

住宅における日射遮蔽及び日射取得性能の 評価指標の開発

三浦 尚志¹

¹国土技術政策総合研究所 住宅研究部 住環境計画研究室 (〒305-0802 茨城県つくば市立原1)

住宅の暖房エネルギー消費量の削減には、住宅の断熱性能と日射取得性能の向上が必須である一方、冷房エネルギー消費量の削減には、日射遮蔽性能が重要となる。住宅の省エネを目的として、昭和55年以降これまで省エネルギー基準が施行されているが、同基準ではこれまで断熱性能と日射遮蔽性能のみ評価されている。近年、日射取得が暖房負荷に与える影響が大きいことがシミュレーション等により明らかとなってきたため、平成25年の基準改正にあたり、日射取得性能を新たに基準の評価指標とした。本発表では、「日射取得性能」の指標の概要及びこの指標導入が与える利点について説明する。

日射取得性能 日射遮蔽性能 住宅 省エネルギー基準 暖房負荷

1. はじめに

住宅におけるエネルギー消費量の削減は社会的に喫緊の課題であり、1970年代の2回にわたるオイルショックをきっかけとし、昭和55年に住宅の省エネルギー基準¹⁾²⁾が施工され、その後、平成4年と平成11年に満たすべき省エネルギー性能の基準値が強化されてきた。

住宅におけるエネルギー消費量のうち約4分の1程度が暖冷房用途に使用されているといわれている³⁾⁴⁾。暖冷房のエネルギー消費量を削減するには、高効率暖冷房設備の導入と、住宅外皮の断熱性能及び冬期の日射取得性能、夏期の日射遮蔽性能の向上などによる暖冷房負荷削減が効果的である。

これまでの省エネルギー基準においては、後者の暖冷房負荷の削減に主眼が置かれており、一定の断熱性能及び夏期の日射遮蔽性能の確保が求められてきた。この背景として、省エネに加え、断熱性能の確保は、冬期の暖房負荷削減と暖かい室内環境の維持を目的とし、夏期の日射遮蔽性能の確保は、夏期の冷房負荷削減と冷涼な室内環境の維持を目的としていることがある。

本年（平成25年）、省エネルギー基準が改正されることとなり、改めて暖冷房負荷削減のための外皮に関する省エネルギー手法について整理することとなった。近年のシミュレーション技術の発展等により、これまでの省エネルギー基準で評価されてきた断熱性能及び夏期の日射遮蔽性能に加え、冬期の日射取得性能が重要であることが確認されたため、改正省エネルギー基準においては、

新たに冬期の日射取得性能を表す評価指標を作成した（図-1）。本報では、指標の定義及び改良点、新しく指標を導入することによる効果等について報告する。

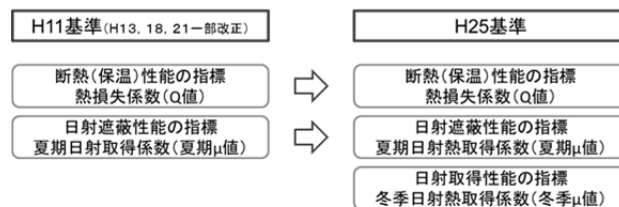


図-1 省エネルギー基準改正に伴う日射の指標の扱い

2. 断熱性能と夏期日射遮蔽性能の評価指標

改正前の省エネルギー基準は、前述したように、冬暖かく、夏涼しい住宅を設計すること、あるいはそのために暖冷房負荷を削減する設計をすることに主眼が置かれていた。

同基準では、暖かい住宅の実現に不可欠な断熱性能を表す指標として、床面積あたりの熱損失係数(Q値)という指標が定義されている。Q値は、室内外の温度差が仮に1度であった場合の熱損失量を表しており（図-2左図）、この値が小さいほど保温性能あるいは断熱性能が良いということになる。計算式を式(1)に表す。

$$Q = \frac{\sum U_i A_i H_i + 0.35nB}{S} \quad (1)$$

- Q : 熱損失係数 (W/m²K)
 U_i : 外皮の部位*i*の熱損失係数 (W/m²K)
 A_i : 外皮の部位*i*の面積 (m²)
 H_i : 外皮の部位*i*の温度差係数 (-)
 n : 換気回数 (回/h)
 B : 住宅の気積 (m³)
 S : 住宅の床面積の合計 (m²)

