

# 木製サッシのエネルギー性能と魅力の向上について

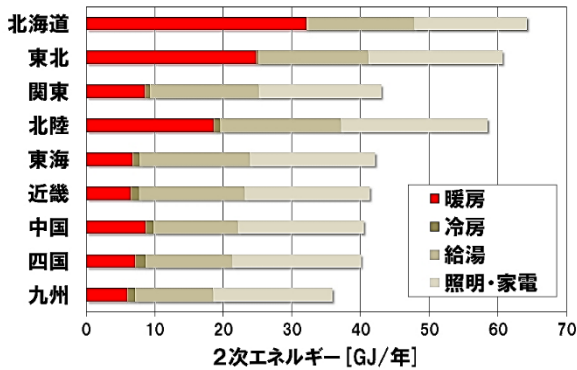
北方建築総合研究所 企画調整部企画課 北谷幸恵

## ■はじめに

本日は、住宅の窓について、エネルギーをテーマにお話しさせていただきます。

## ■住宅に使われるエネルギー

図1は、2009年に出版された住宅のエネルギーに関する統計データです。北海道は日本国内では寒冷地になりますので、ほかの地域と比べますと暖房エネルギーの割合が、かなり高い状況にあります。冷房、給湯、照明などを含めた全体エネルギーと比較しますと、半分くらいが暖房エネルギーに費やされていることがわかります。当然のことながら住宅の省エネルギー化を進めていくためには、暖房エネルギーをどうやって減らしていくかということが大きな課題の一つになります。

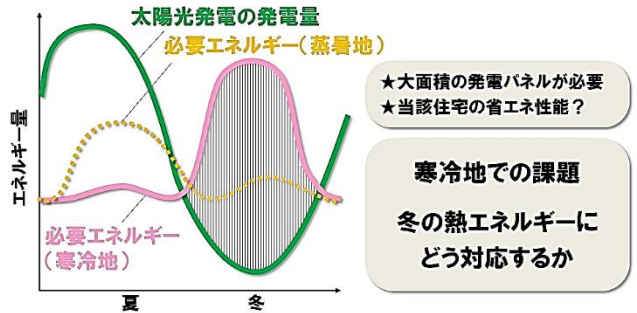


【 図1 】

## ■暖房エネルギー消費量をどう減らすか

実際どんなふうにエネルギーを減らしていったら良いのかを少し考えてみました。政府系の補助金にもゼロエネルギー住宅を対象とする補助金があり、民間の住宅メーカーなどでもそれに対応するような商品を出しています。図2はゼロエネルギーのイメージの一例ですが、1年間消費するエネルギーと同等の量のエネルギーを太陽光発電で生み出して、これらを合算すると、プラスマイナスでゼロとなるという考え方です。

## 仮に Net Zero Energyを目指す場合 省エネ化の分かりやすい目標 しかし、どう実現するか？



【 図2 】

ただし、北海道などの寒冷地では、暖房を行う冬に、1年の中でもたくさんのエネルギーを使います。一方で太陽光発電はどうしても夏にたくさんの発電をしますので、冬に電力や灯油などを買うことになります。そうすると、年間でプラスマイナスゼロになります。そうすると、この住宅はどういった省エネ性能であると言えるのか、という問題が浮かんできます。

例えば、日本のかなり南の方の地域へ行きますと、暖房よりも冷房のエネルギーを使いますので、こうした消費と太陽光発電の時期的なミスマッチの問題は、北海道とはかなり違った状況になってきます。寒冷地では、冬の暖房などに使う熱エネルギーにどうやって対処していくかが大きな目標になっていくと思います。

## ■厳冬の熱エネルギーをどうするか

冬のエネルギーへの対応について具体的な方法を考えてみます。一つには暖房のエネルギーを何らかの方法で生み出すことが挙げられ、図3にありますように敷地内の地盤から地中の熱をくみ上げるとか、あるいは木質系の再生可能エネルギーを使って暖房するといった方法もありますし、少し広い地域で考えた時には、バイオガス発電のような手段でエネルギーを生み出して、それを住宅で活用していくというような方法も考えられると思います。



