

札幌版次世代住宅の室内環境と生活スタイルへの影響に関する研究 Research on indoor environment and life style influence of Sapporo e-house

○学生会員 小館 奈央 (北海道大学) 正会員 森 太郎 (北海道大学)
正会員 羽山 広文 (北海道大学)

Nao KODATE*¹ Taro MORI*¹ Hirobumi HAYAMA*¹

*¹ Hokkaido University

Recently, environment of e-houses is changing and necessity of them is glowing in Japan. However, there is little information about high insulation and high airtight house. In Sapporo City set the original standard of high insulation and high airtight house called Sapporo e-house also started the institution that helps building the houses meeting the criteria. We conducted survey of them with questionnaire which ask about their facility, how to live and consumption of energy and measuring inside temperature. In this study, we analyzed this date and the goal of this study is getting insight of high insulation and high airtight house.

はじめに

近年建築産業のCO₂排出量削減を目指し住宅の高性能化を推し進める動きが北海道のみならず活発化している。パリ協定(2016年11月発行)を踏まえた温室効果ガス排出量の削減目標の達成に向け建築業界においても省エネルギー対策の強化が喫緊の課題となっている。特に家庭部門における温室効果ガスの削減率は2030年までに2013年度比35%が目標に定められており住宅の省エネルギー性能の向上が必要不可欠である。これを受け国交省では2年以内に設計者である建築士から建築主に対し省エネ性能に関する説明を義務付ける制度の施行、大手住宅事業者等の供給する戸建て住宅に対しトップランナー基準に適合する住宅を供給する責務を課す制度の施行が予定されている。

このように国全体をあげた住宅の高性能化の機運は高まっているものの、事業主や建築主の省エネ住宅に対する理解と技術が乏しく、先述した2020年度の新築住宅建築物の省エネ基準への適合義務化が先送されるなど省エネ化の妨げとなっている。この原因として高断熱住宅の実際の性能についてのデータが少ないことと高性能住宅の生活に対する影響が不透明であることが挙げられると考察した。

これより、将来的な高性能住宅研究のためにはデータの収集と分析が必要不可欠であり、本研究では国内最高レベルの基準を満たす高性能住宅群である札幌版次世代住宅での調査を行い、いっそう一層の全国的な省エネ住宅の理解と高性能住宅の理解促進と普及のための知見とする。

1. 札幌版次世代住宅と既往研究

1.2 札幌版次世代住宅と補助制度

札幌版次世代住宅基準とは札幌市が高性能住宅推進のために独自設定した高断熱・高气密住宅基準である。平

成25年度に国が基準を設定したが、積雪寒冷地に位置し暖房による各家庭からのCO₂排出割合が高い札幌市が、それを上回る全国最高水準の基準として制定した。全5段階の基準であり、「トップランナー」「ハイレベル」「スタンダードレベル」「ベーシックレベル」「ミニマムレベル」からなる。現在の基準UA値は等級の高い順にトップランナー0.18W/m²K以下、ハイレベル0.22W/m²K以下、スタンダードレベル0.28 W/m²K以下、ベーシックレベル0.36 W/m²K以下である。また、これらの基準を満たす新築住宅に年間40軒ほど基準に応じた金額の補助金を交付している。

1.2 既往研究との関係性

既往研究として丸山が行った「高性能住宅群の設計手法とエネルギー消費実態に関する研究」と「寒冷地における良質な住宅ストック形成に向けた断熱性能の推定方法に関する研究」があり、それぞれ札幌版次世代住宅に関してアンケート調査と、1年分のエネルギー消費量のデータ収集を行い札幌版次世代住宅の特徴の分析と日平均内外温度差とエネルギー消費の関係から実績Q値の算出を試みている。本研究は新築より幾年か経過したことを踏まえ、経年変化の影響と湿度温度計測機器を用いた実測調査を行った。また、エネルギー消費量は3年分のデータを用い、その住宅の消費した一次エネルギーでの分析をおこなった。これより一定期間の時間経過による住宅そのものの変化と高性能住宅の居住者の生活スタイルに与える影響を明らかにすることと、エネルギー消費量は一次エネルギー換算での日平均内外温度差との関係性データの増量による分析精度の向上を狙った。