一方、後者の夏涼しい住宅を実現するには、夏期、日射由来で室内に流入する熱をどの程度削減できるのか、つまり日射遮蔽性能の確保が重要であり、夏季日射取得係数 (μ 値) という指標で表される。 μ 値は、室内外の温度差が無く水平面全天日射量が 1W/m² の時に室内に入ってくる熱の大きさを表しており (図-2 右図)、この値が小さいほど日射による室温上昇あるいは冷房負荷の増大が小さいということになる。計算式を式(2)に表す。

$$\mu = \frac{\sum \eta_i A_i v_i}{S} \quad (2)$$

- μ : 夏期日射取得係数 (-)
 η_i : 外皮の部位*i*の夏期日射侵入率 (-)
 A_i : 外皮の部位*i*の面積 (m²)
 v_i : 外皮の部位*i*の方位係数 (-)
 S : 住宅の床面積の合計 (m²)

改正前の省エネルギー基準では、この Q 値や μ 値を基準で定められた一定値以下に設計することが求められており、設計実務者が省エネルギー基準を満たす住宅を設計する場合、ある程度の断熱性能と日射遮蔽性能の確保が求められていた。



図-2 Q 値 (左図) と μ 値 (右図) の考え方

3. 冬期における暖房負荷と熱バランス

従って、冬期に限って言えば、暖房負荷の削減という観点で、断熱性能のみが評価されてきたといえる。

図-3は、冬期の住宅における熱バランスを定常状態を仮定した簡単な計算により算出したものである。一定の室温を保つために壁や床、天井等からの熱損失及び換気による熱損失を補う必要がある一方で、日射により流入

してくる熱 (図では4kW) により、暖房負荷が大幅に削減されていることがわかる。もちろん、日射による熱取得の量は日射量つまり天候 (快晴日か曇天日か等) に依存するが、住宅の外皮性能の1つとして日射取得性能が少なくない影響を持つことが分かる。

図-4は、日射取得性能及び断熱性能を変えた場合の暖房負荷を計算したものである。日射取得性能 (中) 同士で比較すると、断熱性能が平成4年基準相当の場合に比して平成11年超のレベルの暖房負荷は概ね半減していることがわかる。また、断熱性能がH11基準同士で比較すると、日射取得性能 (小) に比して日射取得性能 (大) の場合の暖房負荷は半減していることがわかる。このようなシミュレーション結果からも、断熱性能に加えて日射取得性能が重要であることが理解できる。

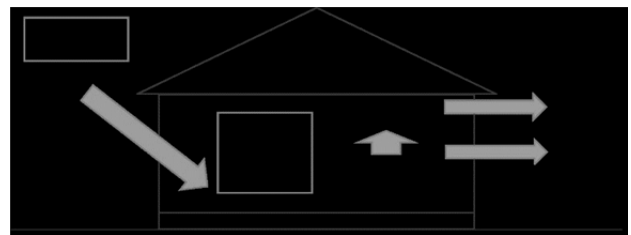
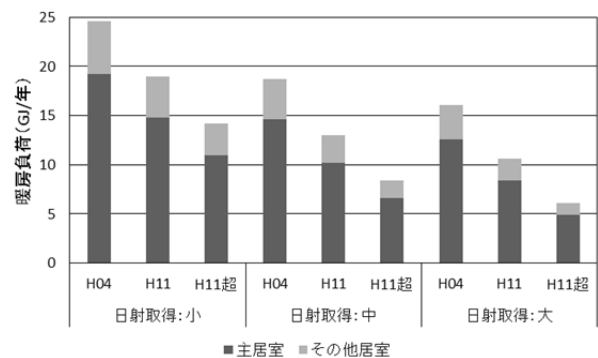


