

## 1) - 4 断熱化の進展による住宅の暖冷房エネルギー増加要因の解明と抑制策に関する研究【持続可能】

### Causes and Countermeasures of Increase in Energy for Heating/Cooling Due to House Insulation Improvement

(研究開発期間 平成 25～28 年度)

環境研究グループ  
Dept. of Environmental Engineering

羽原 宏美  
HABARA Hiromi

The simulation results suggested that the improvement of house insulation could cause increase in the cooling load at the time of the day after walking up in the morning and while sleeping at night. Cooperative control of openings and air conditioners would work effectively as the countermeasure for such energy increase. Meanwhile, installing air conditioners with the on rank lower capacity would reduce heating/cooling energy by 20 % without worsening the indoor environment.

#### 【研究開発の目的及び経過】

2020 年までに新築住宅の断熱措置が義務化され、今後、断熱性能の向上は加速的に進展することは想像に難くない。断熱化の進展は暖冷房エネルギーの削減をもたらしたが、一方で、リバウンド効果<sup>1)</sup>、オーバーヒート<sup>2)</sup>、機器能力のミスマッチ<sup>3)</sup>などの理由により増加する可能性が指摘されている。

断熱性能の向上による住宅のエネルギー消費への影響については、先行研究により省エネルギーに寄与することが定量的に示されている。しかし、上述の増加要因が住宅の暖冷房エネルギーに与える影響に関しては、十分に議論されていない。これに対し、本研究では、断熱化の進展した将来住宅に対して暖冷房エネルギーの増加要因の解明とその抑制策を検討することを目的とする。

#### 【研究開発の内容】

(A) 断熱性能の向上による居住者行為への影響の解明

一般住戸において居住者の室内温熱環境調節行為に関する実態調査を実施する。調査データから、統計的手法により住宅の断熱性能と居住者行為との関係性を明らかにする。得られた知見に基づき、室内温熱環境調節行為モデルを拡張する。

(B) オーバーヒート発生条件の解明と緩和策の検討

シミュレーションにより、オーバーヒート発生の要因を明らかにする。得られた知見から、オーバーヒートを緩和するための方策について通風換気による排熱を中心に検討し、エネルギー増加に対する抑制効果を評価する。

(C) 将来住宅の熱負荷特性の把握と機器能力のマッチングの検討

シミュレーションにより、将来住宅（高断熱住宅）の熱負荷特性を把握する。また、暖冷房機器の機器能力を

パラメータとした数値実験を行い、エネルギー効率が最大となる機器能力を導出する。さらに現行の方法に倣って設定した機器能力と比較し、エネルギー増加に対する抑制効果を評価する。

なお、(B)・(C)のシミュレーションには研究代表者が構築したモデル<sup>4)</sup>を用いる。同モデルは、通風（窓開け）とエアコンによる居住者の室内環境調節行為を再現できることや、エアコンの機器特性を考慮していることから、住宅の暖冷房エネルギーをより詳細に検討することが可能である。

#### 【研究開発の結果】

(A) 断熱性能の向上による居住者行為への影響の解明<sup>5)</sup>

関西地域を対象とした WEB アンケートを通じて居住者が選択した通風・冷房行為を生活時間ごと（夜間不在時、夜間就寝時、朝起床直後、起居在室時、別室在室時、日中外出時）に聴取した。調査概要を表 1 に示す。

表 1 調査概要

| 方法   | WEBアンケート調査  |
|------|---|
| 対象地域 | 近畿2府4県(大阪府、京都府、兵庫県、和歌山県、奈良県、滋賀県)  |
| 対象世帯 | 以下の項目を満たす世帯<br>・2世代(夫婦とその子より成る)が同居する3~5人世帯<br>・室内飼ペットがいない<br>・家族に要介護者がいない<br>・夫婦の年齢がいずれも60歳以下である<br>・居間と主寝室のそれぞれにエアコンが1台以上設置されている |
| 対象居室 | 居間、主寝室(夫婦の寝室)   |
| 調査期間 | 2013/8/9~8/19(第1回)、9/13~9/17(第2回)、<br>10/23~10/25(第3回)  |

住宅の断熱性能と居住者行為との関係性に関する分析では、回答が中間的であった第 2 回（有効回答数：1573）の結果を用いた。また、入居中の住宅建物の建築年を聴取して断熱性能の目安とし、1992 年の新基準の施行以降

に建築されたか否かで区分して通風・冷房行為に関するアンケート結果を集計した。同クロス集計に対して同等性の検定や回帰分析を適用し、関係性の有無やその重要度を検討した。その結果、建築年と行為選択との関係に 1%水準で有意性が認められたのは居間の「日中在室時」のみであったが、その重要度は極めて低かった。