【 図3 】

2つ目は、今日のテーマとなっております“窓”に関連しますが、住宅の外皮の熱性能のアップが挙げられます。これは必要なエネルギー量自体を小さくしていく、少ないエネルギーで部屋の中を温かくしていくというようなアプローチになります。

こうした熱エネルギーの創出と外皮の熱性能の向上の両方を考えていく必要があると思いますが、それらの検討の中でも配慮すべきポイントの1つとなるのが、北海道の場合もっとも寒い時期にインフラが切断されてしまった場合はどうなるのだろうか、という点です。例えば電力会社の送電線が切れて停電してしまっ、ボイラーも燃料はあっても電気がないために使えなくなることもあるかもしれませんし、豪雪で道路が雪に埋まってしまっ、灯油の宅配のための車が来てくれないということもあるかもしれない。こうした事態を想像すると、外皮の熱性能をある程度確保していくことが、暖房ができなくなった際に、室温を最低限維持するためには必要なんじゃないかと思っ。

### ■住宅の断熱性能と窓

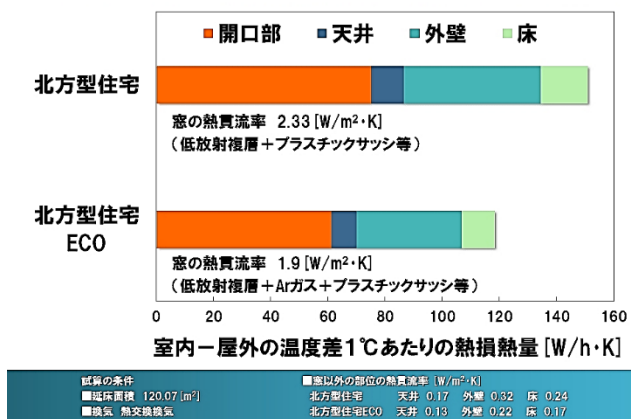
図4は住宅の断熱性能を部位ごとに見たものですが、開口部、天井、外壁の別に室内から屋外にどれだけ熱が逃げていくのかを試算したものです。上が窓の熱貫流率が2.33w/m<sup>2</sup>・Kの場合、下が1.9 w/m<sup>2</sup>・Kの場合です。この試算の場合はいずれも住宅の外皮全体の熱損失の半分くらいを開口部が占めています。外皮の中でも開口部の熱性能を上げていくということが、大きなテーマと考えています。

### ■窓と日射

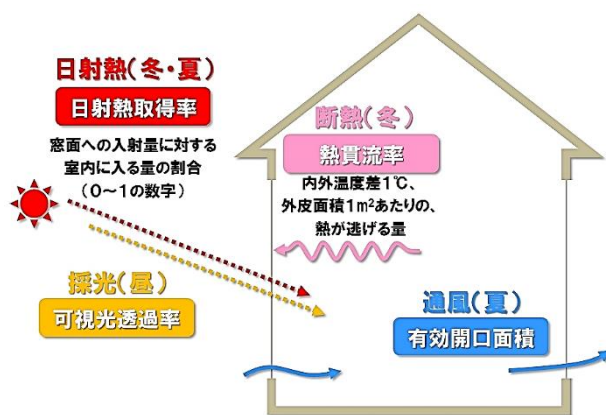
窓の性能でエネルギーに関係する性能は、断熱性

能（熱貫流率）だけではなく、ここに上げている様ないくつかの性能がエネルギーに関係してきます（図5）。そのうち暖房エネルギーに直接関係してくる項目は、熱貫流率と日射熱取得率です。

日射熱取得率は窓の外側に入射した日射熱のうちの何%が部屋の中に入るかを示す数値です。同じ1m<sup>2</sup>の窓でも窓の仕様によって入ってくる割合がかなり違ってきます。当然のことながら、この数値が大きいほど日射熱が部屋の中に入りやすくなりますので暖房負荷の低減には効果があるということになります。他にも採光ですとか、夏の通風といったところにも窓は影響してきます。



