エコガラスやエコガラスS（高機能ガラス）の標準化で脱炭素時代のニューノーマルに適合した建築物を実現

Vol.1

芝浦工業大学
教授・博士（工学）
秋元孝之先生

地球環境にやさしい住まいづくりに欠かせない高機能ガラス。
建築の研究に携わる研究者のみなさまに、現在と未来の建築物や、窓について語っていただきました。

Profile

秋元孝之（あきもとたかし）
博士（工学）、一級建築士。建築環境設備研究室。
早稲田大学大学院理工学研究科建設工学専攻修了。カリフォルニア大学バークレー校環境計画研究所に留学。
清水建設株式会社、関東学院大学工学部建築学科を経て、現在、芝浦工業大学建築学部長・教授。
専門分野は建築設備、特に空気調和設備および熱環境・空気環境。著書に「サステイナブルハウジング」（監修、東洋経済新報社）、「CASBEE入門」（共著、日経BP社）、「基礎教材 建築設備」（監修、井上書院）、「環境デザインマップ 日本」（監修、総合資格）、等がある。

カーボンニュートラルに向け法制度の整備を加速化

――秋元先生がご専門とされている建築設備の研究について、内容を教えてください。また、建設工学を目指したきっかけもお教えください。

魅力的な建築、美しくて大きな建物を創ってみたいと思い、建築学科を選びました。
建築デザインも好きですが、実際に建物を利用する人、そこで働いたり暮らしたりする人々が、日常の生活の中で最も快適に過ごすことができる空間を創りたいと考えています。地球環境問題についても、その頃から注目をしていました。

縁あって大学の研究者、教員になり、より少ないエネルギーでより良い環境を実現するための活動をしています。建築環境デザイン、建築設備の地球環境への影響、また、新たな工夫を伴った次世代の建築設備に関する研究もしています。地球環境への負荷を少なくするにはどうすべきかということがテーマですが、それを念頭に置きながら、室内の環境、建物のデザインや外皮（外壁・窓など）、そして街区レベルの都市へと、ミクロからマクロまで包括した研究をしています。

環境に配慮したデザインとして、自然のエネルギーをいかに効率的に取り入れるかを考えて、建物・住宅の窓の開口部から自然の風を取り込んだり、必要なときに日射を遮ったり、取り入れたりすることができるパッシブデザインが挙げられます。合わせて住宅全体の断熱性能、気密性能を上げることで、室内環境をコントロールしやすくすることも可能になります。
しかしながら外界の条件によっては、自然エネルギーを有効活用するだけでは、最適な室内環境を実現することは難しい。そのためには機械設備をうまく活用したアクティブデザインを融合させることが必要です。研究室では、人にも地球環境にも優しく、最適な建築デザインの研究をしています。

――「2050年のカーボンニュートラル宣言」に向けて、今後の建築物をつくる上で、どのような努力が必要ですか？

日本政府は、2050年のカーボンニュートラル宣言の前段階として、2030年までにCO_2排出量の46%を削減すると宣言しています。業務その他の部門で51%、家庭部門には66%の削減が求められています。そのためには省エネルギーを徹底し、太陽光発電などの再生可能エネルギーを最大限に導入することが必要です。2030年度まで、残された期間はあと8年。相当に高いハードルがあると考えています。

住宅に住まう人や建物で働く人のためには、健康で快適で安全・安心、いわゆるノン・エナジーベネフィットを確保しなければなりません。同時に、脱炭素を実現することが求められているのです。建築物を新しく建てる際には、ビルのZEB（ネット・ゼロ・エネルギー・ビル）化、住宅のZEH（ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス）化、LCCM（ライフ・サイクル・カーボン・マイナス）住宅化を推進することが大事でしょう。脱炭素時代のニューノーマルに適合した住宅建築を実現していくことが必要なのです。

――カーボンニュートラルを目指す中で、戸建、共同住宅、非住宅、ストック住宅、それぞれについての課題と取り組み方法について教えてください。

地球温暖化対策計画の削減目標が、2022年3月に大きく引き上げられました。第6次エネルギー基本計画では、住宅・建築物の省エネルギー対策や、太陽光発電の設置割合についても触れられています。現在、新築住宅の省エネ基準適合率は8割を超えていますが、2025年に住宅も省エネ基準への適合が義務化されることになっており、さらに高いレベルを目指さないといけません。

