

〈解説〉

## 空調効果を最大限に活かす断熱材

建材事業本部 技術開発部

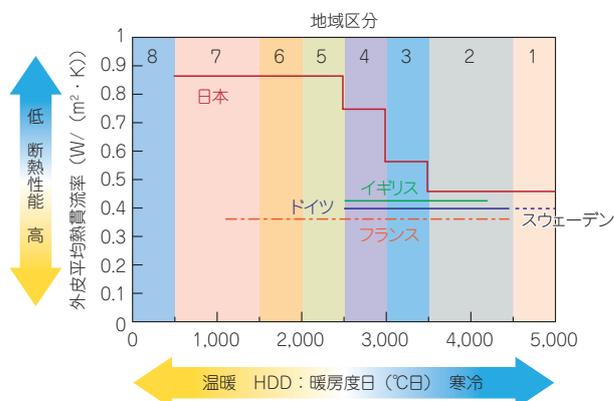
### 1. はじめに

わが国は2度にわたる石油危機に直面し経済的に大きな影響を受けたことから、「内外のエネルギーをめぐる経済的社会的環境に応じた燃料資源の有効な利用の確保」と「工場・事業場、輸送、建築物、機械器具についてのエネルギーの使用の合理化を総合的に進めるための必要な措置を講ずる」ことなどを目的に1979年に省エネ法が制定・施行された。その結果、産業部門は省エネルギー技術の進展などにより省エネ化が推進し1990年以降横ばいか減少傾向にある。その一方で、住宅・非住宅部門では1990年比で約34%増となっており、エネルギー消費量は、住宅・非住宅部門が全体の3割以上を占るに至り、対策の強化が求められている。

住宅の省エネ基準は、省エネ法と連動して1980年に制定され、1992年、1999年に社会背景や住宅技術等の発展に合わせ、改正・強化された。改正のたびに主として断熱性能を引き上げることで、より省エネ対策を強化し、その普及を図るために最新の研究成果などを反映しながら評価方法、例示仕様の拡大などが行われてきた。

こうした中で2013年にはこれまで外皮の断熱性能を中心に評価していた基準に、一次エネルギー消費量の評価が加わった新しい省エネ基準(平成25年基準)に改正された。

図1はヨーロッパ4カ国の住宅の外皮性能(外皮平均熱貫流率)と暖房に要する熱量を示す指数(暖房度日)の関係を日本の平成25年基準と



出典) HEAT20 設計ガイドブック作成 WG:HEAT20 設計ガイドブック, 建築技術, p133 (2015)

図1 暖房度日と外皮性能の関係  
(地域区分は平成25年度省エネ基準による)

比較したものである。

温暖な地域や冬季の日射量の違いのため断熱水準の差が大きい部分もあり、単純な比較は難しいが、寒冷地における断熱水準はヨーロッパ各国の水準に近くなってきていることが分かる。

建築物の省エネ化はこれまでその規模によって段階的に省エネ措置の届出が義務化されてきたが、規模の小さい住宅についても今後2020年をめどに平成25年基準適合の義務化の方針が出されている。

住宅の省エネ化を図るには、下記3点が重要である<sup>1)</sup>。

- ①外壁・床・天井などの住宅外皮と開口部の断熱性能を高め、開口部は冷房期の日射遮蔽と暖房期の日射取得性能のバランスの取れた計画とすること。

- ②暖冷房・給湯・照明，換気等の設備機器の高効率化を図り，その住宅で必要とする負荷に応じた適切な容量の設備機器を選択すること。
- ③節約や我慢で省エネルギー化を図るのではなく，これまでの暮らし方・住まい方を大きく変えずに，また，住まい手に過度なコスト負担を求めず，心地よく，住宅も居住者も健やかに暮らすことができること。

以上3点を満たすことで，住宅の資産価値を維持し居住者が健康に過ごすことが出来るだけでなく，省エネ化によって持続可能な社会の構築にも貢献することができる。

本稿では住宅の高断熱化による体感温度への影響，結露防止，健康への影響について説明した後，高断熱化による空調の省エネ化と全館空調の可能性について解説する。

## 2. 断熱効果

住宅の高断熱化による効果の一つとして体感温度への影響がある。人間の体感温度は，室温(空気温)と空間を構成する壁，床，天井，開口部の表面温度(放射)と対流(すき間風など)に影響される<sup>2)</sup>。一般的に体感温度は室温と内装材表面温度の平均で表され，室温が20℃に保たれていても断熱が不十分で壁などの表面温度が10℃であれば，体感温度は平均値の15℃となる。この場合体感温度を20℃に保つには室温を30℃

