高断熱住宅群の設計手法の分析とエネルギー消費実態に関する研究

ANALYSIS ON DESIGN METHOD AND ENERGY CONSUMPTION FOR
HIGH THERMAL PERFORMANCE HOUSINGS丸山 翔永^{*1}, 森 太郎^{*2}
Shoei MARUYAMA and Taro MORI

Recently, the construction technique for highly insulated houses has been advanced in Hokkaido. As the result, many houses exceeding a standard for energy efficiency are being built. Several municipalities encourage construction of highly insulated houses by granting subsidies to the owners. One of the subsidies is Sapporo ban zisedai zyuutaku. The purpose of this research is to analyze the design method of these highly insulated houses and actual energy consumption, to give insights on future housing administration and dissemination awareness, and to lead to future development of housing performance in the future.

Keywords : *High thermal performance, Questionnaire, Design method, Energy consumption*
高断熱, アンケート調査, 設計手法, エネルギー消費量

1.はじめに

近年、北海道では高断熱住宅の建設技術が著しく進歩し、省エネルギー基準を遥かに上回る住宅が建設されるようになってきている。また、高断熱な住宅の建設促進を奨励するため、いくつかの自治体ではそのような住宅を建てる際、建築主に対し補助金を交付している。そのひとつに札幌版次世代住宅補助制度¹⁾(以下、補助制度)があり、2013年から事業が開始され、国内最高断熱基準である札幌版次世代住宅基準(以下、基準)の等級ベーシックレベル以上を満たした住宅の建築主に対し、年間40軒程度、補助金が交付されてきた。Table1は2015年までのトップランナーからミニマムレベルまでのQ値、C値、一次エネルギー消費量の基準である。トップランナーはQ値が0.5W/m²K以下、ハイレベルはQ値が0.7W/m²K以下、スタンダードレベルはQ値が1.0W/m²K以下、ベーシックレベルはQ値が1.3W/m²K以下、ミニマムレベルはQ値が1.6W/m²K以下である。Table2は2016年以降のトップランナーからミニマムレベルまでのU_A値、C値、一次エネルギー消費量、一次エネルギー消費量(暖房+換気)の基準である。トップランナーはU_A値が0.18W/m²K以下、ハイレベルはU_A値が0.22W/m²K以下、スタンダードレベルはU_A値が0.28W/m²K以下、ベーシックレベルはU_A

値が0.36W/m²K以下、ミニマムレベルはU_A値が0.46W/m²K以下である。Table3は2015年までのトップランナーからミニマムレベルまでの補助金額である。トップランナーは200万円、ハイレベル、スタンダードレベル、ベーシックレベルは50万円、ミニマムレベルは無補助である。Table4は2016年以降のトップランナーからミニマムレベルまでの補助金額である。トップランナーは200万円、ハイレベルは150万円、スタンダードレベルは80万円、ベーシックレベルは30万円、ミニマムレベルは無補助である。しかし、それらの高断熱住宅が設計段階での性能を発揮できているのかについての実態調査は少ない。例えば、菊田らの研究²⁾では札幌市の3軒の住宅(Q値の平均値1.0W/m²K)、丹羽らの研究³⁾では長野市の1150軒の住宅(Q値の平均値2.4W/m²K程度)、長谷川らの研究⁴⁾では東北地方の94軒の住宅を対象とし、エネルギー消費実態の把握を行っているが、積雪寒冷地である北海道において数多の高断熱住宅群(Q値1.0W/m²K以下)を対象とした研究はなされていない。そこで本研究は、補助制度の交付対象となった札幌市に建つ120軒の高断熱住宅群を対象に、設計手法およびエネルギー消費実態を把握し、分析することで、今後の住宅行政や普及啓発に知見を与え、住宅性能の更なる発展への足掛かりとなることを目的とする。

Table1 Sapporo ban zisedai zyuutaku standard
(2012~2015)

