

住宅分野の省エネルギーと 快適性の両立に向けた技術動向

市場戦略サービス部係長 武田 史人

Keyword : ZEH, 断熱性, 気密性, 省エネルギー基準, HEMS, IoT, 情報セキュリティ

1. はじめに

2011年3月の東日本大震災を経て、国民が住宅性能で重視する項目が変化している。

住宅金融支援機構が2011年度に民間住宅ローン利用者を対象に調査を行ったところ、東日本大震災前は住宅を価格・費用で重視する傾向があったが、震災以後は価格・費用が最優先項目ではあるものの、その割合は低下し(72%→61%)、耐震性能(23%→45%)、災害に対する安全性の高い立地(17%→29%)、省エネルギー性能(16%→22%)、耐久性(14%→20%)等の性能に重きが置かれるようになった。

また、国土交通省が2012年に実施した国民意識調査において、住宅の性能に関して重視する点をアンケート形式で3つまで選択してもらったところ、住宅性能では、耐震性能と省エネルギー性能への関心の高さが伺えた。

本稿では、住宅の省エネルギー性能に関する技術動向をまとめた。

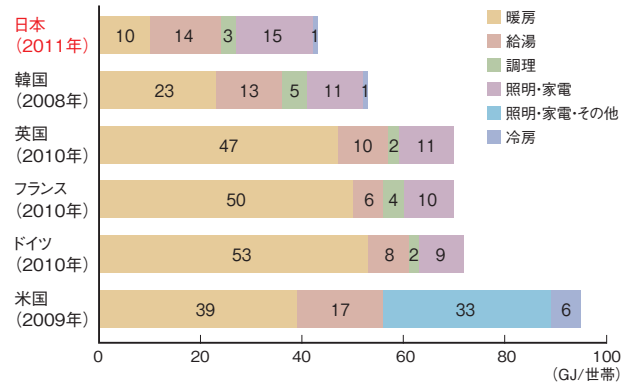
2. 住宅の省エネルギー基準とZEHの取り組み状況

2.1 省エネルギー基準とエネルギー消費量

日本では、1980年に住宅の省エネルギー基準が制定され、1991年と1999年の2度にわたり省エネルギー基準が改訂されたが、それらは任意基準とされていた。しかし東日本大震災以降、2013年に「改正省エネルギー基準」が導入され、2020年度以降はすべての新築住宅において、この基準が義務化されることとなる。現在施行されている次世代省エネルギー基準では、地域ごとに断熱性能の要求が異なり、8地域に区分されている。

日欧米の暮らし方をみると、日本では断熱性の悪い住宅で居室のみを間欠的に冷暖房する暮らし方に対し、欧米諸国では断熱の良い住宅で全館連続暖房する暮らし方になっている。

現状の世帯当たり用途別エネルギー消費量の国際比較を図1に示す¹⁾。図1より、日本は暖房に対するエネルギー消費量が他国と比べて極端に少ない。日本は、我慢をしながら省エネルギーに努める暮らし方となっている。



出典：日本エネルギー経済研究所，2014年

図1 世帯当たり用途別エネルギー消費量の国際比較

2.2 ZEHに対する国の支援と現状

エネルギー基本計画に明記されたネット・ゼロ・エネルギー・ハウス (ZEH: Net Zero Energy House) の政策目標として、経済産業省では2020年までに新築住宅の過半数をZEHとすることをロードマップ上で掲げている。その施策として、同省はZEHの価格低減および普及加速化のため、高性能建材、高性能設備機器、蓄電池等の導入を支援している。2016年度の「ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス支援事業」の予算額は110億円であり、同年1戸当たりの支援額は定額125万円(寒冷地特別外皮強化仕様住宅には150万円)であった。2017年度のZEH補助額は、75万円/件(地域区分・建物規模によらず全国一律)となっている。

ここで留意すべきことは、申請金額合計が補助金の予算を上回った場合、2016年度の場合は性能順で採択されるため、ZEH基準を満たす住宅だったとしても、予算枠の制限により助成が受けられない場合もあることである(2016年度の採択率は約60%であった)。

多くの住宅メーカーや地域工務店では、ZEH仕様を標準としていないため、ZEH対応とするためには、太陽光パネル、高气密・高断熱仕様、ホームエネルギーマネジメントシステム (HEMS: Home Energy Management System)、ZEH設計費用等の追加費用が発生する。