に保たなければならず，暖房エネルギーを多く必要とすることになる。ここで住宅外皮の高断熱化を図り熱損失を減少させると，内装材の表面温度が室温に近づくこととなり，少ない暖房エネルギーで体感温度を上昇させることになる。また，断熱強化は開口部からの日射，家電製品から排熱，人体発熱などの内部発熱も有効に活用できることになるため，総合的に年間暖冷房エネルギー消費量の削減に繋がる。表1に国土交通省にて行った断熱水準による年間暖冷房費および年間暖冷房エネルギー消費量の試算結果を示す<sup>3)</sup>。断熱材のっていない昭和55年以前の住宅と平成11年基準相当(≒平成25年基準相当)の熱損失係数 $Q = 2.7$ の住宅で比較すると，年間暖冷房エネルギー消費量は約40%まで削減することができ，年間の暖冷房費では約8万円の効果が期待できる。

## 3. 結露防止と健康確保

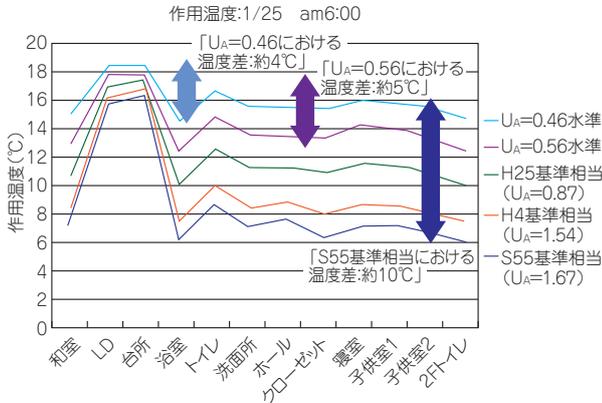
暖房期における室内の結露を防止するには，室内温度が終日10℃以下にならないことが最低ラインとされている<sup>4)</sup>。日本では広く部分間欠暖房が採用されているが，暖房室での洗濯物の部屋干しや炊事，観葉植物からの水蒸気の発生などにより，非暖房室での表面結露が問題となる。暖房室が20℃50%RHである場合，露点温度は約9℃でありこの温度を下回ると結露が発生する。特に気流の起こりにくい家具の裏側や押入れでは結露が発生しやすく，カビの発生による健康

表1 省エネルギー基準ごとの断熱仕様と年間暖冷房エネルギー消費量の比較

		昭和55年以前	昭和55年基準	平成4年基準	平成25年基準
性能基準	熱損失係数:Q (外皮熱貫流率:U <sub>A</sub> )	—	5.2 (1.80) W/(m <sup>2</sup> K)以下	4.2 (1.43) W/(m <sup>2</sup> K)以下	2.7 (0.87) W/(m <sup>2</sup> K)以下
仕様基準	断熱材(外壁)	なし	ロックウール25mm	ロックウール50mm	ロックウール90mm
	断熱材(天井)	なし	ロックウール35mm	ロックウール75mm	ロックウール155mm
	開口部(窓)	アルミサッシ +単板	アルミサッシ +単板	アルミサッシ +単板	アルミ二重サッシ またはアルミサッシ +複層ガラス
年間暖冷房費		約133,000円/年	約92,000円/年	約75,000円/年	約52,000円/年
年間暖冷房エネルギー消費量		約56GJ	約39GJ	約32GJ	約22GJ

被害を引き起こすだけでなく、住宅の資産価値を落とす原因にもつながる。したがって断熱強化は結露に対しても有効な対策となる。

図2は、最寒期（1月）の暖房開始直後の朝6時の暖房室（LD、台所）と非暖房室（LD、台所以外）の断熱水準の違いによる作用温度の違いを示したものである。昭和55年基準相当の断熱性能（ $U_A = 1.67$ ）では暖房室でも16℃程度にしかならず、暖房室と非暖房室の温度差は約10℃にもなる。平成25年基準相当の断熱性能（ $U_A = 0.87$ ）では最も室温が低くなる非暖房室の温度が約10℃となり、結露防止の最低ラインを満たす。さらに平成25年基準を上回る $U_A = 0.56$ まで断熱性能を上げると暖房室と非暖房室の温度差は約5℃まで小さくすることができる。断熱性能の向上による温度差の縮小は、結露防止だけでなく、室内の急激な温度差によって血圧の変動が生じて身体に負担のかかる、いわゆるヒートショックや低温がもたらすさまざまな健康障害<sup>5)</sup>を防ぐことができる。