【 図4 】

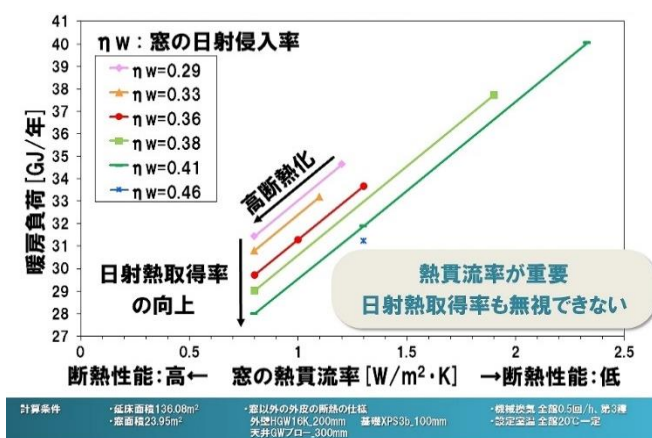


【 図5 】

### ■窓の性能と暖房負荷

今日のテーマの暖房エネルギーに関連して、熱貫流率と日射熱取得率の二つの性能に着目して、暖房負荷の試算を行いました。図6は札幌の例で、横軸が断熱性能です。左肩下がりの線がありますが、左に行って断熱性能が高くなるほど縦軸の暖房負荷が小

さくすることを意味します。線が5本ありますが、この5本の線の違いが日射熱取得率の違いです。下の線になるほど日射熱取得率が大きい、日射熱が入りやすい窓を設置している住宅です。例えば熱貫流率 $1.8 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ の窓を $1.2 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ まで性能をアップさせる場合の暖房負荷の減り方と日射熱取得率の影響の度合いを比較して見ますと、熱貫流率が重要であることは当然ながら、日射熱取得率も決して無視できない程度の影響をするという結果になっています。もちろん冬に全然日射が当たらないような陽あたりの悪い住宅では、ここまでにはならないですが、南側の窓に冬でも日射が当たるような住宅ではこういった傾向が出てくるといえます。



【 図6 】

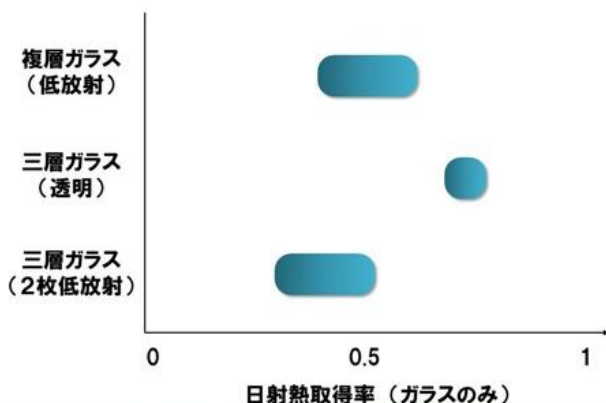
### ■ ガラスの性能

その日射熱取得率ですが、ガラスの種類によってだいぶ違ってきます(図7)。三層ガラスで3枚のうち2枚が低放射ガラス(以下Low-e)の場合、国内でも既に何種類かのそういったダブルLow-e製品が出ていますが、同じようなダブルLow-eであっても種類によって2~3割数値が違いますので、北海道では、なるべく日射熱取得率が大きなタイプを選択すると有利になるといえます。

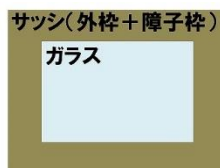
あともう一つ日射熱取得率に影響を及ぼすのが、ガラスの面積比率で、これは窓の見付面積に対して、何%の面積をガラスが占めるかというものです。図8はガラス面積比率を計算したのですが、サッシの見つけ幅が70mmと130mmの場合を比べると何割か違うことがわかります。

このように、ガラス面積比率を向上させる、つまりサッシの見つけ幅を細くすることは、日射熱取得率を大きくできるメリットがありますが、加えて窓

の断熱性能の向上につながる可能性もあります。これは特にトリプル等の高性能なガラスを用いた木製サッシの場合、サッシよりもガラスの方が断熱性能が良い傾向にありますので、ガラス部分の面積比率を大きくした方が断熱性能が窓全体としては良くするという考えです。



