反射ガラス レフシャインSGY32	RSFL6SGY32*	0.292	0.104	0.250
	RSFL8SGY32*	0.280	0.100	0.250
	RSFL10SGY32*	0.269	0.096	0.249
	RSFL12SGY32*	0.259	0.092	0.249

【表6-4】ガラスの日射特性 τ_g, ρ_g, ρ'_g

ガラス品種	品種略号	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TE10	RSFL6TE10*	0.062	0.277	0.418
	RSFL8TE10*	0.060	0.255	0.418
	RSFL10TE10*	0.058	0.236	0.418
	RSFL12TE10*	0.056	0.219	0.418
高性能熱線反射ガラス レフシャインTE15	RSFL6TE15*	0.101	0.251	0.426
	RSFL8TE15*	0.097	0.234	0.426
	RSFL10TE15*	0.094	0.218	0.426
	RSFL12TE15*	0.091	0.205	0.426
高性能熱線反射ガラス レフシャインTS20	RSFL6TS20*	0.142	0.230	0.401
	RSFL8TS20*	0.137	0.214	0.401
	RSFL10TS20*	0.132	0.200	0.401
	RSFL12TS20*	0.128	0.188	0.401
高性能熱線反射ガラス レフシャインTS30	RSFL6TS30*	0.232	0.176	0.325
	RSFL8TS30*	0.223	0.166	0.325
	RSFL10TS30*	0.215	0.156	0.325
	RSFL12TS30*	0.207	0.148	0.325
高性能熱線反射ガラス レフシャインTS40	RSFL6TS40*	0.322	0.114	0.255
	RSFL8TS40*	0.310	0.109	0.255
	RSFL10TS40*	0.298	0.104	0.255
	RSFL12TS40*	0.287	0.100	0.255

【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 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	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	東	南東	南	南西	西	
室外温度 t_e	北海道中央部 旭川、帯広付近	冬期	-20	-10	-10	-10	-15	
		夏期	20	23	25	25	25	
	上記以外の北海道全域	冬期	-15	-5	-5	-5	-10	
		夏期	20	23	25	25	25	
	東北、関東北部、 甲斐・信濃・飛騨の山岳地方	冬期	-10	0	0	0	-5	
		夏期	25	28	30	30	30	
	関東南部、北陸、東海、 近畿、中国四国、九州	冬期	-5	5	5	5	0	
		夏期	30	33	35	35	35	
沖縄	冬期	5	15	15	15	10		
	夏期	30	33	35	35	35		
室内温度 t_i	国内全域	冬期	20					
		夏期	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

$$t_s = \frac{h_e \cdot t_e + h_i \cdot t_i}{h_e + h_i}$$

※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://architectural-glass.jp/simulation/>