戸建、共同住宅、集合住宅、非住宅、ストック住宅、それぞれに、国や自治体のさまざまな補助事業があります。例えばZEHや集合住宅のZEH-M（ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス・マンション）の実現には補助金施策が継続され、活用の機会が増えています。不動産ポータルサイト等における住宅省エネ性能の目安光熱費表示の任意制度によって、住宅でどのくらい年間の光熱費がかかるのかを表示することで一般の住まい手に情報提供する動きがはじまっています。さらに、2022年4月に住宅性能表示制度が改正され、2022年10月には戸建住宅の断熱等性能等級に断熱等級6・7が新設されます。改正長期優良住宅法・住宅品質確保促進法（品確法）・低炭素建築物認定制度といったカーボンニュートラルに向けたさまざまな法制度や規制が、新たに作られたり見直されています。

住宅全体の断熱性能が向上してきていることは、現在の省エネ基準、建築物省エネ法の省エネ基準への適合率の数値にも現れています。その際、外皮の断熱性能、壁や屋根だけではなく熱に最も弱いとされている開口部がエコガラスやエコガラスSと高機能サッシによって、急激に性能アップしていることが起因していると思います。そこに住まうことによって、住まい手が快適な室内の温熱環境を実感するという機会も増えているでしょう。
板硝子協会を含めた建築設備業界の努力が、この数年で奏効した結果が出てきていると思っています。

〈エコガラスの高断熱・遮熱性能〉

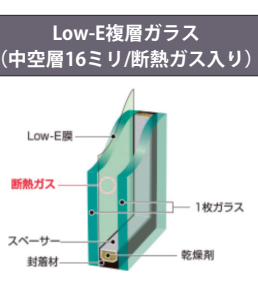
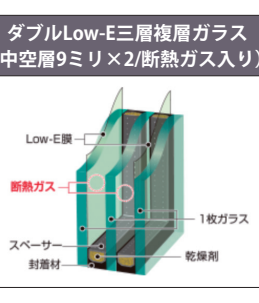
エコガラスは、板硝子協会の会員であるAGC（株）、日本板硝子（株）、セントラル硝子（株）の3社が製造するLow-E複層ガラスの共通呼称です。
Low-E複層ガラスは、複層ガラスの間に特殊な金属膜をコーティングしたガラスです。すぐれた断熱・遮熱性能で、ガラスからの熱の出入りを防いで、暑い夏も、寒い冬もお部屋を快適に保ちます。

断熱・遮熱性能に優れたエコガラスやエコガラスSで健康・快適のベネフィットを享受

――ZEH、ZEH+で、先生がお考えになる快適性・健康性に優れた住宅建築物とはどんなものですか？

ZEH、ZEH+という省エネルギー性が高く、再生可能エネルギーも活用できる住宅は、高い断熱性能、気密性能を確保することが必要になります。夏は外から入る熱、冬は外へ逃げてしまう熱があるので、これを最小限に抑えることが重要です。屋根、外壁の外皮性能を向上させることはもちろんですが、開口部である窓はもっとも熱の移動が大きい箇所になるため、エコガラスやエコガラスS、高性能サッシを用いることがとても大事になります。古い住宅の窓は、シングルガラスにアルミ製のサッシを使ったものが一般的で、熱の出入りが大きく結露が起こりやすいマイナス面があります。ガラス表面の温度が低いことで、コールドドラフトという下降気流が生じて、室内で過ごす人の足元が冷えたり、窓面が低温であるために冷やっとするような感覚を覚えることがあります。更には室内の空気温度の分布、温度分布が大きく生じます。温かい空気は浮力を生じて上に持ち上がりやすく、冷たい空気は下に溜まり、上下の温度の差が大きくなりやすいのです。すると足元が冷えて不快に感じたり、健康を害する可能性も出てきます。

〈エコガラスSのガラス仕様例〉

	Low-E複層ガラス（中空層16ミリ/断熱ガス入り）	ダブルLow-E三層複層ガラス（中空層9ミリ×2/断熱ガス入り）
ガラス断面イメージ		
ガラス中央部の熱貫流率※1	1.4［W/（m²・K）］	1.1［W/（m²・K）］
JISの断熱性能区分	T5	T6

※1：平成28年省エネルギー基準に準拠したエネルギー消費性能の評価に関する技術情報（住宅）による（出典：国立研究開発法人建築研究所）
各メーカー毎の詳細な仕様やガラス中央部の熱貫流率は、各社カタログにてご確認ください。

エコガラスの上位グレードとしてエコガラスSが誕生。エコガラスSの「ダブルLow-e三層複層ガラス」は、1枚ガラスの約5.4倍、複層ガラスの約2.6倍の優れた断熱性能を発揮します。