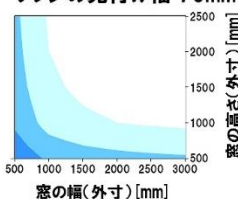
【 図7 】



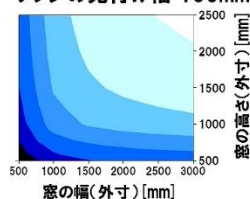
窓面積に対するガラス面積の比率

窓面積比率の向上  
→ 日射熱取得率の向上  
→ 断熱性能の向上  
(サッシよりもガラスの方が断熱性能が良い場合)

サッシの見付け幅 70mm



サッシの見付け幅 130mm



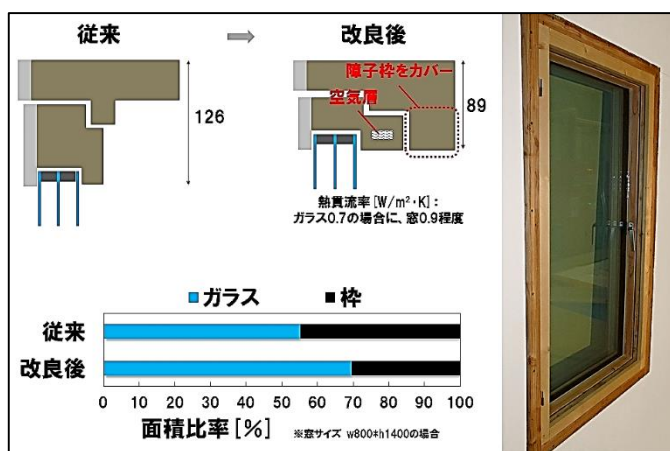
ガラス面積比率 [%]  
80-90  
70-80  
60-70  
50-60  
40-50  
30-40  
20-30

【 図8 】

### ■ 木製サッシの改良

この考えを基に実際に窓のサッシ断面の改良を試みたのが図9に示した事例になります。改良前は見つけ寸法が126mmであるのに対し、改良後には89mmになりました。ガラスの面積比率で言いますと、 $W800 \times H1400\text{mm}$ のサイズの場合、改良前が55%だったのが、改良後は70%ぐらいになっています。

この改良事例についてももう少しご紹介したいと思いますが、サッシ部分については、面積が小さくなったとはいえ、なるべく断熱性能を上げたいということで、外枠の部分が障子枠を囲むように木材を伸ばした断面としました。また、障子枠に穴を設け



【 図9 】

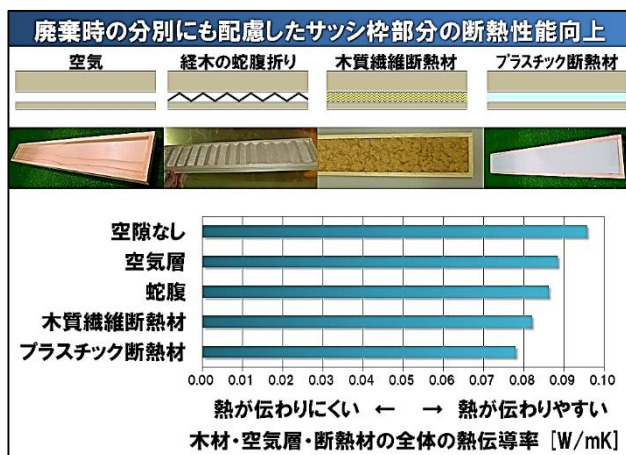
て空気層とし、少しでも断熱性能を稼ぐための改良を行いました。

### ■サッシ枠の断熱強化

サッシ部分の高断熱化の手法ですが、とくにヨーロッパの事例などを見ますと色々な手法があります。大別すると、一つは木材と樹脂断熱材などの異なる素材を組み合わせたハイブリッド化、もう一つは空気層をたくさん作る方法です。ただし、ハイブリッド化については、窓を使っている間は良いですが、将来廃棄するときの分別のことを考えますと、金属の部分は有価材ですので剥がすだろうと思いますが、樹脂と木を接着した場合は、分別のハードルはかなり高いだろうなと思います。現状でもガラスのリサイクル率の向上が課題となっている段階ですので、今以上に分別のハードルを上げるのは避けるという意図で、先ほどの改良事例では、異種素材を接着するのは止めて、先ほどのような空気層を設ける手段を選択しています。