施主が追加費用をかけてZEH申請をしても、上記のとおり助成が受けられない可能性も生じるため、住宅メーカーも積極的にZEHを薦めにくい状況にある。

2.3 省エネルギー住宅やZEHの効果

近年、ヒートショックが問題となっているが、ヒートショックは急激な温度変化により血圧が大きく変動し、失神や心筋梗塞、脳梗塞などを引き起こすもので、特に冬場に集中する。入浴中の心肺停止件数を都道府県別にみると、沖縄県が最も少ないが、これに次いで少ないのは北海道、山梨県、青森県となる。ヒートショックは寒冷地が多く、外気温の低下から生じるイメージがあるが、実際には寒冷地の住宅は寒さに対応した温熱環境が整っているため、かえってヒートショックの件数が少ない。

省エネルギー住宅やZEHは、エネルギー消費量や光熱水費の削減、快適性の向上だけでなく、疾病の防止にもなる。

3. 省エネルギー住宅の要素

3.1 断熱性と気密性の指標

断熱性と気密性を測る数値として、 U_A 値とC値がある。 U_A 値は外皮平均貫流率といわれ、住宅全体の断熱性能を示すものである。外壁、床、天井、屋根、窓、ドア、換気等の各部位からの熱損失を合計し、外皮面積（外壁、床、天井、屋根、窓、ドアなど）で除して求める。

C値は相当すき間面積といわれ、延床面積に対する「すき間面積」の割合を示す、数値的に表した気密性を評価するものである。

U_A 値およびC値ともに、値が小さいほど気密性が優れる。

3.2 換気

2003年より建築基準法の中でシックハウス対策に係る規制が導入され、原則としてすべての建築物に機械換気設備の設置が義務付けられた。それにより住宅の居室には、換気回数0.5回/h以上（1時間で半分以上の空気の入替え）の機械換気設備（いわゆる24時間換気システム等）の設置が必要とされた。ここで、機械換気方法は大きく「第1種換気」「第2種換気」「第3種換気」に分類される。

給気と排気をファンで行う第1種換気では、熱交換器を設けることにより熱の回収が行える。安定して外気を供給しながら室内の空気を排気することから最も高額であるが、省エネルギーに貢献するため、省エネルギー住宅では第1種換気が主流となっている。

給気はファンで行い、排気は自然換気で行う第2種換気は、ランニングコストが比較的少ないメリットがあるが、夏の湿気の高い外気や冬の低温外気を強制的に給気してしまうため、第2種換気を採用しているメーカーはほとんどない。

自然給気口を設け、ファンで排気する第3種換気は、キッチンの換気扇を排気ファンと見なすこともできるため、安価な設置が可能となる。そのため主に一般住宅で

用いられることも多い。

換気における省エネルギーの指標として、熱交換換気システムの温度交換効率が重要となる。

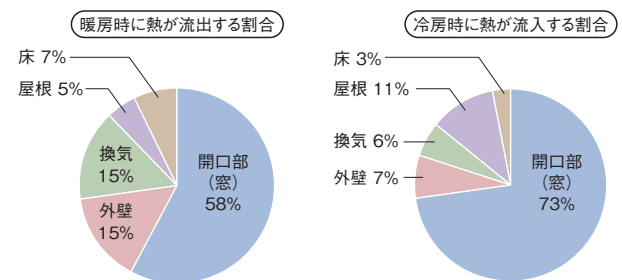
3.3 窓の断熱

夏涼しく冬暖かい住まいを実現するためには、断熱性を高めることが極めて重要となるが、その断熱性に最も影響を与えるのが窓である。日本建材・住宅設備産業協会によると、一般住宅では、暖房時に熱の58%が窓から流出し、冷房時は73%の熱が窓から流入することが報告されている²⁾(図2)。