図-3 冬期の住宅の熱バランスの試算例

(住宅プラン：自立循環型住宅プラン/外気温度0°C、室内温度20°C、日射量500W/m²で試算/Q値：27 (次世代省エネ基準相当))



日射取得性能：
 大：付属部材なし
 中：レースカーテン (和室のみ障子)
 小：レースカーテン (和室のみ障子) + 外付けブラインド
 断熱性能：
 H4 : 平成4年省エネルギー基準相当の断熱レベル (Q値4.2)
 H11 : 平成11年省エネルギー基準相当の断熱レベル (Q値2.7)
 H11超：平成20年住宅事業建築主の判断基準の断熱レベル (オ) 相当の断熱レベル (Q値1.9)

図-4 日射取得性能が暖房負荷に与える影響

(モデル：自立循環型住宅プランで試算/

地域：6地域/シミュレーションソフト：SIM-Heat

主たる居室はLDK等の居室を言う)

4. 日射取得性能の指標の作成

(1) 従来の基準における夏期日射取得係数の定義

従来の省エネルギー基準における日射遮蔽性能は「夏期日射取得係数」と呼ばれる。

夏期日射取得係数の定義は、夏期冷房期間において、建物による遮蔽がないと仮定した場合に取得できる日射量に対する実際に建物内部で取得される日射量の比であり、

$$\mu_s = \frac{I^T}{J^T S} \quad (3)$$

として表される。ここで、

I^T : 夏期（ここでは夏期の冷房期間を期間 T として表した）に建物内部で取得される日射熱量（J）

J^T : 建物による遮蔽がないと仮定した場合に夏期に取得できる 1m^2 当たりの日射量（ J/m^2 ）

S : 住宅の床面積の合計（ m^2 ）

である。建物内部で取得される日射熱量は、直達日射成分及び天空放射成分、地表反射成分由来のものに分離することができ、

$$\begin{aligned} I^T &= \sum_t^T (I_t) \\ &= \sum_t^T \left\{ \sum_i (A_i \eta_{D,i} f d_{i,t} v d_{i,t}) J d_t \right. \\ &\quad + \sum_i (A_i \eta_{D,i} f s_{i,t} v s_{i,t}) J s_t \\ &\quad \left. + \sum_i (A_i \eta_{D,i} f r_{i,t} v r_{i,t}) J r_t \right\} \end{aligned} \quad (4)$$

として表される。ここで、

I_t : 時刻 t において建物内部で取得される日射熱量（J）

$\eta_{D,i}$: 外皮の部位 i の日射熱取得率

$f d_{i,t}$: 時刻 t における外皮の部位 i の取得日射量補正係数（直達成分）

$f s_{i,t}$: 時刻 t における外皮の部位 i の取得日射量補正係数（天空放射成分）

$f r_{i,t}$: 時刻 t における外皮の部位 i の取得日射量補正係数（地表面反射成分）

$v d_{i,t}$: 時刻 t における外皮の部位 i の方位係数（直達成分）

$v s_{i,t}$: 時刻 t における外皮の部位 i の方位係数（天空放射成分）

$v r_{i,t}$: 時刻 t における外皮の部位 i の方位係数（地表面反射成分）

$J d_t$: 時刻 t における水平面直達日射量（ $\text{J}/\text{m}^2\text{h}$ ）

$J s_t$: 時刻 t における水平面天空放射（ $\text{J}/\text{m}^2\text{h}$ ）

$J r_t$: 時刻 t における水平面地表面反射（ $\text{J}/\text{m}^2\text{h}$ ）

である。

外皮の部位の日射熱取得率 η_D とは、日射が鉛直方向に入射した時に透過及び吸収後室内側に再放熱することで取得される熱量のことであり、壁等の不透明部位の場合は、熱貫流率に 0.034 を乗じることで近似的に求まり、窓等の透明部位の場合は、JIS 等の試験及び計算によって定まる部材特有の値である。