2. アンケート調査

2.1 調査対象住宅

調査対象住宅は札幌版次世代住宅補助金制度対象住宅

の居住者である。このうち2012年度から2018年度の制度利用者に対しアンケート調査を行った。結果ベーシックレベル78軒、スタンダードレベル18軒、ハイレベル2軒、トップレベル3軒の計101軒からの回答を回収した。

2.2 アンケート内容

「転居後の暮らし方」「結露」「冷暖房設備」「日射遮蔽対策とオーバーヒート」「転居後の暮らし方の変化」「エネルギー消費」等に関する設問を選択式にて質問した。

2.3 結果

アンケート調査結果より、居住人数は平均で3.2人であった。結露報告は図-1に示す通り、ベーシックレベルでは78軒中10軒で報告がありスタンダードレベルではよくあるが18軒中2軒、「時々ある」が2軒であった。ハイレベルでは2軒中1軒であった。結露報告の中で窓、サッシの結露報告が最も多く報告された。冷房状況は全101軒中58軒で冷房を使用していた。冷房使用率はベーシックレベルで53.8%、スタンダードレベルで61.1%、ハイレベルとトップランナーが100%で等級が上がるにつれて使用率が高まった。発電設備はベーシックレベル78軒中11軒が、スタンダードレベルは18軒中11軒が、トップランナーは3軒中1軒が設置していた。図-2に示すとおり暖房設備はガス暖房を48.5%、電気暖房を65.3%、灯油暖房を4%の住宅が利用していた。等級が上がるにつれ電気暖房利用者の割合が高まった。図-3に示すように等級の高い住宅ほど発電設備設置住宅の割合が増加した。発電設備としてはベーシックレベルでコレモが1軒、エネファームが4軒でありそれ以外はすべて太陽光発電を採用していた。日射によって室内が過度に暑くなってしまう時期については5から6月、7から8月、9から10月から報告があり特に7から8月はハイレベルを除く等級で80%以上から過度に暑くなるという回答を得た。

これらより、等級が高くなるほど導入設備は豊富になる一方、結露が発生している事例も少数ではあるが見られ、断熱性能の程度にかかわらず留意して設計する必要があることが分かった。また日射遮蔽対策は行われているものの、日射により過度に暑くなってしまうと感じた居住者が80%以上であり、ここ近年の札幌の夏場の気温の高さも考えると、夏季の室温上昇の抑制が今後の課題であるといえる。

3. 住宅高性能化に伴う生活スタイルへの影響

住宅の高性能化が居住者の生活スタイルにどのような影響を与えるか調査した。調査方法はアンケートで、この設問は1~8の項目から複数回答とした。

図-5に示す通り、どの等級においても2番「家全体が暖かいのでほぼすべての部屋を活用している」の選択が一番多く、ベーシックレベルで70.8%、スタンダードレベルで77.8%、ハイレベルで100%であった。これより住宅の性能向上は居住者の活動面積を拡大し、性能が高いほ