出典) HEAT20 設計ガイドブック作成 WG:HEAT20 設計ガイドブック, 建築技術, p27 (2015) より一部加筆

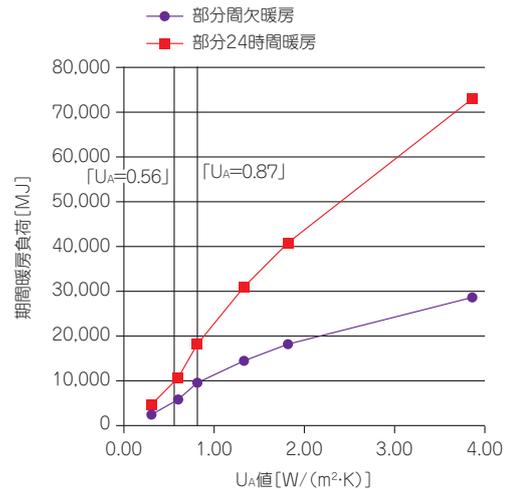
図2 最寒期早期における断熱水準と暖房室・非暖房室の温度差の関係

#### 4. 高断熱化による空調設備の低容量化

住宅の高断熱化によるコスト面での効果として、体感温度の上昇によるランニングコストの低減だけでなく、暖房機器の低容量化によるインシヤルコストの低減がある。図3に断熱水準の違いと期間暖房負荷の関係を示す。

まず断熱水準が高くなる（ $U_A$ 値が低くなる）と

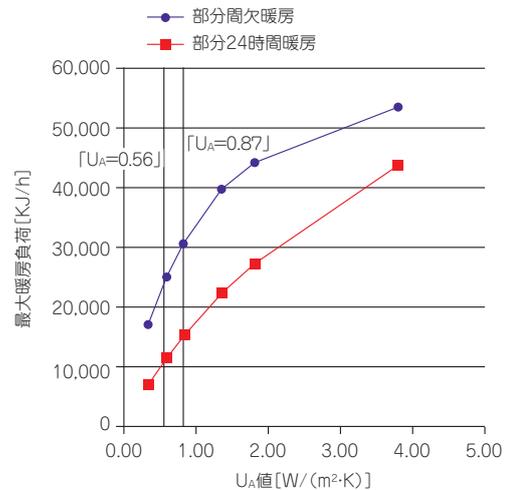
期間暖房負荷は大幅に小さくなる事が分かる。部分間欠暖房と部分24時間暖房の負荷を比較すると、断熱水準が高くなるに従いその差は小さくなる事が分かる。ここで平成25年基準（ $U_A = 0.87$ ）レベルの住宅での部分間欠暖房における期間暖房負荷は、 $U_A = 0.56$ レベルの住宅での部分24時間暖房における期間暖房負荷に相当し、同じ負荷で部分24時間暖房が可能になることを示している。



出典) HEAT20 設計ガイドブック作成 WG:HEAT20 設計ガイドブック, 建築技術, p137 (2015) より一部加筆

図3 期間暖房負荷

次に、断熱水準の違いと最大暖房負荷の関係を図4に示す。断熱性能の高い $U_A = 0.56$ レベルの住宅における部分24時間暖房の最大暖房負荷は、平



出典) HEAT20 設計ガイドブック作成 WG:HEAT20 設計ガイドブック, 建築技術, p137 (2015) より一部加筆

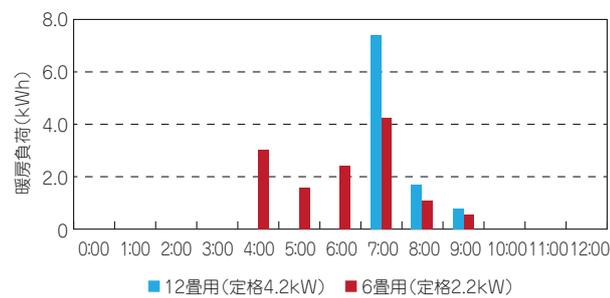
図4 最大暖房負荷

成25年基準 ( $U_A=0.87$ ) レベルの住宅での部分間欠暖房における最大暖房負荷の1/3程度となっている。すなわち高断熱化によって、少ない電力消費量で部分24時間暖房が可能となるだけでなく、暖房器の容量を小さくすることができ、設備機器導入時のイニシャルコストを削減することも可能となる。