また、外皮の部位の取得日射量補正係数 f とは、庇等の日除けにより日射熱取得量が減少する割合を表しており、庇の形状や日除け部材等の仕様に依存する。方位係数 v は水平面に照射する日射量に比してある方位に面した外皮面に照射する日射量の比を表しており、部位が面する方位角及び仰角のみによって定まる値である。外皮の部位の取得日射量補正係数及び方位係数とも、太陽高度など、日射が入射する角度に依存するため一定値ではなく、時刻ごとに変化する値であり、直達成分、天空放射成分、地表面反射成分ごとに定義される。

暖房期又は冷房期において取得される日射量の合計を計算するには、上式に基づいて時々刻々と計算し積算することになるが、コンピューターシミュレーションを行うのであればともかく手計算でできるようにするためにはこの計算はあまりにも煩雑であるため、上式を変形し取得日射量補正係数や方位係数の期間平均値のようなものをあらかじめ求めることとする。式(3)を以下のように変形する。

$$\begin{aligned} I^T &= \sum_t^T (I_t) \\ &= \sum_t^T \left\{ \sum_i (A_i \eta_{D,i} f d_{i,t} v d_{i,t}) J d_t \right. \\ &\quad + \sum_i (A_i \eta_{D,i} f s_{i,t} v s_{i,t}) J s_t \\ &\quad \left. + \sum_i (A_i \eta_{D,i} f r_{i,t} v r_{i,t}) J r_t \right\} \\ &= \sum_i \left\{ A_i \eta_{D,i} \sum_t^T (f d_{i,t} v d_{i,t} J d_t \right. \\ &\quad \left. + f s_{i,t} v s_{i,t} J s_t + f r_{i,t} v r_{i,t} J r_t) \right\} \\ &= \sum_i (A_i \eta_{D,i} f_i^T v_i^T) J^T \end{aligned} \quad (5)$$

ここで、改めて期間平均の方位係数及び取得日射量補正係数を、

$$J^T \equiv \sum_t (Jd_t + Js_t + Jr_t) \quad (6)$$

$$v_i^T \equiv \frac{\sum_t (Jd_{i,t} + Js_{i,t} + Jr_{i,t})}{\sum_t (Jd_t + Js_t + Jr_t)} \quad (7)$$

$$f_i^T \equiv \sum_t (fd_{i,t}vd_{i,t}Jd_t + fs_{i,t}vs_{i,t}Js_t + fr_{i,t}vr_{i,t}Jr_t) / \sum_t (Jd_{i,t} + Js_{i,t} + Jr_{i,t}) \quad (8)$$

と定義する。従って、夏期日射取得係数は、式(5)を式(3)に代入し、

$$\mu_s = \frac{\sum_i (A_i \eta_{D,i} f_i^T v_i^T)}{S} \quad (9)$$

となる。

ある地域において時刻別の日射量が既知であり、期間 T を定義すれば、方位係数 v は部位 i の面する方位のみによって定まる値であり、取得日射量補正係数 f は部位 i の面する方位及び庇等の形状ごとに定まる値である。方位係数と取得日射量補正係数との積の形になるように定義したのは、壁や屋根といった不透明部位の取得日射量補正係数はオーバーハング型日除け等の影響を考慮せず、部材表面の日射吸収率の角度特性の違いを考慮しなければ 1.0 とおくことができ、指標として使いやすいためである。方位係数 v 及び取得日射量補正係数 f は、コンピューターシミュレーション等を用いて計算しないと算出できない値であるが、これらの係数をあらかじめ数表として整理しておけば、以降、特定の住宅の日射取得性能を手計算や簡単な表計算ソフト等で求めることができる。

(2) 開口部の入射角特性を考慮した式の改良

外皮の部位の取得日射量補正係数 f とは、庇等の日よけにより日射熱取得量が減少する割合を表しており、庇の計上や日除け部材等の仕様に依存することは前述したが、ガラスの入射角特性については考慮されていなかった。一般的に、ガラスは図-5に示すように、太陽光の入射角度によって入射及び反射（・吸収）する割合が変わる。今回の基準改正については、この入射角の影響を考慮することとした。そのため、式(3)で定義される μ 値は、従来の計算方法より小さく算出されることになる。従来の基準における μ 値の運用との混乱を避けるため、今回の基準改正においては、名称を「夏期日射取得係数」から「冷房期の日射熱取得率」へと変更した。