Level	Q value[W/m ² K]	C value[cm ² /m ²]	Primary energy consumption (All)
Top runner	~0.5	~0.5	Level 5
High level	~0.7	~0.7	Level 5
Standard level	~1.0	~1.0	Level 5
Basic level	~1.3	~1.0	Level 5
Minimum level	~1.6	~2.0	Level 4

Table2 Sapporo ban zisedai zyuutaku standard
(2016~)

Level	U _A value[W/m ² K]	C value[cm ² /m ²]	Primary energy consumption (All)	Primary energy consumption (Heating and Ventilation)
Top runner	~0.18	~0.5	Level 5	~35%
High level	~0.22	~0.5	Level 5	~45%
Standard level	~0.28	~1.0	Level 5	~60%
Basic level	~0.36	~1.0	Level 5	~75%
Minimum level	~0.46	~1.0	Level 4	~90%

*1 北海道大学大学院工学研究院 修士課程

*2 北海道大学大学院工学研究院 准教授・博士(工学)

Grad. Student, Graduate School of Eng., Hokkaido Univ.
Assoc. Prof., Faculty of Eng., Hokkaido Univ., Dr.Eng.

2. 対象住宅概要

対象住宅は、2013～2015 年において補助制度の交付対象となった120 軒の高断熱住宅群である(Fig.1)。基準は2013～2015 年はQ 値、2016 年からはU_A 値により規定されており、本研究の対象住宅は旧基準を満たしている。また、旧補助制度では補助金額がベーシックレベル～ハイレベル住宅で同一であったため、ベーシックレベル住宅が多くなっている。

3. アンケート調査

3.1 概要

補助制度では交付対象者に対しアンケート調査を実施している(Table5)。調査項目は、居住人数、暖房設備、暖房範囲等の10 項目である。生活者のライフスタイル、在室時間、設備の使い方等が室内温や暖房エネルギーに寄与するという研究報告も存在するが⁵⁾⁻⁸⁾、本調査では回収率の向上に配慮し、私的な項目は取り入れていない。

3.2 分析結果

Fig.2 に暖房範囲を示す。「住宅全体」が約9 割を占めており、全室暖房の住宅が多く見られた。Fig.3 に暖房熱源の種類を等級別に示す。ベーシックレベル住宅では「ガス」が約半数を占めていたが、スタンダードレベル以上の住宅では、ほぼ全ての住宅で「電気」を利用していた。Fig.4 に暖房設備の種類を等級別に示す。スタンダードレベル以下では「潜熱回収型給湯・暖房機」および「自然冷媒ヒートポンプ給湯・暖房機」を採用している住宅が多く見られたのに対し、ハイレベル以上では給湯・暖房機とは別に「エアコン」を採用してい

る住宅が多く見られた。これは、ある程度以上のグレードになると断熱性向上にかかるコストも高額になるため、オール電化タイプの住宅にし、設備面でのコストを低減させていると考えられる。また、補助金を取得するノウハウを持ったビルダーが多く申請しており、そのビルダーがオール電化タイプの住宅であることも影響している。

Fig.5 に建設の動機を等級別に示す。59%の住宅(71 軒/120 軒)が「暖かい(寒くない)家に住みたい」、21%の住宅(25 軒/120 軒)が「補助金」を動機としていた。Fig.6～8 に感想(5 段階評価)を示す。「冬の室内の快適性」および「期待した省エネルギー効果を得られたか」の項目においては、等級が高いほど評価が高かったのに対し、「札幌版次世代住宅にするためのコストアップに見合う住み心地を得られたか」の項目においては等級による差はほとんど見られなかった。

4. 熱損失係数計算書による分析

4.1 概要

設計者が高断熱住宅の設計を行う際に性能やシステムについて検討した内容について、各住宅の熱損失係数の計算書^{注1)}を用いて分析試みた。

4.2 設計値の算出

総熱損失係数、熱損失係数(Q 値)、自然温度差、外皮平均熱貫流率(U_A 値)の設計値を、以下の式(1)～(4)より算出した。

$$Q_{all} = Q_f + Q_v \quad (1)$$

$$Q = \frac{Q_{all}}{S} \quad (2)$$

$$\theta_n = \frac{H_{sr} + H_{in}}{Q_{all}} \quad (3)$$

$$U_A = \frac{Q_f}{A} \quad (4)$$

Table3 Sapporo ban zisedai zyuutaku subsidy (2012~2015)