窓の断熱性能は、U値（熱貫流率、 $W/m^2 \cdot K$ ）で表われ、部材の熱の通りやすさを示す。U値が小さいほど断熱性が高い。

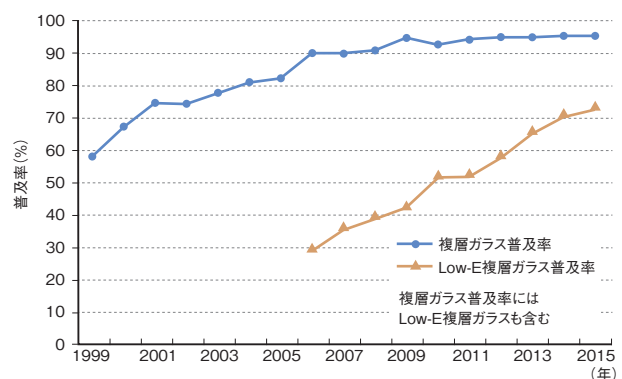
日本では、寒冷地に行くほどU値の基準が厳しくなり、1～3地区（北海道を中心とした地域）のU値基準は2.33以下、5～7地区（関東地域～九州地域）では4.65以下と定められている。しかしながら、世界の窓の断熱性能基準と比較するとこの値は厳しいものではなく、たとえばドイツでは全土で1.3以下、米国の北部地区では1.7以下、南部で3.41以下と定められている。

窓は枠とガラスから構成されているが、ペアガラス（複層ガラス）やLow-Eペアガラス（遮熱タイプ）といった断熱性の高いガラスは、日本国内でも一般化されてきた。新築一戸建の、複層ガラス/Low-E複層ガラスの戸数普及率の推移を図3に示す³⁾。



出典：日本建材・住宅設備産業協会のデータを元に作成

図2 暖房時・冷房時の熱の流出入割合



出典：板硝子協会のデータを元に作成

図3 新築一戸建における複層ガラス/Low-E複層ガラスの普及率の推移（棟数普及率）

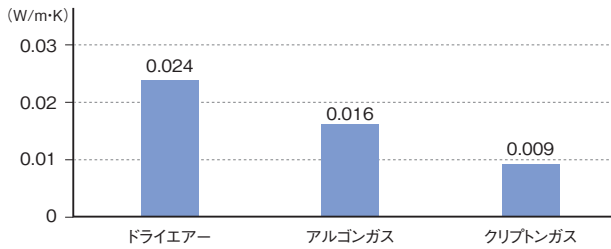
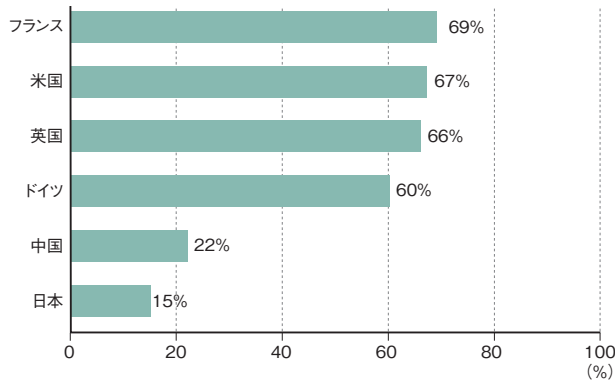


図4 気体の熱伝導率



出典：[日本]住宅建材使用状況調査，日本サッシ協会（2016），[米国・EU]日本樹脂サッシ工業会（米国 2010～2011，EU 2005），[中国]樹脂サッシ普及促進委員会（2000），[韓国]日本板硝子調査データ（2011）を元に作成

図5 各国の樹脂窓枠の普及率

ペアガラスの中空層は空気とする場合もあるが、熱伝導を抑えるガスを充填する場合もある。空気以外の充填ガスとしては、アルゴンガス、クリプトンガスが一般的である。気体の熱伝導率を図4に示す。

窓の断熱性能の中で大きく影響するのは、ガラスよりもむしろ窓枠にある。日本の窓枠の大半は、加工のしやすさや工場ラインでの製造のしやすさから、アルミ製が8割以上となるが、ドイツではアルミサッシの採用は禁止されている。各国の樹脂窓枠の普及率を図5に示す。

アルミの熱伝導率は、樹脂や木材と比較すると約1,000倍も高く、世界的には樹脂サッシあるいは木質サッシが一般的である。ただし、木質サッシは定期的に再塗装する必要があるため、日本では木質サッシよりも樹脂サッシの人气が高い。また、室内を樹脂サッシとし、室外をアルミサッシとする樹脂アルミサッシも多く用いられている。