ですが近年、特殊な金属膜をコーティングしたLow-E複層ガラスを使い、断熱・遮熱性能に優れているエコガラスやエコガラスSと樹脂製あるいはアルミ樹脂複合のサッシは、ほぼ標準仕様となりました。そのおかげで非常に大きな省エネ効果が得られ、光熱費削減が実現し、経済的メリットのほか快適・健康のベネフィットを享受することができました。

住宅は、リビング、ダイニング、寝室スペースを居室、廊下、トイレ、脱衣室、浴室を非居室といいます。日本の住宅の多くは居室にエアコンや暖房器具があって、そこだけを集中的に暖めたり、冷やしたりしています。すると窓を含む断熱性能の悪い住宅の場合、冬の居室はエアコンなどの暖房器具が動いて暖かくしようとしますが、非居室部分は低温のままという状況が起きます。すると温度差が起こり、ヒートショックで健康を害するリスクを生じる可能性が高まります。
冬の寒い時期に居室から浴室に移動し、脱衣をして浴槽に入って温まる際、急激に血管が拡張して血圧が低下し、意識が混濁して溺れてしまうという事故も多いことが知られています。ZEHのような外皮の断熱性能が高い住宅であれば、住宅全体を適切な温熱環境にすることができます。全館空調においてもエネルギーは抑えられます。そういった意味でも、ZEHのような高性能の住宅を造っていただくことがとても重要です。

――今年3月に建材トップランナー制度の複層ガラスに新たな目標基準値が発表されました。目標基準値をクリアするには、まだまだ普及が進まないエコガラスSのさらなる採用拡大が必須となるため、もっと多くの方にも知ってもらいたいと考えています。今後、業界全体、また板硝子協会でどのように推進していくべきでしょうか？

最終的な目標としては、開口部、窓まわりの仕様を標準化するべきだと思います。今までのシングルガラス、アルミサッシの時代から、今後は新築住宅あるいは建物で、樹脂サッシ、アルミ樹脂複合サッシと高性能ガラスとの組み合わせが標準的になってくるでしょう。そうすると住まい手も、機能に加え市場にある高性能な開口部デザインを選ぶことに繋がります。ただ、どうしても製造ラインでコストは余計にかかります。ですが結果的に大量生産、大量消費、そして業界全体で同一のレベルを確保することによってコストダウンも期待できるでしょう。場合によっては、製品のライフサイクルやCO_2量のアセスメント、またリサイクル方法なども業界全体で考えることを目指してもらいたいと思っています。

それを加速化するために、高性能製品を実感できる機会を設けてほしいですね。最近では体験居住とか住宅展示場も含めてさまざまな取り組みがなされているので、高性能の窓、サッシとエコガラスSの窓を体感するような機会が増えると、一般の住まい手にアピールしやすくなると思います。

目標基準値

サッシ及び複層ガラスの次期目標基準値及び現行目標基準値からの改善率。

総合資源エネルギー調査会 省エネルギー・新エネルギー分科会 省エネルギー小委員会 建築材料等判断基準ワーキンググループにおける、「エネルギーの使用の合理化等に関する法律（昭和54年法律第49号）」に基づくサッシ及び複層ガラスの建材トップランナー制度の新たな目標基準値等についての審議取りまとめより。

区分		現行目標基準値［W/（m²・K）］	次期目標基準値［W/（m²・K）］	改善率
サッシ	引き違い	3.50	2.16	38.3%
	縦すべり出し	3.75	2.06	45.1%
	横すべり出し	3.69	2.04	44.7%
	FIX	3.35	1.87	44.2%
	上げ下げ	3.97	2.30	42.1%
複層ガラス		2.19	1.67	23.7%

※2030年に窓に求められる断熱性能は2.08（W/(m²・K)）。
サッシの現行目標基準値と次期目標基準値は、想定している標準ガラスの性能値が異なるため、性能改善率はサッシのみによるものではない。また、新制度では代表サイズでの計算となっている。
※サッシ及び複層ガラスの次期目標基準値は、2030年に窓に求められる断熱性能をベースに算出。

複層ガラスに関する建材次期トップランナー制度（一部参考）

1．次期トップランナー制度対象ガラス【概要】

ガラス構成	建物用途
ガラス総板厚み10㎜以下の複層ガラス	戸建・低層共同住宅等
ガラス総板厚み10㎜超の複層ガラスのうち片側が３㎜及び４㎜のガラスを使用しているもの	
ガラス総板厚み10㎜超の複層ガラスのうち三層以上の複層ガラス	