Level	Subsidy
Top runner	2 million yen per household
High level	0.5 million yen per household
Standard level	0.5 million yen per household
Basic level	0.5 million yen per household
Minimum level	No subsidy

Table4 Sapporo ban zisedai zyuutaku subsidy (2016~)

Level	Subsidy
Top runner	2 million yen per household
High level	1.5 million yen per household
Standard level	0.8 million yen per household
Basic level	0.3 million yen per household
Minimum level	No subsidy

Table5 Questionnaire

Target	The owners who have been granted subsidies of Sapporo ban zisedai zyuutaku subsidy
Number of houses	120
Survey item	Kind of heating heat source machine, Heating fuel consumption, Number of residents, Heating range, Room air temperature in winter, Heating installation, Photovoltaic power generation facility, Snow melting facility, Motive for construction, Impressions

Fig.3 Heating sources

Fig.4 Heating system

Fig.5 Motivation for building high thermal performance house

4.3 Q 値と自然温度差の関係

Fig.9 に Q 値と自然温度差の関係を暖房熱源別に示す。Q 値が低いほど自然温度差が高く、同 Q 値での自然温度差のばらつきは日射取得熱、室内発生熱、延床面積によるものであることが確認できる。

4.4 住宅性能と日射取得の関係

藤原ら⁹⁾が発表した論文では、住宅において暖房エネルギー消費量を低減するためには窓方位に対する配慮が必要であると述べている。一方、高断熱手法が先進しているスウェーデンの住宅を対象に研究を行った Mari らは¹⁰⁾、そうした配慮は不要だと述べている。現在の日本の高断熱住宅において窓方位の検討の必要性を解明するため、住宅性能と日射取得に関し分析を行った。Fig.10 に床面積に対する窓面積の比を窓面積率とし、Q 値との関係を等級別に示す。窓面積率の平均は 19% であり、スタンダードレベル以下の住宅はばらつきが多く見られるが、ハイレベル以上の住宅は少なく、12~22% と低かった。また、Q 値が低いほど窓面積率が低くなる傾向が見られた。Fig.11 に全窓面積に対する南窓面積の割合を南窓面積率とし、Q 値との関係を等級別に示す。なお、南窓面積は南東、南西窓がある場合、それらの 0.5 倍を加算し、算出した。南窓面積率の平均は 41% であり、ばらつきが多く見られるものの、Q 値が低いほど南窓面積率が高くなる傾向が見られた。これより、トップランナー、ハイレベルの住宅では断熱性能を向上させるため、窓面積を小

さくしているが、その中でも窓を南側に作成しようという設計者の意図があると考えられる。Fig.12 に床面積あたりの日射取得熱と Q 値の関係を等級別に示す。日射取得熱の平均は 5.5W/m^2 であり、スタンダードレベル以下の住宅はばらつきが多く見られるが、ハイレベル以上の住宅は少なく、 $1.7\sim 4.9\text{W/m}^2$ と小さい値に収まっている。また Q 値が小さいほど日取得が小さくなる傾向が見られた。

4.5 新基準による影響

Fig.13 に熱損失係数に対する換気熱損失の割合を換気熱損失率とし、Q 値との関係を換気種類別に示す。全体の 66%、Q 値 $1.0\text{W/m}^2\text{K}$ 以下の全住宅が第一種換気(熱交換型)を採用しており、パッシブ換気、第三種換気を採用している住宅よりも換気熱損失率が低い。Fig.14 に Q 値と U_A 値の関係を換気種類別に示す。基準線は旧基準(Q 値)と新基準(U_A 値)を対応させた直線である。そのため、基準線より上の住宅は新基準、下の住宅は旧基準がその住宅にとって満たし難い基準といえる。60%の住宅が基準線より上に存在し、そのうちほぼ全ての住宅が第一種換気(熱交換型)を採用している。Q 値は総熱損失係数(=換気熱損失+貫流熱損失)に正比例するが、 U_A 値は貫流熱損失のみを考慮するため、旧基準で換気熱損失を小さくし基準を満たしていた住宅は、新基準において同一等級を満たせない傾向が見られた。以上より、現在の高断熱住宅の設計手法においては、旧基準よりも新基準の方が満たし難いことが確認された。