従来では開口部の性能は、日射が鉛直方向に入射した時に取得される熱量である日射熱取得率 η_D のみ関係していたが、これからは入射角特性が考慮されることにより、例えば図-6のような、日射の入射角度によって日射の取得量が大きく異なるようなルーバー等の形状を評価

できるようになる。

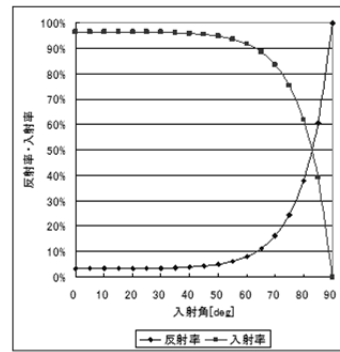


図-5 単板ガラスにおける入射率と反射率の入射角特性

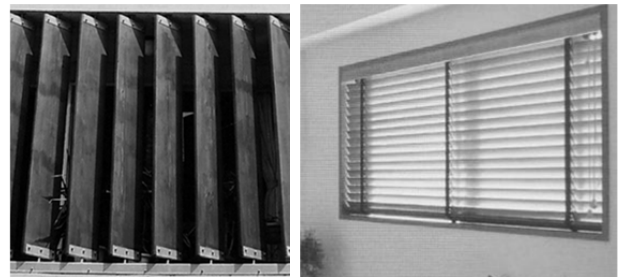


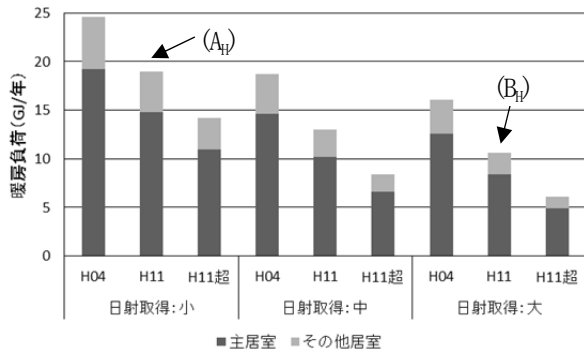
図-6 縦ルーバーと横ルーバー（ブラインド）

(3) 暖房期及び冷房期日射熱取得率

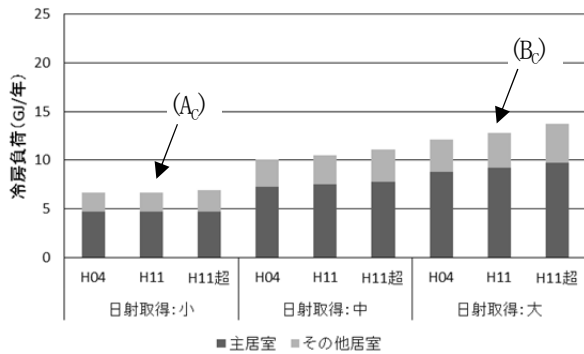
方位係数 v 及び取得日射量補正係数 f は式(7)及び(8)により定義される。従来は夏期の日射遮蔽性能を評価するために、夏期日射取得係数のみ定義されていたが、式中の期間 T を暖房期と冷房期それぞれで係数を定義して、暖房期及び冷房期日射熱取得率を定義した。

図-7は日射取得性能が暖冷房負荷に与える影響を示したものである。計算の与条件は図-4に示した条件と同じである。Low-Eガラスの採用やブラインドを設置する等、日射取得性能が小さい場合、暖房負荷は大きい（ケース A_H ）、冷房負荷（ケース A_C ）は小さくなる。一方で、日射取得性能が大きい場合、暖房負荷は小さい（ケース B_H ）一方で冷房負荷（ケース B_C ）は大きくなる。