2．次期トップランナー制度対象ガラス【詳細】

① 複層ガラスのうち、Low-E 膜を塗布・蒸着していないガラスのみを使用した『一般複層ガラス』
② 複層ガラスのうち、Low-E 膜を塗布・蒸着したガラスを使用した『Low-E 複層ガラス（エコガラス）』
③ Low-E 複層ガラスのうち、2枚の板ガラス間の中空層に不活性ガス（アルゴンガス、クリプトンガス等）を封入した『不活性ガス入りLow-E複層ガラス（エコガラスS）』
④ Low-E複層ガラスのうち、3枚のガラスで構成される『3層複層ガラス（エコガラスS）』

経済産業省「総合資源エネルギー調査会、省エネルギー・新エネルギー分科会、省エネルギー小委員会、建築材料等判断基準ワーキンググループ　サッシ及びガラスに関するとりまとめ」（令和4年3月10日）より一部抜粋

――これからの健康長寿社会実現のための窓ガラスの役割について教えてください。

住宅の中で一番熱が移動しやすい窓まわりを、本来の目的である視認性は確保しつつ、断熱性能を高くしてもらえることには、大きな期待がかかっています。

カーボンニュートラルに向けて、サプライチェーン全体のCO_2排出量にも注視するという考え方もあって、ガラスを創るところからガラス・サッシがある住まいで生活する人の住まい方まで一気通貫したCO_2の排出減少を目指してください。一部では断熱性能を高くするために、一番影響を及ぼす窓まわりを小さくするデザインが増えるのではないかという危惧があります。業界・協会の方の努力で、大きな窓でも断熱性能が十分高い新技術の窓を開発し、それがノーマルになることを目指してもらいたいです。
エコガラスやエコガラスSの性能が高いことは明らかですから、それを正しく活用していただく方法や住まい方について、分かりやすく発信することに尽きると思います。

――外皮性能を高めると、特にビルのような建物では空調の効率化や、容量を下げることができ、プラスの省エネ効果があると考えています。それをみなさんに知っていただくためには、どのような情報発信を行っていくべきか、アイディアをいただけますか。

ご指摘の通り外皮性能がアップすれば冷暖房の負荷が軽減されるので、機器容量も小さくなってエネルギーもお得ですし、場合によっては機器のための機械室スペースも小さくなります。近年、熱負荷の様子も変わってきていますが、それは照明がLED化して発熱が少なくなったり、ノートパソコン化によってPCからの発熱が小さくなったことも要因です。今の外皮性能を上げて空調をダウンサイジングするような形で、こんな効果がありますということを謳うデータを示すことは可能ですよね。
Webプログラムや建築総合エネルギーシミュレーションツール「BEST」など、さまざまなタイプの建物熱負荷計算、空調シミュレーションをするようなツールで見える化することが良いと思います。

――省エネ以外の温熱環境貢献の指標、評価方法について教えてください。

住宅に関して言えばSDGs-スマートウェルネス住宅研究企画委員会（（一社）日本サステナブル建築協会, JSBC）において、どのくらいSDGsに寄与して住宅のウェルネス性能が高いかということを表示するツールの開発を行っています。全国調査をされている研究者の方たちが実施したエビデンスを基にして、評価ツールを作成しています。もうすぐ一般公開できるところですね。各自治体もそういったところに注目していて、環境性能も高くて住まい手にも大変メリットになるような住宅評価が求められています。他方でビルに関しては、CASBEE（建築環境総合性能評価システム）のウェルネスオフィスというような評価ツールがあって、エネルギー以外にどのぐらいその室内環境が高く、そこで働く人の生産性が上がるのかということまで評価できるようなツールが使えるようになっています。海外で言えばWELL認証（Well Building Standard）が有名です。日本でも健康とウェルビーイングに焦点を当てて空間と建築の評価をするようなシステムが運用されています。非住宅、ビルでも、いくつかその認証を受けているものがあります。CASBEEウェルネスオフィスもそれと関係が深いと思います。SDGsスマートウェルネス住宅の評価は進んでいます。

――2050年のカーボンニュートラルの目標達成に向けて先生からのメッセージを頂戴できますか。

東日本大震災や阪神・淡路大震災など、さまざまな自然災害、また新型コロナウイルス感染症というパンデミックなど、全く想像もしていなかったようなことが次々と起こっています。ですが、これはいろいろなことを見直すチャンスと前向きに捉えてほしいと思っています。その困難の中で、環境にも配慮して自分の健康快適、安全・安心などの要求をしっかり満たすような住まい、あるいは建築物を造っていただきたいのが協会や建築関係の方に向けてのメッセージです。また消費者の方には、その性能を良く理解した上で建築物を選んでいただくことを期待しています。まさにニューノーマルの時代です。不確実な現代に、どんどん新しい発想で世の中を導けるようなことを、私たち研究者は板硝子協会と共同してやっていきたいと思っています。