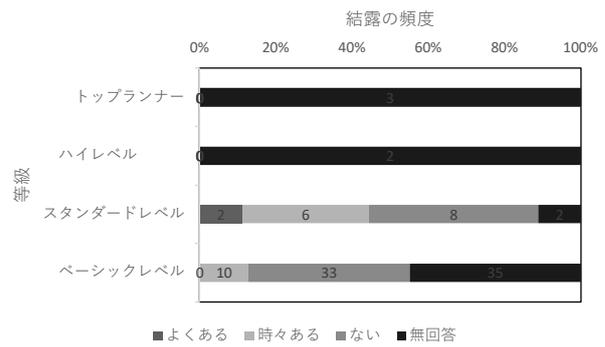


図-1 等級別結露の頻度

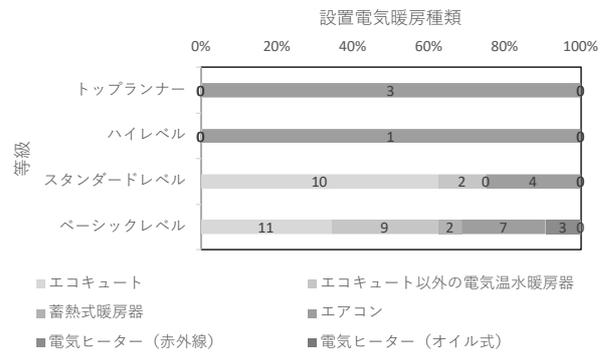


図-2 等級別導入暖房設備

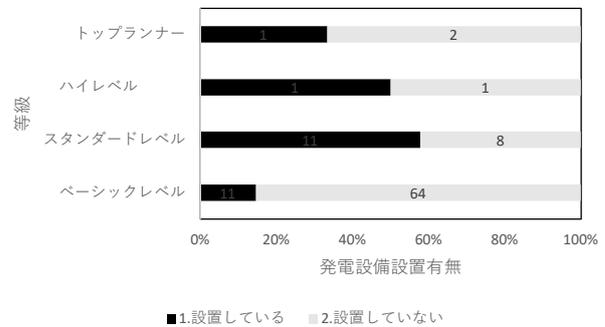


図-3 発電設備導入状況

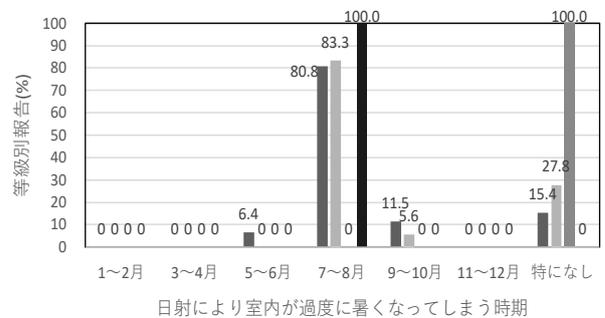


図-4 等級別夏場のオーバーヒート報告割合

どその与える影響は大きくなると推察された。北海道の住宅の室温と行動範囲について佐藤の研究³⁾では、「部分間欠暖房型住宅」と呼ばれる寒さによって冬期の間低温のまま使用しなくなる部屋の存在が示されている。また、野口らの研究⁴⁾では北海道の屋内生活の比重の高さと居間をはじめとした暖房の効いた主要室に居住者の生活活動が集約されていることが示されていた。

これらより住宅の断熱性能の向上と暖房範囲が拡張されたことで、高性能住宅全体の室温の均一化による低温室の消滅により、居間など主要室に固められていた行動が住宅全体に分散されていると考えられた。

4. 熱損失計算書の分析

アンケート対象者から、設計時に札幌市に提出される熱損失計算書を用い分析を行った。また、平成27年度の札幌版次世代住宅基準の改正により基準が熱損失係数Q値から外皮平均熱貫流率U_A値へと変更となった。この変更によって住宅の外皮性能の重要性が高まった。そこで、外壁、床、天井、基礎の断熱材厚さとU_A値の関係について分析した。

結果U_A値の低い住宅の外壁、基礎断熱は厚くなる傾向があったが、図2、図3で表すように屋根、床ではU_A値の高い住宅のほうが、断熱材が厚くなる傾向が見られた。この理由として屋根にはもともと厚さがあること、断熱性能の高い住宅は基礎の断熱材が厚いことが考えられる。ただ、屋根断熱を実施している住宅は少なく、多くの住宅は天井断熱を重点的に行っていた。

5. 一次エネルギーと採用暖房種類の分析

5.1 概要

札幌版次世代住宅における暖房負荷の実態を調査するため、燃料消費量より各住宅の内外温度差を1℃あげるのに必要な一次エネルギー（以下、一次エネルギー実績Q値）を求め、熱損失計算書より求めたQ値（以下、設計Q値）との比較を行った。本研究では25軒より3年分のガス、電気、灯油の消費量のデータを得て、分析を行った。

5.2 一次エネルギー実績Q値と設計Q値の比較

住宅ごとに燃料消費量を熱量換算し、1日の1㎡あたりの一次エネルギー消費量を求め、日平均内外温度差との分布を見た。結果、図-8に示すような強い相関関係があり、近似曲線の傾きから一次エネルギー実績Q値を得た。これを設計Q値と比較を行い誤差の現れ方をみた。

結果採用暖房ごとに誤差の分布に特徴が表れた。器設計Q値との採用暖房ごとの分布を図-9に表す。暖房種類ごとの誤差の分布としては、電気暖房を選択した住宅は一次エネルギー実績Q値が設計Q値に比べて大きくなる傾向があり、特に電気ヒーター等エコキュートとエアコン以外の電気暖房では、より一次エネルギー実績Q値が大きく出やすいことが分かった。ガス暖房を選択した住宅は設計Q値に比べ一次エネルギー実績Q値は小さくなる傾向があることが分かった。エアコン使用者は設計Q値と実績Q値の差が小さいことが分かった。このような特徴が表れる原因としては各暖房のCOP差があると考えられる。各暖房の正確なCOPまでは分からないが、暖房毎のおおよその特徴が分かった。