Fig.6 Indoor comfort in winter

Fig.7 Effect on heating cost

Fig.8 Effect on comfort in winter season

Fig.9 Temperature difference caused by solar gain and indoor gain

Fig.10 Window area ratio

Fig.11 South window area ratio

Fig.12 Solar gain

Fig.13 Ventilation load ratio

Fig.14 U_A value

4.6 壁の断熱材仕様

Fig.15 に壁の断熱材厚さと熱貫流率の関係を等級別に示す。①～⑤は熱伝導率毎に断熱材を分類したものである(Table6)。ほとんどの住宅が②～④に収まっており、トップランナー住宅、ハイレベル住宅では①を用いず、③、④を用い、厚みを増やすことで熱貫流率を小さくしていた。これは①は熱伝導率が低い価格比率が高いためであると考えられる。また、ベーシックレベル住宅では熱貫流率にばらつきがあり、低いものは換気熱損失を小さくすることで等級を満たしていた住宅であると考えられる。

5. 住宅性能の実態把握

5.1 概要

設計段階の予測と運用後の省エネルギー性能を比較するため、熱損失係数および年間エネルギー消費量の設計値と実績値に対し、比較検証を行った。

5.2 熱損失係数の比較

柳澤ら¹¹⁾は内外温度差と暖房負荷により熱損失係数の実績値を算出することの妥当性を述べている。よって、熱損失係数の設計値および実績値を、熱損失係数の計算書および内外温度差と月別の暖

房燃料使用量より算出した。なお、実績値を以下の方法で算出した。暖房燃料使用量に暖房熱源毎の単位発熱量を掛け、月間日数で割り、熱量換算したものを月間暖房負荷とする。月平均内外温度差と床面積あたりの月間暖房負荷の関係を直線近似する(Fig.16)。この際、暖房負荷の最小値をベースとし全値から差し引き、近似直線から大きく外れる点を取り除く。この近似直線の傾きを Q 値の実績値とする。Fig.17 に Q 値の設計値と実績値の関係を換気種類別に示す。なお暖房設備がエアコンの住宅は成績係数が不明なため、この分析からは除外した。63%の住宅が絶対誤差率 15%以下、平均絶対誤差率は 27%であった。吉野ら¹²⁾の研究では 8 軒の戸建住宅に対し同様の手法により設計値と実績値を算出した結果、63%の住宅が絶対誤差率 15%以内であった。これより、本手法においては 60～70%程度が誤差率 15%以内に収まると考えられる。また、RMSE は $0.61\text{W/m}^2\text{K}$ であった。さらに、68%の住宅において設計値より実績値の方が大きかった。換気種類別にみると、パッシブ換気を採用している住宅の平均絶対誤差率は 8%であるのに対し、第一種換気(熱交換型)を採用している住宅は 31%と大きかった。これは、第一種換気(熱交換型)では設計段階での熱交換効率が大きく見積もられていることや、設計図書と実際の換気量が異なっていることが原因と考えられる。

Fig.15 Insulation thickness of the wall

Fig.16 Calculation of actual Q value

Table6 Insulating materials

Number	①	②		③		④		⑤
Insulation material	PF	PUF	XPS3	EPS	XPS2	HGW	Blown RW	Blown GW
Thermal conductivity[W/mK]	0.02	0.024	0.025	0.032	0.034	0.038	0.039	0.052
Cost ratio	7.11	8.43	5.37	5.77	6.42	1.00	1.34	1.00