従って、暖房負荷と冷房負荷をともに削減するためには、暖房期はなるべく日射取得性能を大きくし、冷房期はなるべく日射取得性能を小さくしなければならない。このような、期間に応じて日射取得性能を可変できる手法は、図-8に示すように、すだれやオーニング、緑のカーテン等の利用、広葉樹の植樹などが挙げられる。これまでの省エネルギー基準では、日射遮蔽性能のみ評価されていたため、このような夏期と冬期で外皮性能を変更する省エネルギー手法は評価されてこなかったが、今回の改正によりこのような取り組みが基準で評価される枠組みが整ったといえる。



(a)暖房負荷



(b)冷房負荷

図-7 日照取得性能が暖冷房負荷に与える影響

5. まとめと今後の課題

本報では、省エネルギー基準の改定に伴い、これまで日射遮蔽性能のみ評価されてきた基準に日射取得性能を評価できるように指標を追加したことを示した。これにより、暖房期と冷房期で日射取得性能を可変するような計画的な省エネルギー手法が評価できるようになることを述べた。また、従来は開口部のガラス及び付属部材の日射の入射角特性を考慮できなかった指標を改良し、それぞれ「暖房期日射取得率」及び「冷房期日射取得率」として定義したことを示した。これにより、ブラインドやルーバー等、日射の入射角特性に入射率が大きく依存する部材も適切に評価できるようになることを述べた。

一方で、日射を遮蔽する手法は、すだれやオーニングの採用、ブラインドやルーバー、植樹、あるいは沖縄地域独特の計画的な手法である花ブロック等、非常に多くのバリエーションがある。今回の指標の改善で、これらの省エネルギー手法が評価される枠組みが整ったといえるが、これらの技術を定量的に評価するためには、その遮蔽性能を表す取得日射量補正係数 f を、実験やシミュレーション等を用いて整備する必要がある。

参考文献

- 1) 経済産業省・国土交通省告示, 住宅に係るエネルギーの使用の合理化に関する建築主等及び特定建築物の所有者の判断の基準
- 2) 国土交通省告示, 住宅に係るエネルギーの使用の合理化に関する設計、施工及び維持保全の指針
- 3) 国土技術政策総合研究所, 建築研究所監修, 一般財団法人 建築環境・省エネルギー機構: 自立循環型住宅への設計ガイドライン温暖地版
- 4) 住宅・建築物判断基準小委員会及び省エネルギー判断基準等小委員会合同会議配付資料, 2012.08.21

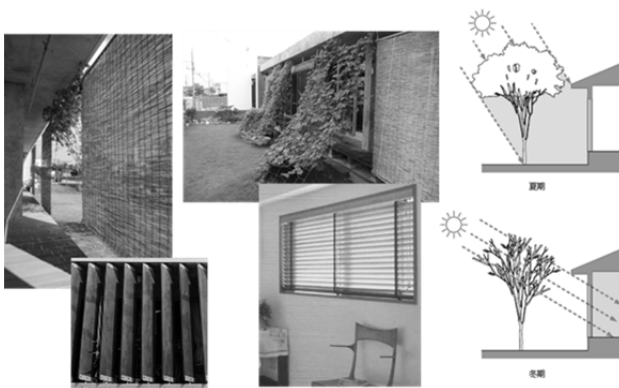


図-8 日照取得性能を可変できる手法

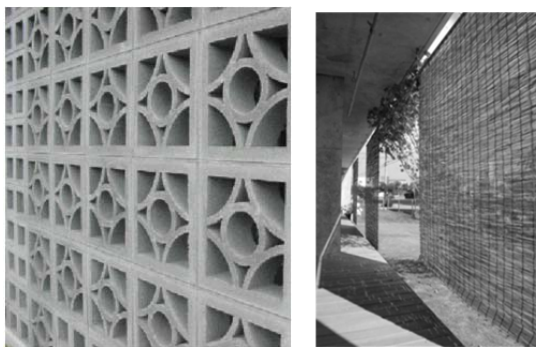


図-9 花ブロックとすだれ