### ■環境への配慮と断熱性能向上

その空気層の効果を見るための実験をしてみました。図10は木材と木材の間に空気層がある断面ですが、そこにただの空気ではなくものを詰めてみよう、そのものは樹脂断熱材ではなく、木材でできた何かであれば、解体の時に困らないだろうと考え、一つは経木を蛇腹の形に折って封入した場合、二つめは木材から作った繊維系の断熱材を封入してみた場合、さらに比較対象として樹脂断熱材を詰めた場合を設定し、熱伝導率を測定しました。空隙なしというのは無垢の木材の場合で、それと比較してさすがに樹脂断熱材は断熱効果が大きかったのですが、



【 図10 】

それ以外のものでもかなり肉薄した性能が得られるという結果になりました。

### ■カラマツ集成材を使ったサッシ

先ほどのサッシの改良事例ですが、検討する上での着目点が、これまでに申し上げた以外にもいくつかあります。まず、北海道産の木材を何とか使うこと。私どもが使用したのはカラマツの集成材ですが、今後しばらく北海道の山からカラマツが産出されるだろうということを林産試験場から聞きまして、カラマツの集成材を使ったサッシをベースに改良を進めることにしました。カラマツは密度が高く、強度も高いというメリットがあるのですが、その分熱伝導率が比較的高い樹種ですので、サッシに使う場合には断熱性能の面で不利になるということで、そこを克服するために先ほどの空気層を設ける手段を取り入れたということです。

### ■窓の地域生産

さらに、住宅を建てた時に少しでも地元にお金が落ちるように地域生産性のことを考えました。窓の地域生産に関連することですが、日本は南北に長い国土ですので、北海道とそれ以外の地域でずいぶんと気候が違ってしまいます。先ほどの暖房負荷の計算例でも断熱性能と日射熱取得率の効果が大きいと言いましたが、当然のことながら南の地域では、日射熱を取り入れたら冷房負荷が増えますので、当然そういったアプローチには全然ならない。私自身が例えば沖縄のために窓を作れと言われたら、先ほどのような改良は行わずに全然違った窓を作りたいと思います。そういった気候特性を反映した窓を作れるというのが地域生産のメリットと思っています。

### ■木製サッシの魅力

話が変わりますが、木製サッシの魅力ってなんだろうかと考えてみました。樹脂サッシに比べるとどうしても単価が高い。ということは何らかの樹脂サッシや金属サッシにはない魅力が、売っていくためには必要不可欠で、どこにそういった魅力があるんだろうと考えました。一つは先ほど石井さんのお話にもありましたが、意匠というのは外せないだろうと思います。ただ、従来であれば、国内に限っての話ですが、木製サッシは断熱性能が高いというのもユーザーにとっては一つの大きな魅力だったろうと思います。断熱性能だけを取り出しますと、ここ数年、樹脂サッシ各社で熱貫流率 $1 \text{ w/m}^2 \cdot \text{K}$ を切るような製品を出し始めていて、従来のような「木製サッシは断熱性能が高い」というような優位性はなくなりつつあると思います。今回、先ほどのような改良を加えることによって、もう少し断熱性能を上げる、それと意匠によって少しでも魅力を維持していきたいと考えています。