3.4 太陽光発電システム

2016年度の太陽光発電の余剰買取価格は、10kW未満の場合31円/kWhと、2012年度の40円/kWhと比して9円下落している。そのため、余剰電力の売買による経済性よりも、自家消費による電気代節約の意味合いが強くなっている。現在は、既築住宅よりも新築住宅において、太陽光発電システムを標準仕様としている住宅で導入される場合が多い。

住宅屋根の太陽光発電パネルは、屋根置き型と屋根一体型がある。表1に各メリットとデメリットを整理した。

表1 屋根置き型と屋根一体型のメリットとデメリット

	屋根置き型	屋根一体型
メリット	設置費用を安く抑えられる	見た目が美しい
	日射遮蔽の効果が見込める	建物の負担が少ない
	熱の逃げ場ができ発電効率が良い	施工が速い
	メンテナンスが容易	屋根施工時の損傷が少ない
デメリット	屋根一体型と比較し、設置面積が小さくなる	モジュールに熱がこもりやすく、効率が下がる
	施工不良により、雨漏り等が生じることがある	屋根の一部と見なされて固定資産税がかかる
	設置重量が限られる	故障の際の修理が難しい

屋根一体型とした場合、パネルに固定資産税がかかるが、固定資産税は評価額×税率（標準1.4%）となる。その額は1m²当たり約200円程度（償却資産のため年々下がる）であり、5kWの太陽光発電パネルを設置した場合、年額1万円程度である。

3.5 太陽熱利用システム

太陽熱利用システムは、太陽の熱エネルギーを使って温水や温風をつくり、給湯や暖房に利用するものである。太陽熱利用は、給湯負荷の大きいホテル、病院、福祉施設、共同住宅、学校を中心に設置される例が多い。

太陽熱を直接利用した場合のエネルギー利用効率は50～60%と、太陽光発電のエネルギー利用効率の10～15%に対し高い。家庭で使うエネルギーの用途別割合（2014年）は、図6の通り家庭で使うエネルギーの半分以上が暖房や給湯の熱エネルギーであり、これらは太陽熱を活用することで削減できる。

総務省の実施した「平成26年（2014年）全国消費実態調査」によると、太陽熱利用システムは、1980年代初頭には世界一の導入量をみせていたが、太陽光発電の住宅普及率は6.6%（2009年度調査：1.5%）、太陽熱利用の普及率は3.4%（同9.0%）と、太陽光発電に押されたかたちとなっている⁴⁾。

太陽光発電に比べて普及率の低い原因として、①太陽光発電システムと異なり、熱エネルギー以外に変換できず使う用途が制約されること、②家庭向けには太陽熱利用システムの国からの助成制度がないこと、③タンク一体型の場合、屋根の上部にタンクが突き出てしまい外観

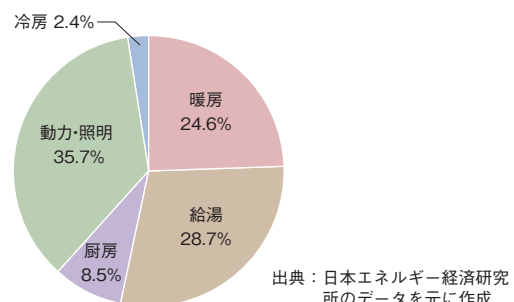


図6 家庭で使うエネルギーの用途別割合（2014年）

の見栄えの悪さが懸念されることが挙げられる。一方、太陽熱利用システムを活用しながら、グッドデザイン賞を受賞している例もある。

太陽熱と太陽光発電の両エネルギーを無駄なく活用するため、太陽光発電パネルと太陽熱集熱パネルを組み合わせたシステムの取り組みも行われている。

3.6 床暖房システム

エアコンは対流熱により部屋を暖めるものであるのに対し、床暖房システムは輻射熱により暖めるものである。床暖房は気流が生じないため、①床面から天井までの室温にムラがないこと、②ほこりを舞い上げることがないため健康的であること、③皮膚から水分が蒸発しにくいこと、等の利点がある。特に高齢者にとっては、エアコンによる足部の冷えが快適性に影響を与えている⁵⁾。