### 5. 低容量エアコンによるエネルギー効率の改善

暖冷房をエアコンで行うことを想定すれば、大容量のエアコンはエネルギー効率が悪くなるのが一般的である。容量が同じであれば定格能力付近でエネルギー効率が高くなることから、適切な容量の暖房機器で定格能力付近で長時間運転することで、高いエネルギー効率での空調が可能となる。

図5に平成25年基準を上回る  $U_A=0.56$  の住宅におけるリビングの時刻別暖房負荷を示す。朝7時に設定温度22℃で暖房を入れた場合と、朝4時に設定温度16℃で暖房を入れ、朝7時に設定温度22℃に設定温度を変えた場合をシミュレーションしている。導入するエアコンの容量を最大負荷を考慮して選定すると、前者は12畳用（定格4.2kW）、後者が6畳用（定格2.2kW）となる。定格能力に対する出力負荷の割合から、各時間帯の総消費電力量を求めると、12畳用のエアコンで3.8kWh、6畳用で3.6kWhとなり、6畳用のエアコンを朝4時から使用の方が消費エネルギーが少ない結果となる。



出典) HEAT20 設計ガイドブック作成 WG:HEAT20 設計ガイドブック, 建築技術, p141 (2015)

図5 冬期のリビングの暖房負荷計算例 (1月の1ヶ月間の平均値)

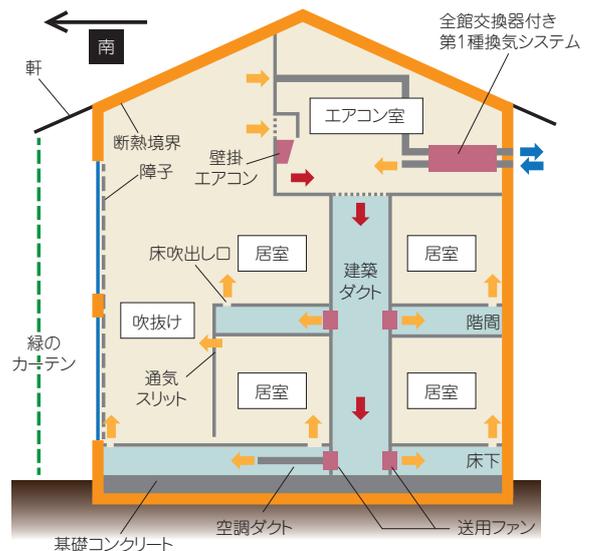
このように、外皮の断熱性能を高めた上で、安定運転時の負荷に応じたエアコンを設置し、

使用する2~3時間前から運転を開始する、もしくは連続運転とすることで、省エネルギー性と温熱環境を両立させることができる。

### 6. エアコン一台での全館暖冷房の可能性

関東以南は部分間欠暖冷房が一般的であるが、暖房室と非暖房室の温度差は、前述の非暖房室での結露だけでなく、ヒートショックによる死亡率の上昇にもつながる。冬季の死亡率に着目すると、関東以南の温暖地よりも寒さの厳しい寒冷地の方が冬季の死亡率が低いことが報告されている。北海道や東北地方の寒冷地では高断熱化が進んでおり、脱衣所やトイレを暖房する習慣もあるため、温暖地よりもむしろヒートショックが起きにくい傾向がある。

こうした温度差を解消する一つの方策として全館暖冷房がある。図6に全館暖冷房を導入した東京都三鷹市の  $Q=1.5$  (平成25年基準寒冷地仕様) の木造2階建て住宅の事例を示す。図に示すように小屋裏にエアコン室を設け、定格出力2.8kWクラスの小型エアコンで暖房時28℃、冷房時22℃の空気をダクトを通じて各室に搬送し全館空調を行うシステムとなっている。空調空気は床下から吹き出され、床下をチャンバー利用することで床表面の温度が上昇し、床下から