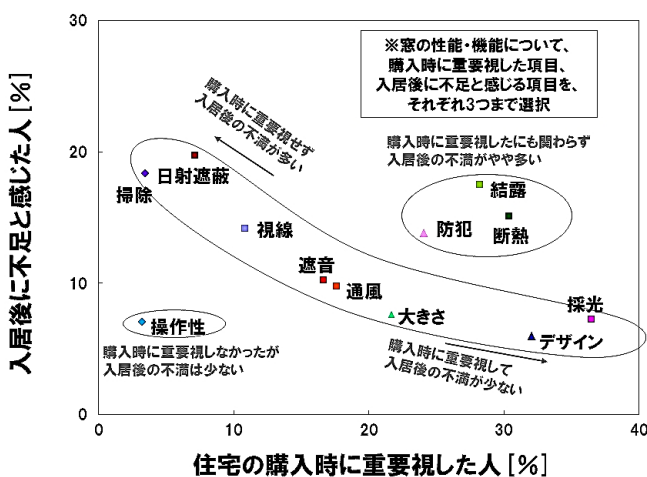
ただ、もう一つ考えなくてはいけない点があります。ハウスメーカーさんや工務店さんで、木製サッシを今現在あまり使いたくないという方にあえて聞いてみたところ、「躯体と窓との間からの漏水がとても怖い」ということを複数の方からお聞きしました。これは躯体への納まりが半外付けの樹脂サッシと比べて、内付けの木製サッシの弱点と言えます。もちろん、木製サッシのメリットとして、物件毎に異なる躯体納まりに対応する柔軟性は魅力ですが、一方でこういう風な納まり、施工をすれば水密性能の面で信頼が保てるという資料をあらかじめ準備しておくことも重要と思います。

検討中のものですので、配布資料には含めておりませんが、今私どもの方で考えていることをご紹介しますと思います。サッシの上下左右の外枠に屋外側から木材をかぶせています。この納まりで目指しているのは、シールが切れても雨水が侵入しないことです。シールで保っている収まりですと、いずれシールが切れると水が入ってきてしまいます。そのため、シールがない状態でも水密性能を確保できないかと試みました。実験してみると水密のW-4相当の性能をクリアしました。ただ、それだけだと樹脂で当然保てる水密性能をクリアしただけですので、もう一つ内付けであるということを手返にとり、メリットにつなげられないかと考えています。具体的には窓を改修するとき室内側に取り外せるように

できないか。現状案では、下端にある水切りが引っ掛かるため、もう少し工夫が必要ですが、内付けであることで将来の改修を容易にできるようにする。半外付けの場合は窓周辺の外装の部分にも手を出さないと窓の改修ができないことから、樹脂、半外付けの納まりにはないメリットと魅力につなげることはできないかと考えています。

### ■ユーザーのニーズ

図11は一般の住宅に住まわれているユーザーに対するアンケートの結果になります。横軸は新築住宅を買う時に、窓についてどんなことを重要視しましたかという質問の結果を示します。断熱性能と答えた方もかなりいらっしゃったのですが、一番多かったのが採光です。



【 図11 】

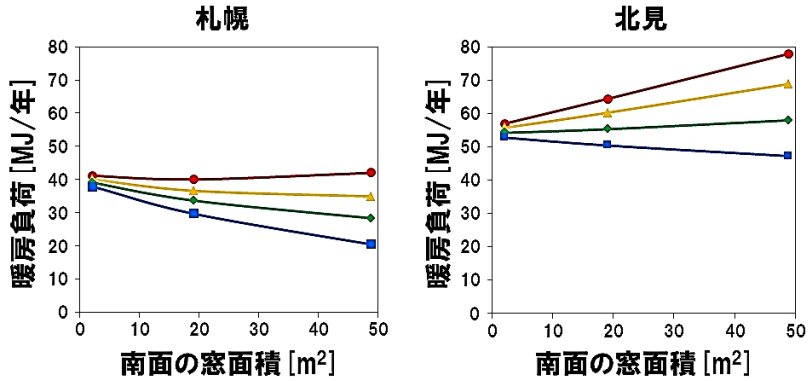
### ■窓の性能とデザイン

この採光ですが実は、断熱などの熱性能と全然無関係という訳ではありません(図12)。北見で熱貫流率 $2.33 \text{ w/m}^2 \cdot \text{K}$ の場合、窓面積を大きくしていきますと暖房負荷が増えます。しかし、 $0.8 \text{ w/m}^2 \cdot \text{K}$ くらいの熱貫流率の場合、窓を大きくすると熱損失は増えますが、日射の取得量が増えますのでトータルとして暖房負荷が少し下がり気味になります。コストの面は置いておいて、どのくらいの窓面積を設置して光を取り入れるかというファサードのデザインをする時に窓の熱性能の向上は、デザインの自由度の向上にもつながります。