一方、床暖房はインシヤルコストが高いため、新築の際に設置される場合が多い。床暖房システムは、高断熱・高気密の住宅で初めて成り立つものであり、それらの条件を満たさない中で床暖房を利用すると、エネルギーコストが高くなる。

3.7 コージェネレーション

家庭用コージェネレーション設備として、エネファームがある。都市ガスやプロパンガスから水素を取り出し、空気中の酸素と化学反応を起こして発電する燃料電池で、発電の際に発生する排熱を使ってお湯を沸かし、給湯や暖房に使うことでエネルギーを効率的に活用するものである。

エネファームの価格は2009年と比較して、2016年は半額程度となっており、コンパクト化も進んでいる。普及台数の目標としては、2020年に140万台、2030年に530万台（全世帯の約1割）とされている。

エネファームは自宅で直接発電するために送電ロスが発生せず、熱と電気の両方のエネルギーが活用できるため、エネルギー利用効率は85～95%となる（大規模発電所から送電した場合のエネルギー利用効率は約40%）。

東日本大震災時にエネファームが運転できなかった反省を踏まえ、現在は燃料電池ユニットに停電時発電継続機能を内蔵したモデルが発売され、エネファームが発電中に停電した場合でも自立運転に切り替わり、5kWで最長4日間（96時間）使用することができる（ただし、ガスの供給が停止している場合は発電継続運転はできない）。

併せて電気やお湯が使用される時間帯を学習し、発電運転時間を決定する学習機能も搭載されている。

3.8 HEMS

HEMSは、エアコンやスマート家電等の制御、エネルギーの流れや使用量の「見える化」、創エネ、蓄エネ、

商用電源の最適化制御等を行うシステムである。

現状では自社製品を中心に接続されることが多いが、家電、住宅設備の共通の通信規格であるECHONET Liteに基づき、異なるメーカーの住宅設備や家電がつけられるようにする動きもある。

Fujisawaサステイナブルスマートタウン（神奈川県藤沢市）では、民間企業と藤沢市の官民一体の共同プロジェクトとして、1,000軒以上のスマートハウス群が建てられ、ここにHEMSが標準搭載されている。

一般にHEMS画面では、電力使用量、電力料金、太陽光発電量に関する表示が見られるが、ガスや水道に関してはデータの取得は行われないケースが多い。同一家庭内での機器ごとの電力消費量の経時比較は表示されるが、現状ではHEMSの普及率は1%未満と比較対象が少なく、他家庭との比較が行われることは少ない。

国土交通省が発表した「グリーン政策大綱」では、2030年までに全世帯（5,000万世帯）にHEMSを普及させる目標を打ち出している。

4. 情報セキュリティ

2016年12月3日の日本経済新聞によると、インターネットに接続した世界中の防犯カメラやビデオ録画機といった「IoT機器」130万台以上がウイルスに感染しており、日本国内のIoT機器も約千台の感染が確認されたとの報告がある。なかでもベトナム、中国、ブラジルなどで製造されたIoT機器による感染が多かったといわれる。

海外に目を向けると、米国のネットセキュリティ会社が発表したところでは、2013年12月から1月にかけて、テレビや冷蔵庫等の10万台の家電製品がウイルスに感染し、75万通のスパムメールが個人や企業に送信されたことが報告されている。

2016年、経済産業省および総務省は「IoTセキュリティガイドライン」を策定した。製造業をはじめ、インターネットにつながるモノを活用するすべての企業は、IoTによるイノベーションを推進する一方で、情報セキュリティ面でも安全の確保に取り組むことが必須となっている。

インターネットへの接続が、PCからスマートフォン、さらにモノ自体に移行するにつれて、利用者のウイルス対策の意識は薄くなる傾向にある。IoTに関し、ウイルス対策が想定されていない製品もある。

IoT対応機器がウイルスに感染した場合、責任所在は、利用者よりもむしろ製造者が負わされるケースが増えてくることも予測される。2020年までに2千億個のモノがインターネットと接続されるといわれ、万全な情報セキュリティが求められている。