PF:Phenol foam, PUF:Polyurethane foam, XPS3:Extruded polystyrene foam third class b, EPS:Expanded polystyrene foam, XPS2: Extruded polystyrene foam third class b, HGW:High grade glass wool, Blown RW:Blown rock wool, Blown GW:Blown glass wool

Fig.17 Comparison of Q value Between Actual and Designed Value

Fig.18 Comparison of heating and hot water supply energy with gas

Fig.19 Comparison of heating and hot water supply energy with electricity

5.3 年間エネルギー消費量の比較

年間エネルギー消費量の設計値および実績値を、Web プログラム注 2)および月別の暖房燃料使用量より算出した。Fig.18 に暖房熱源がガスの住宅において、床面積あたりの年間暖房・給湯燃料消費量の設計値と実績値の関係を示す。平均絶対誤差率は 23%であり、RMSE は 43MJ/m^2 であった。また、設計値が大きいほど誤差が大きい傾向が見られた。先述のように設計値が高いほど日射取得が大きく、有路ら¹³⁾が述べるように日射取得がエネルギー消費量に誤差を及ぼしていると考えられる。また、立松ら¹⁴⁾の研究では 11 軒の戸建住宅(Q 値 $1.1\sim 1.4\text{W/m}^2\text{K}$)に対して同様の手法により設計値と実績値を算出し、換気量と日射取得を適切に評価すれば予測誤差を 10%程度に収めることができることを結論付けており、今後は換気と日射取得の適切な評価法が課題となる。Fig.19 に暖房熱源が電気

の住宅において、床面積あたりの年間一次エネルギー消費量の設計値と実績値の関係を示す。なお、自然冷媒ヒートポンプ給湯・暖房機を採用している住宅はその省エネ効果が不明なため、除外した。平均絶対誤差率は 27%であり、RMSE は 182MJ/m^2 であった。また、70%の住宅において、設計値より実績値の方が小さかった。

6. 総括

国内最高断熱基準である札幌版次世代住宅基準を満たした、札幌市に建つ 120 軒の住宅を対象に、設計手法の分析とエネルギー消費実態の把握を行った。得られた知見を以下に示す。

- 1)より高断熱な基準を満たすためには、窓面積を小さくすることが必要であることが示された。また、性能の高い住宅では窓方位を南側にし日射取得を試みているものの、ハイレベル以上の住宅の日射取得量は $1.7\sim 4.9\text{W/m}^2$ と小さかった。
- 2)旧基準では第一種換気(熱交換型)を採用し、換気熱損失を小さくすることで基準を満たしている住宅が多く見られたが、新基準では貫流熱損失のみを考慮するため、建設手法の再検討の必要性が挙げられた。
- 3)壁体では、高価で熱貫流率の低い断熱材ではなく、安価で熱貫流率の高いものを厚く用いることで断熱性を高めていることが確認された。
- 4)熱損失係数の設計値と実績値を比較した結果、パッシブ換気を採用している住宅の平均絶対誤差率は 8%であるのに対し、第一種換気(熱交換型)の住宅は 31%と大きかった。これは、換気熱損失が過少に見積もられていることが原因であると考えられる。
- 5)エネルギー消費量の設計値と実績値を比較した結果、設計段階よりも高い性能の住宅が多い傾向が確認された。今後は換気と日射取得の適切な評価が課題である。

謝辞

本研究は共同研究契約の元、札幌市よりデータの提供を受けた。また、本研究の一部は LIXIL 財団の助成による。

注

注 1)札幌版次世代住宅の申請時には、熱損失係数(Q 値)あるいは外皮平均熱貫流率(U_A 値)、またそれらを用いた年間の暖房エネルギー消費量の計算を求められる。本論文で用いた貫流熱損失、換気熱損失等は設計者が求めた値である。これらを式(1)~(4)に代入し、熱損失係数を算出した。暖房エネルギー

消費量の計算は「北方型住宅テキスト¹⁵⁾」によっており、室内発生熱は①単位面積当たりの発生熱量を 4.6W/m^2 とし算出する方法と、②電気消費量とガス消費量による発生熱を 350W 、人体発生熱を一人当たりの発熱を 60W/人 、在宅率を 50%とし算出する方法のいずれかより、設計者が選択したものである。