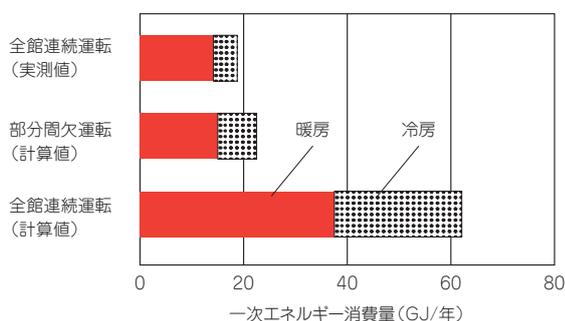


出典) HEAT20 設計ガイドブック作成 WG:HEAT20 設計ガイドブック, 建築技術, p143 (2015)

図6 エアコン1台による全館空調システムの概要

快適になる。各室に供給された空気は小屋裏のエアコン室に戻り、建物内を循環する。

この住宅の空調用の年間一次エネルギー消費量は18.8GJ/年であった。住宅事業建築主の基準における部分間欠空調と全館連続空調の場合の年間一次エネルギー消費量の計算値と比較すると、部分空調とほぼ同じ水準であることがわかる。よって、東京地区でもQ=1.5程度まで断熱性能を高めると、部分間欠空調と同等のコストで全館連続空調が可能となる(図7)。



出典) HEAT20 設計ガイドブック作成 WG:HEAT20 設計ガイドブック, 建築技術, p143 (2015)

図7 実測値と住宅事業主基準算定値の比較

## 7. おわりに

ここまで述べたように、住宅の高断熱化は、空調効果を高めるのみでなく、結露防止による資産価値の維持、設備のインシヤルコスト低減、節電効果によるランニングコスト低減のほか、ヒートショックや低温がもたらすさまざまな健康障害の予防、抑制などのメリットがある。

住宅用断熱材は、2010年に施行された住宅エコポイント、フラット35Sなどの国の省エネ住宅推進政策により需要が一気に増え、断熱材が不足しそれが社会現象にまでなるような事態が起こった。さらに東日本大震災を契機にエネルギー事情が大きく変化した。こうしたことから、今後住宅・建物等の省エネ基準適合義務化など省エネ政策の推進にともなう住宅用断熱材の需要拡大が見込まれている。

当社は住宅用ロックウール断熱材「ホームマット®」シリーズを長年にわたって製造・販売してきたが、さらなる需要拡大に対応し安定供給を

図るため、2013年10月にロックウール断熱材の製造ラインを増設し、生産能力を従来の3倍に強化した<sup>6)</sup>。

本製品の使用により住宅の断熱性が向上すれば、家庭で使用するエネルギーを減らすことができ、CO<sub>2</sub>削減に貢献できる。さらに、同ラインでは製鉄のプロセスで副産物として発生する熔融状態の鉄鋼スラグをそのまま原材料として利用するため、原料溶融に要するエネルギーを大幅に削減でき、住宅の断熱効果と合わせてCO<sub>2</sub>の大幅削減が期待される。

住宅の高断熱化は省エネルギー化以外にも健康面からも関心が高くなってきている。今後ますます増えると思われる省エネルギー住宅の断熱材として当社の「ホームマット®」シリーズをご採用いただければ幸甚である。

## 引用・参考文献

- 1) HEAT20 設計ガイドブック作成 WG: HEAT20 設計ガイドブック, 建築技術, p18 (2015).
- 2) 住宅の省エネルギー基準の解説編集委員会: 住宅の省エネルギー基準の解説, 財団法人建築環境・省エネルギー機構, p4 (2011).
- 3) 国土交通省: 住宅・建築分野における省エネルギー対策の現状について, p16 (2007).
- 4) 南 雄三: 届かないレベルとは, 建築技術 No.780, p70 (2015).
- 5) 岩前 篤: 住まいの断熱と健康, ニチアス技術時報, No.370, p4-8 (2015).
- 6) 省エネ・環境に配慮した「ホームマット®」新工場, ニチアス技術時報, No.370, p20-21 (2015).

\*「ホームマット」はニチアス(株)の登録商標です。

\*本稿は月刊「省エネルギー」誌2015年6月号に掲載された内容に一部加筆修正をしたものです。