そのような中で、IoTのセキュリティに関するガイドラインも数々登場している。経済産業省および総務省は、

2016年に「IoTセキュリティガイドラインVer1.0」を策定し、IoTシステムの安全性、セキュリティに関するリスクとその対策を示している。

5. まとめ

住宅分野の省エネルギーと快適性の両立に向けた技術動向として、国内のエコ住宅の動向を紹介した。

欧米と比べて、日本では断熱性の高くない住宅に住みながらも、冷暖房を必要最小限に抑えることで省エネルギー、省コストを図ってきた。

一方、2013年に導入された改正省エネルギー基準が、2020年には新築住宅で義務化される。さらに2030年までには新築住宅のZEH仕様を標準化させる目標を定めており、省エネルギーと快適性の両立を図ろうとしている。

高断熱住宅とすることで、省エネルギーばかりでなくカビ・ダニの増殖が抑えられ、アレルギー性鼻炎やアトピー性皮膚炎の減少、またヒートショックのリスクの軽減も図られ、健康改善の面でもメリットは大きい。

省エネルギーと快適性向上のための取り組みのニーズは、今後さらに高まるものと推測される。

〔参考文献〕

- 1) 日本エネルギー経済研究所：家庭用エネルギーハンドブック，2014
- 2) 日本建材・住宅設備産業協会：http://www.kensankyo.org/syoene/qanda/mado/a_9.html，2017.4.3
- 3) 板硝子協会：複層ガラス普及率とLow-E複層ガラス普及率の推移，http://www.itakyo.or.jp/upload/ecoglass_penetration_20160506.pdf，2016.5.6
- 4) 総務省：平成26年全国消費実態調査，2015
- 5) 樋口暢子，栃原裕：実験モデル住宅内における床暖房・エアコン暖房使用時の高齢者の生理・心理反応，空気調和・衛生工学会論文集，No.135，2008.6



たけだ ふみひと
武田 史人

市場戦略サービス部係長
FM、エネルギー分野の市場調査、技術調査、新エネルギー関連、環境関連の事業企画・市場性評価を担当
認定ファシリティマネジャー

Synopsis

Technological Trends toward Balancing Energy Conservation and Comfort in Housing

Fumihito TAKEDA

A look at what the public demands from housing shows that increasing stress is being placed on performance while pricing and costs are becoming lower priorities than before. Eco housing needs not only to achieve low levels of energy consumption but also to increase comfort.

Japan adopted revised energy-conservation standards in 2013, and all newly built housing will be required to comply with these standards beginning in 2020. The Ministry of Economy, Trade and Industry has set a policy goal of net zero-energy housing (ZEH) accounting for one-half of all newly constructed homes by 2020 as a ZEH roadmap, and it is supporting the adoption of high-performance building materials and fixtures, batteries, and other technologies as outlined below.

Efforts toward improvements in thermal insulation and airtightness are important as energy-conservation initiatives. Windows have a particularly strong impact on thermal insulation, and the penetration rates of double glazing windows and shading low-E paired-glass windows in newly constructed housing in Japan are increasing from year to year. At the same time, in Japan more than 80% of window frames, which have the greatest impact on windows' thermal insulation performance, are made of aluminum, a material that has a high rate of thermal conduction. When considering thermal insulation performance, Japan remains behind Europe and North America, where resin or wood sashes are the mainstream.

With the drop in purchase prices of a feed-in tariff, most consumers install solar power systems in order to reduce their home electricity consumption. There are two types of solar panels—those installed on rooftops and those integrated with the roof—and each has its own strengths and weaknesses in terms such as installation costs, external appearances, and maintenance.

While systems for use of solar heat have lower rates of penetration than solar power systems, they do offer high-energy efficiency.

Floor heating systems offer comfort advantages such as resistance to variations in room temperature and the ability to avoid the discomfort of cold feet. However, their cost benefits are dependent on highly thermal insulated and airtight residences.

Home fuel cells can be used with both thermal and electrical energy and offer high levels of energy efficiency, at 85-95 percent. Their prices also are decreasing from year to year. Types available at present include models with features for ensuring an uninterrupted power supply during power failures and those with learning features that determine the timing of operation of power generation to match the hours in which electricity and heat are consumed.

While most home energy management systems (HEMS) connect mainly to products from the same manufacturer, there is a trend toward enabling connection with home fixtures and appliances from different makers based on the ECONET Lite communication standard.

As innovations advance through use of Internet of things (IoT) technology, there are increasing needs for efforts to ensure information security as well.