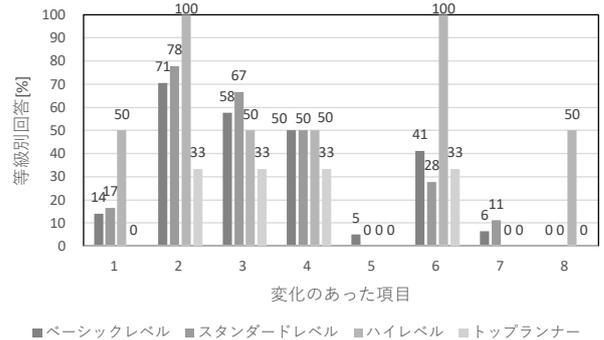


図-5 住宅高性能化に伴う生活スタイルへの影響

表-1 転居後の生活の変化についての選択項目

1	燃料費が抑えられるようになり生活にゆとりが生まれた
2	家全体が暖かいのでほぼすべての部屋を活用している
3	就寝・起床が楽になった
4	補助暖房・冷房を使わなくなった
5	補助暖房・冷房を使うようになった
6	住宅全体を暖めるため補助費や省エネルギーに気を配るようになった
7	特に変化はない
8	その他

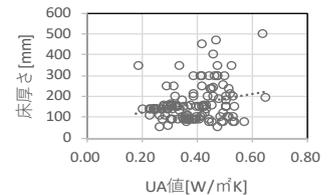
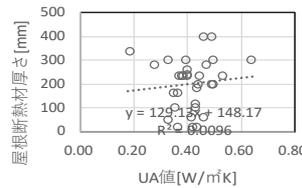


図-6 屋根断熱とU_A値の関係

図-7 床断熱とU_A値の関係

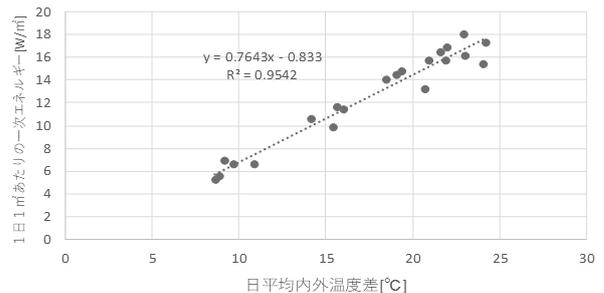


図-8 一次エネルギー実績Q値の算出

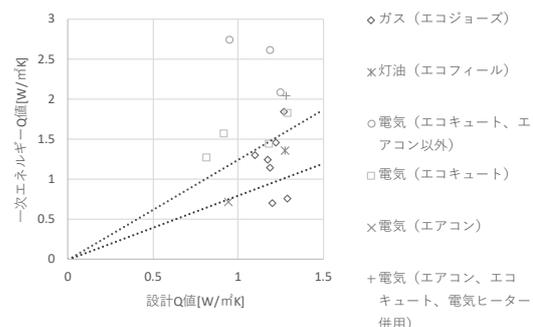


図-9 採用暖房ごとの一次エネルギー実績Q値と設計Q値の関係

6. 実測調査

6.1 概要

アンケート対象者の中から協力者をつのり、札幌版次世代住宅の室内環境の実測調査を行った。現在までに5軒で調査を行い、対象住宅のリビング、玄関、寝室、脱衣所に図-10の計測器を10日間設置し室温データを収集した。データの収集は5分毎に自動で行われ設置場所は指定した部屋内であれば居住者の任意とした。

得られた室温分布を図-11にてまとめた。本研究で扱うデータは先述のベーシックレベル4軒とスタンダードレベル1軒の計5軒であるが、本調査は最終的に全40軒での調査を予定している。

6.2 結果

図-11に示す通り住宅A以外で箱とひげの長さが5°C程度以内に収まり、各部屋の室温変動が小さい。また、各箇所の室温差は玄関を除いた3箇所の箱が5°C以内で分布しており、各部屋間の温度差が抑えられていることが分かった。