注 2)一次エネルギー消費量算出には、WEB プログラム「住宅・住戸の省エネルギー性能の判定プログラム¹⁶⁾」を使用した。

参考文献

- 1)Sapporo ban zisedai zyutaku subsidy system, Sapporo city, <http://www.city.sapporo.jp/toshi/jutaku/10shien/zisedai/zisedaihojo.html>, reference at 2018.2.11
札幌版次世代住宅補助制度, 札幌市
- 2)Koki KIKUTA, Takao YOSHIDA et al : ACTUAL CONDITION SURVEY ON INDOOR ENVIRONMENT AND HEATING ENERGY CONSUMPTION FOR HIGHLY INSULATED AND AIRTIGHT HOUSES -A study at northern regional houses in Sapporo-, Journal of Environmental Engineering (Transactions of AIJ), No.659, pp.17-24, 2011.1
菊田弘輝, 吉田卓生他 : 高断熱・高気密住宅の室内環境と暖房エネルギー消費量に関する実態調査・札幌市内の北方型住宅を対象として-, 日本建築学会環境系論文集, 第 659 号, pp.17-24, 2011.1
- 3)Yusuke NIWA, Junko SHOMURA et al : ENERGY CONSUMPTION OF WELL-INSULATED AND AIRTIGHT HOUSES IN AND AROUND NAGANO CITY AREA -From the view point of annual energy consumption for space heating-, Journal of Architecture, Planning and Environmental Engineering (Transactions of AIJ), No.565, pp.61-66, 2003.3
丹羽雄介, 正村順子他 : 長野市を中心とした断熱気密住宅のエネルギー消費量の実態・暖房用エネルギー消費量を中心として-, 日本建築学会計画系論文集, 第 565 号, pp.61-66, 2003.3
- 4)Ken-ichi HASEGAWA, Hiroshi YOSHINO et al : ENERGY CONSUMPTION OF WELL-INSULATED AND AIRTIGHT HOUSES IN TOHOKU DISTRICT -From the viewpoint of energy consumption for space heating-, Journal of Architecture, Planning and Environmental Engineering (Transactions of AIJ), No.557, pp.49-56, 2002.7
長谷川兼一, 吉野博他 : 東北地方における断熱気密住宅のエネルギー消費量・暖房用を中心とした実態調査と数値計算-, 日本建築学会計画系論文集, 第 557 号, pp.49-56, 2002.7
- 5)JingChao XIE, Hiroshi YOSHINO et al : ANALYSIS ON TWO-YEARS ENERGY CONSUMPTION AND THERMAL ENVIRONMENT, Journal of Environmental Engineering (Transactions of AIJ), No.618, pp.17-22, 2007.8
謝静超, 吉野博他 : 東北地方の住宅 9 戸における 2 年間にわたるエネルギー消費量等の詳細分析, 日本建築学会環境系論文集, 第 618 号, pp.17-22, 2007.8
- 6)Hiroaki SUZUKI, Masaya SAITO et al : A FIELD SURVEY ON THE LIVING ROOM WINTER TEMPERATURE IN TERMS OF BUILDING TYPES, HEATING SPACE AND OPERATION THROUGHOUT HOKKAIDO, Journal of Environmental Engineering (Transactions of AIJ), No.662, pp.369-376, 2011.4
鈴木宏彬, 斎藤雅也他 : 北海道の住まいにおける暖房時の居間室温と住戸携帯・暖房対象室・暖房運転方法の関係, 日本建築学会環境系論文集, 第 662 号, pp.369-376, 2011.4
- 7)Hitoshi NISHIMURA, Maki IKEDA et al : INVESTIGATION OF THE THERMAL ENVIRONMENT AND ENERGY CONSUMPTION THROUGH A YEAR OF THE FULLY ELECTRIFIED DETACHED WOODEN HOUSES SATISFYING THE ENERGY SAVING STANDARD 1999 IN JAPAN, Journal of Environmental Engineering (Transactions of AIJ), No.582, pp.37-44, 2004.8
西村仁, 池田真樹他 : 北陸の次世代省エネルギー基準全電化住宅を対象とした温熱環境と暖房用エネルギー消費に関する実態調査, 日本建築学会環境系論文集, 第 582 号, pp.369-376, 2011.4
- 8)Kahori GENJO, Shin-ichi MATSUMOTO et al : MEASUREMENTS OF INDOOR THERMAL ENVIRONMENT AND ENERGY CONSUMPTION FOR SPACE HEATING IN 15 HOUSES IN TOHOKU