色々な建物を見ますと(図13)、窓がファサードの主役のような建物が多く見られます。魅力的な窓を作るということは、魅力的な住宅などの建物を作

っていくことにつながっていると思います。ご清聴ありがとうございました。

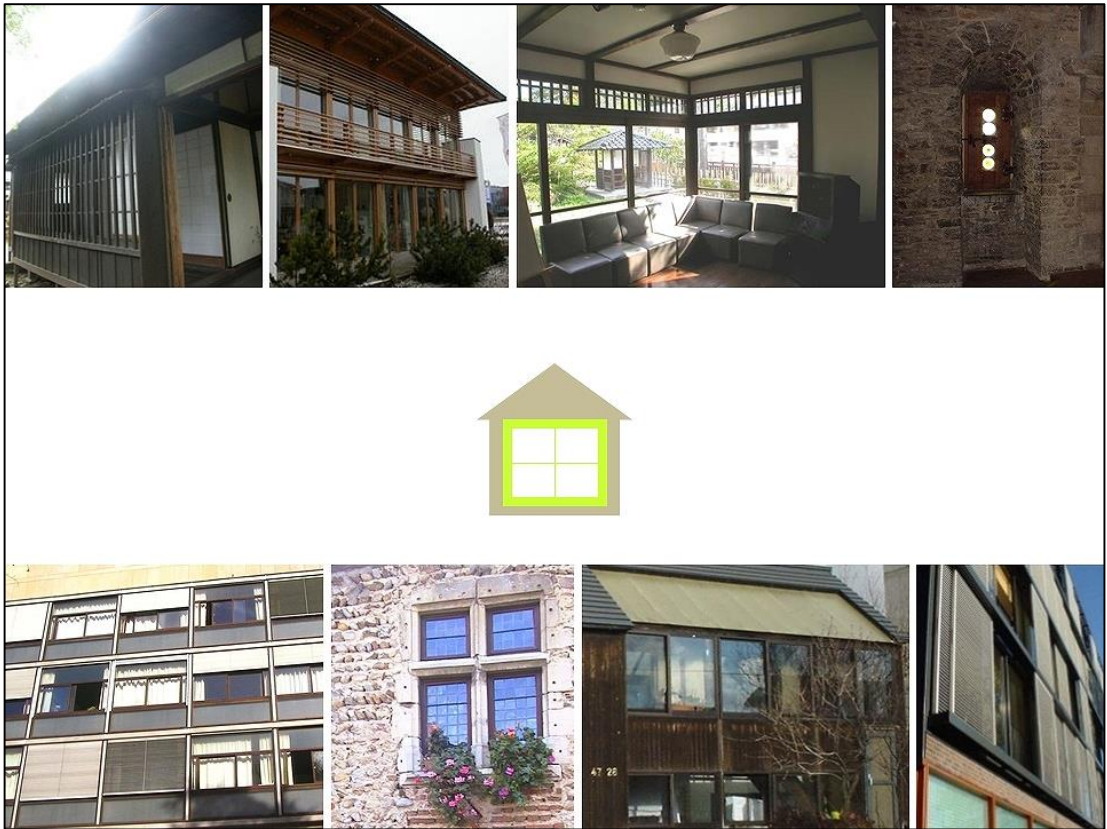
**窓の熱性能のファサードデザイン(窓面積)の自由度への貢献**



Uw:窓の熱貫流率      ◀Uw2.33 ηw0.41      ▶Uw1.9 ηw0.41  
 ηw:窓の日射熱取得率      ▶Uw1.3 ηw0.36      ▶Uw0.8 ηw0.36

計算条件      ・延床面積136.08m<sup>2</sup>      ・窓以外の外皮の断熱の仕様      ・機械換気 全館0.5回/日 第3種  
 ・窓面積23.95m<sup>2</sup>      ・外壁HGW16K\_200mm 基礎XPS3b\_100mm      ・設定室温 全館20℃一定  
 ・天井GWフロー\_300mm

【 図12 】



【 図13 】

(文責 窪田純一)