また、 U_A 値が0.4以上の住宅では室温の低い外れ値が多数見られ、断熱性能が低いほど室温の低い外れ値が多く見られた。一方、断熱性能の高い住宅では室温の低い外れ値は少なく、 $U_A=0.29$ の住宅Eでは室温の高い外れ値が見られる結果となった。これは開口部の開閉により部屋外の空気が流れ込むことにより瞬間的に室温が変化したことによるものと考えられた。

7. 総括

本研究で明らかとなった知見を以下に示す。

- (1) 暖房設備は灯油4%、ガス43%、電気65%の採用率であり、等級が高い住宅程電気の採用率が高まり、冷房の使用も等級が高いほど多かった。日射により室内が過度に暑くなるという報告が学等級で80%以上が回答し、
- (2) 高性能住宅へ転居後9割以上の回答者が部屋の使い方、燃料費、起床就寝、暖房節約意識、暖冷房の使い方のいずれかに変化を感じており、特に部屋の使い方の変化の回答が多かった。これは従来では居間に集約されていた行動が他の部屋へ分散されていることが推測された。
- (4) 熱損失計算書より天井と床の断熱厚さは U_A 値への影響が小さいことが分かった。
- (5) 一次エネルギーQ値と設計Q値を比較すると、COP差による採用暖房ごとの誤差の分布特徴がみられた。
- (6) 実測調査の結果、札幌版次世代住宅基準を満たす住宅では、各部屋間の温度差は小さいことが確認された。

8. 今後の展望

得られた一次エネルギーQ値からエネルギー消費量を削減するための課題を考察するほか指標としての活用を考案する。また、実測調査は現在も実行中でありデータの収集と分析を続行する。

参考文献

- 1) 丸山翔永 森太郎;高断熱住宅の設計手法の分析とエネルギー消費実態に関する研究 日本建築学会環境系論文集(748),pp515-521,2018,6
- 2) 丸山翔永 森太郎ら;寒冷地における良質な住宅ストック形成に向けた断熱性能の推定手法に関する研究 環境工学II(2018),pp563-564,2018-07-20
- 3) 佐藤勝泰;住宅の温度環境と生活行動・生活範囲北海道の戸建て住宅計画に関する研究(1) 道都大学紀要 美術学部(28), pp145-155,2002-03
- 4) 野口孝博 足立富士夫;北海道の住生活様式積雪寒冷地の住戸計画に関する研究 日本建築学会論文報告集 312(0), pp84-91,1982
- 5) <https://www.city.sapporo.jp/toshi/jutaku/10shien/zisadai/zisadai.html> 札幌市札幌版次世代住宅基準について 2020年1月17日閲覧

謝辞

本調査のアンケート作成及び実施にあたり、札幌市都市局市街地整備部住宅課の方より多大なご協力をいただきました。記して誠意を表します。



図-10 使用計測器

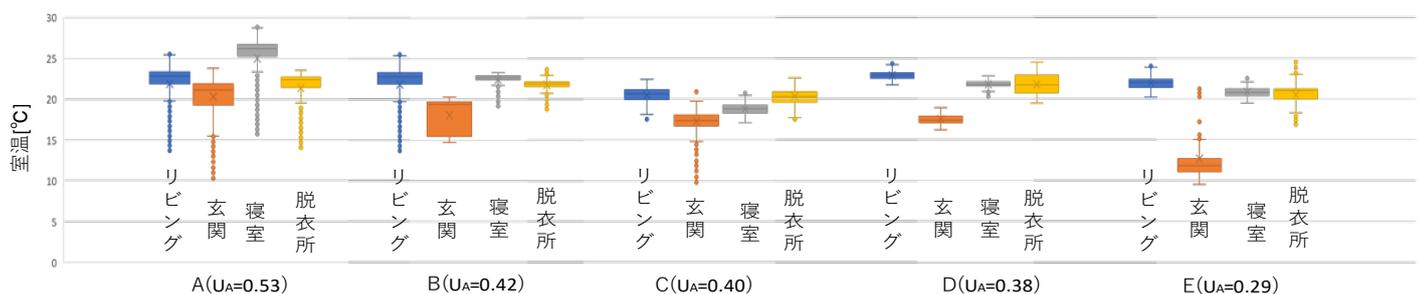


図-11 住宅別「リビング」「玄関」「寝室」「脱衣所」の室温分布