- DISTRICT DURING THE WINTER, AIJ journal of Technology and Design, No.15, pp.165-170, 2002.6
- 源城かほり, 松本真一他: 東北地域の戸建住宅における冬季の室内温熱環境と暖房エネルギーに関する実測調査, 日本建築学会技術報告集, 第 15 号, pp.165-170, 2002.6
- 9)Yozo FUJIWARA, Masamichi ENAI, Kenzo SUZUKI et al: SURVEY ON THE ACTUAL OPERATION AND THE PERFORMANCE OF CENTRAL HEATING SYSTEM FOR HIGHLY INSULATED AND AIRTIGHT HOUSES IN HOKKAIDO, Journal of Environmental Engineering (Transactions of AIJ), No.628, pp.767-774, 2008.6
- 藤原陽三, 絵内正道他: 北海道の高断熱・高気密住宅におけるセントラル暖房システムの運転実態に関する調査, 日本建築学会環境系論文集, 第 628 号, pp.767-774, 2008.6
- 10)Mari-Louise Persson, Arne Roos and Maria Wall: Influence of window size on the energy balance of low energy houses, Energy and Buildings No.38, pp.181-188, 2006
- 11)Yasuo YANAGISAWA, Masahiro INAYAMA et al: STUDY ON PRESUMPTION OF HEAT LOSS FACTOR BY SIMPLE FIELD MEASUREMENT OF WOODEN HOUSES, AIJ journal of Technology and Design, No.51, pp.591-596, 2016.6
- 柳澤泰男, 稲山正弘他: 木造住宅の簡易な現場実測による熱損失係数推定に関する研究, 日本建築学会技術報告集, 第 51 号, pp.591-596, 2016.6
- 12)Hiroshi YOSHINO, Muneshige NAGATOMO, Yoshimi ISHIKAWA and Shin-ichi MATSUMOTO: SIMULTANEOUS MEASUREMENT ON HEAT LOSS COEFFICIENT OF EIGHT DETACHED HOUSES AND COMPARISON WITH DESIGN VALUE, Journal of Architecture, Planning and Environmental Engineering (Transactions of AIJ), No.473, pp.7-14, 1995.7
- 吉野博, 長友宗重他: 戸建住宅 8 棟の熱損失係数に関する同時測定と設計値との比較, 日本建築学会計画系論文集, 第 473 号, pp.7-14, 1995.7
- 13)Shohei ARUIJI, Hiroshi YOSHINO et al: LONG-TERM SURVEY OF THERMAL ENVIRONMENT AND ENERGY CONSUMPTION IN A WELLINSULATED AND AIRTIGHT HOUSE WITH TWO-GENERATIONS, AIJ journal of Technology and Design, No.13, pp.155-158, 2001.7
- 有路倉平, 吉野博他: 高断熱高気密二世帯住宅における室内熱空気環境とエネルギー消費量の長期測定, 日本建築学会技術報告集, 第 13 号, pp.155-158, 2001.7
- 14)Koichi TATEMATSU, Tomohito HIROTA et al: STUDY ON THE PREDICTION ERROR OF ENERGY CONSUMPTION IN HIGHLY INSULATED HOUSES, Summaries of Technical Papers of Annual Meeting, Architectural Institute of Japan, Environmental Engineering-II, pp.225-226, 2012.9
- 立松宏一, 廣田誠一他: 高断熱住宅におけるエネルギー消費量の予測誤差に関する考察, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 環境工学 II, pp.225-226, 2012.9
- 15) Northern regional houses text, http://www.kita-smile.jp/portal/shiryoku/5_gijutsu_22-6v3.pdf, reference at 2018.2.11
- 北方型住宅テキスト
- 16)Determining program of energy saving performance of housing and dwelling unit, <http://house.app.lowenergy.jp>, reference at 2018.2.11
- 住宅・住戸の省エネルギー性能の判定プログラム