(B) オーバーヒート発生条件の解明と緩和策の検討<sup>6) 7)</sup>

周期定常計算により、低断熱住宅 (Q 値 : 4.69 W/m<sup>2</sup>・K) および高断熱住宅 (Q 値 : 2.64 W/m<sup>2</sup>・K) について 1 日の冷房負荷を推計した。計算条件は、「在室スケジュール (2 条件)」、「外気温 (6 条件)」、「温熱環境調整行為 (3 条件)」の組み合わせにより合計 36 条件とした。高断熱化による負荷増大が発生した条件数は居間で 6 条件、主寝室で 12 条件であり、「居間における起床後」や「主寝室における就寝中」に集中した。高断熱住宅では室内から外気への貫流熱損失が抑制されることが主に原因しており、冷房を積極的に利用する条件や夜間に外気温が低下する条件においてその影響が大きくなる傾向があった。大阪の気象条件のもと年間積算負荷を推計すると、「居間における起床後」では 10~18%程度、「主寝室における就寝中」では 6~8%程度、負荷が増大した。

「居間における起床後」および「主寝室における就寝中」における負荷増加を抑制する方策として、エアコンと窓の自動制御の導入効果をシミュレーションにより検証した。月別の冷房エネルギー消費量を図 1 に示す。自動制御なしに対する年間消費電力量の削減効果は、窓のみを自動制御の対象として居室ごとに独立して制御を行う場合で 208.7 kWh (29 %) 減、窓と室内扉を制御対象として各階で居室・廊下間の連携制御を行う場合で 214.5 kWh (30 %) 減の効果があった。

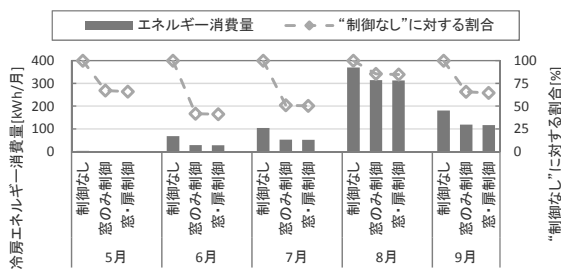


図 1 月別冷房エネルギー消費量

(C) 将来住宅の熱負荷特性の把握と機器能力のマッチングの検討

品確法の等級 4 に相当する断熱水準ならびにドイツのパッシブハウス基準に相当する断熱水準を有する住宅に対して、現行法 (量数規定) によりエアコンの機器容量を選定したケースと、量数規定から 1 ランク~3 ランク機器容量を小さくしたケースを想定して、シミュレーション

を行った。年間消費電力量と未処理負荷発生時間を図 2 に示す。断熱性能を高めると、暖房消費電力量は削減される一方で、冷房消費電力量は増加した。また、定数規定から 1 ランク機器容量を小さくしたケースでは、未処理負荷発生時間の増加はかなり小さい上、年間消費電力量が 20%程度削減された。さらに機器容量を小さくすると消費電力量は削減されるものの、未処理負荷発生時間は増加した。従って、室内環境と省エネのバランスを鑑みると、本計算条件の下では 1 ランク機器容量を小さくすることが適当と言える。

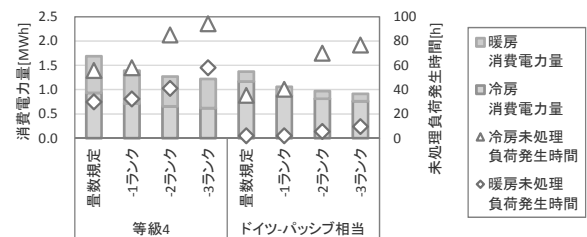


図 2 年間消費電力量および未処理負荷発生時間

【参考文献】

- 1) Steve Sorrell et al. : Empirical estimates of the direct rebound effect: A review, Energy Policy, 2009. 4
- 2) 根本恭子ほか : 高断熱・高気密住宅における夏期の熱環境の改善手法に関する実測、建築学会東北支部研究発表会、1995. 6
- 3) 浅間英樹ほか : 家庭用エアコンの実使用時における成績係数に関する研究、日本建築学会環境系論文集、2007. 3
- 4) 羽原宏美ほか : 周辺建物群による外気温条件、放射条件、風条件の変化が住宅における、自然通風利用および冷房エネルギー消費に与える影響、日本建築学会環境系論文集、第 613 号、pp. 103-110、2007. 3
- 5) 羽原宏美ほか : 関西地域を対象とした WEB アンケート調査に基づく住宅における通風・冷房行為の選択に対する諸要因の影響に関する分析、日本建築学会環境系論文集、第 79 巻、第 706 号、pp. 1071-1081、2014. 12
- 6) 井野混太ほか : 住宅の高断熱化による冷房負荷増加に関する考察、日本建築学会大会学術講演梗概集、D-2、pp. 127-128、2015. 9
- 7) 羽原宏美ほか : 住宅における通風・冷房の連携制御による冷房エネルギー削減に関する検討 その 1 制御方法による冷房エネルギー削減効果および通風量の比較、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp. 847-848、2016. 8