Symbol table

Q_{all}	All heat loss[W/K]	Q_e	Flown through heat loss[W/K]
Q_v	Ventilation heat loss[W/K]	Q	Heat loss coefficient[W/m²K]
S	Floor area[m²]	θ_n	Temperature difference caused by solar gain and indoor gain[K]
H_{ex}	Solar gain[W]	H_{in}	Indoor gain[W]
U_A	Coefficient of average heat transmission[W/m²K]	A	Building skin area[m²]

ANALYSIS ON DESIGN METHOD AND ENERGY CONSUMPTION FOR HIGH THERMAL PERFORMANCE HOUSINGS

Shoei MARUYAMA^{*1} and *Taro MORI*^{*2}

^{*1} Grad. Student, Graduate School of Eng., Hokkaido Univ.

^{*2} Assoc. Prof., Faculty of Eng., Hokkaido Univ., Dr.Eng.

Introduction

Recently, a construction technique for highly insulated houses has been advanced in Hokkaido. As a result, many houses exceeding a standard for energy efficiency are being built. Several municipalities encourage a construction of highly insulated houses by granting subsidies to owners. One of the projects is Sapporo ban zisedai zyuutaku. The project began in 2013 and Sapporo city has implemented subsidies to about 40 houses per year. The purpose of this research is to analyze the design method of these highly insulated houses and actual consumption of energy consumption, to give insights on future housing administration and dissemination awareness, and to lead to future development of housing performance in the future.

Questionnaire survey

The target housings are 120 high-insulated housings supported by Sapporo city with the grant in 2013-2015. The standard for energy efficiency was regulated by Q value in 2013 - 2015. After that, it is regulated by U_A value from 2016. The target housings match the old standards. A questionnaire survey was conducted on the residents of target housings. More than 90% housings use a central heating system. About half of the housings in the basic level use gas as the heating source. But the housings above the standard level use electricity. The housings under the standard level use several types of heating equipment such as a gas boiler with latent heat recovery system and heat-pump system with natural refrigerant. On the other hand, the housings at the high grade or higher grade use AC system separately from hot water supply system. 59% of residents were motivated with "warm (not cold) house" and 21% of residents were motivated with "subsidies".

Analysis of Calculation Sheet for Heating Load

The average of the ratio of window area is 19%. The ratios of the housings below the standard level were scattered, but those of housings above the high level were not scattered, 12 - 22%, and lower than the ratios of housings over the high level. In addition, the ratios of window area tended to be lower, when the Q values are lower. The average of the ratio of south window area was 41%. The ratios tend to be higher when the Q value is lower. The housings in the top runner level and the high-level houses have small window area to keep the level, but the designer intends to install the windows on south walls even in that situation. The average of solar heat gain is 5.5 W/m², and the plots for housings below the standard level have the wide range, but those for housings over the high level are in the narrow range which is as low as 1.7 to 4.9 W/m². 66% of all housings and all housings under 1.0 W/m²K with Q value use Class I Ventilation system (heat exchange type).

Comparison of an actual condition with a designed condition

To clarify the energy efficiency in actual housing, the design value and the actual value of the heat loss coefficient and the annual energy consumption were compared. The actual value of the heat loss coefficient was calculated from the temperature difference and the energy consumption. Especially, the housings with Class I ventilation are lower than the housings with the other types of systems. It indicates that the efficiency of the heat exchanger is largely estimated in Class I ventilation and the volume of ventilation is bigger than the designed value. Design values from Web program were compared with the actual values of annual energy consumption.

(2017年9月9日原稿受理, 2018年3月12日採用決定)