

ゼロ・エネルギー住宅の最前線とその先

今回は、ZEH ロードマップ検討委員会にて委員長を務められた芝浦工業大学教授 秋元孝之氏をお招きし「ゼロ・エネルギー住宅の最前線とその先」というテーマでご講演いただいた。

秋元氏は、日本の建築・住宅の省エネルギー分野において最先端の研究に携わられており、近年は、ZEH ロードマップ検討委員会において「ZEH の定義・評価方法」「ZEH の普及方策」について、委員長として取りまとめられている。

今回の交流セミナーでは、こうした点を中心に、海外での様々な事例をご紹介いただきながら、ゼロ・エネルギー住宅に関する最新情報と将来の方向性やあり方等について考える。

開催日時：2016年7月14日(水) 15:00～17:00

参加者：38名



秋元孝之氏
芝浦工業大学
工学部 建築工学科
教授

■ ZEH (ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス) について

□ ZEH とは

今や ZEH という言葉は、そのうち辞書にも載るのではないかとはいえない。一般的な用語となりつつあるが、快適な室内環境を保ちながら、高断熱化と高効率設備により、できる限り省エネに努め、創エネルギーも併せて使うことにより、正味のネットのエネルギー消費量が0以下となるような住宅を ZEH と呼ぶこととなった。

政策目標である「エネルギー基本計画」で設定された内容としては、

○ 2020年までに、標準的な新築住宅で ZEH を実現する

○ 2030年までに、新築住宅の平均で ZEH を実現する

と示されており、まず何をやるかという、ZEH の定義・評価方法を定め、そして普及方策を検討しようということで、ZEH ロードマップ委員会が立ち上がった。

□ ZEH の定義・評価方法

まず定義されたことは、断熱性能をしっかり確保すること。設備機器に対して断熱性能、躯体の性能というのは長い期間維持できるということから、この点は大事だということ、省エネ基準の外皮平均熱還流率の値よりも少し厳しめの数値を ZEH では求めようということになった。断熱と日射遮蔽をしっかりと、さらに開口部についても工夫をして UA 値を低くしていこうということを決めた。

設備機器については、省エネルギー基準と同様に、空調、換気、照明、給湯設備を高効率化していこうということになった。どの程度の高効率としてがんばればいいのかということ、省エネ基準より 20% 以上省エネを実現するものを ZEH 基準として設定した。

これらを総合すると、断熱と設備の高効率化により省エネ基準より 20% 以上の省エネを満し、さらに太陽光発電等でエネルギーを創ることでネットゼ

ロを目指すということである。

完全なネット・ゼロ・エネルギーを実現すれば、もちろん ZEH だが、例えば都市部の市街地に建つ狭小住宅で屋根面積が確保できない場合、日当たりが悪いところに建つ住宅で物理的に 100% の省エネルギーを達成することができない場合等は、正味 75% 以上省エネを実現していれば、Nearby ZEH と呼ぼう、ZEH の仲間に入れようということになった。

□ ZEH の目標

ZEH の目標については、2020 年までに標準的な新築住宅で ZEH となるためにどうするかということを中心に議論した。そして、ロードマップ検討委員会での様々な検討や議論を経た後、「過半数は ZEH」とすることが決まった。これは大手住宅メーカーだけではなく、地域の中小的工務店についても合計で過半数が ZEH となることを目指そうというものである。

対象となる住宅は新築戸建住宅。集合

住宅は評価が難しいということもあり、今後しっかりと議論することが必要で、まずは戸建住宅から進めるということになった。

省エネ基準と同様に設計段階で評価することになるが、正しく使えば正しい性能を発揮できる、そういうポテンシャルを持った住宅をつくるということの大前提として、それを設計段階で評価しようということになった。

□ ZEH の普及方策

まず一般消費者、住まい手に対して、ZEH に住むことのメリットは何か、ということを中心に情報提供・情報発信することが必要だということが課題として挙げられた。当然、光熱費の削減というわかりやすい話もあるが、昨今の様々な自然災害に対するレジリエンス機能や、快適性にさらにウェルネスという健康性の向上が見込まれるということを訴えていく必要がある、ということになった。また類似する、国が進める研究開発のプロジェクトの様々な指標との違いをはっきり示す必要があるということも課題として示された。

ZEH をつくる、買う費用というコストアップ分をどのように考えるのかという課題もある。

ハウスメーカーや工務店等が ZEH 普及の自社目標を設定して大量生産化・低コスト化に向けて業界全体で努力することが重要であるということになり、ここから ZEH ビルダー登録制度がスタートしたということである。

ロードマップは、2020 年ごろの ZEH の「自律的普及」を目指して進めていく必要があるということを示している。この「自律的普及」の意味は、何度もロードマップ検討委員会でも話が出たが、未来の持続的な補助事業は想定できないという前提で、業界全体で ZEH のビジネスモデルを確立していくんだ、ということを確認した。そのために、きっかけとなるようなインセンティブが必要だということ、そういったことについても議論していくことが必要だということになった。

また、中小企業の技術者の育成が大事だということも課題として挙げられている。これについてはいろいろな形で進んでいくと考えられるが、今後、全国津々

浦々の事業者の技術者を育成していくことが必須だという方向が示された。

■ 関連する法制度等

□ ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス 支援事業

経済産業省省エネルギー庁の ZEH ロードマップに基づき、ZEH の自律的普及を目指して補助金を交付する事業。住宅の新築や建売住宅の購入、既築住宅の改修に対して補助するというもの。一戸あたり 125 万円とか寒冷地の場合は 150 万円とか、さらに太陽光発電の関係もあるが、蓄電池についても補助する仕組みとなっている。

□ ZEH ビルダー登録制度

ZEH の補助金をもらうためには、ZEH ビルダーの登録が必要で、登録された ZEH ビルダーが設計、建築または販売を行う住宅であることが申請の要件となっている。

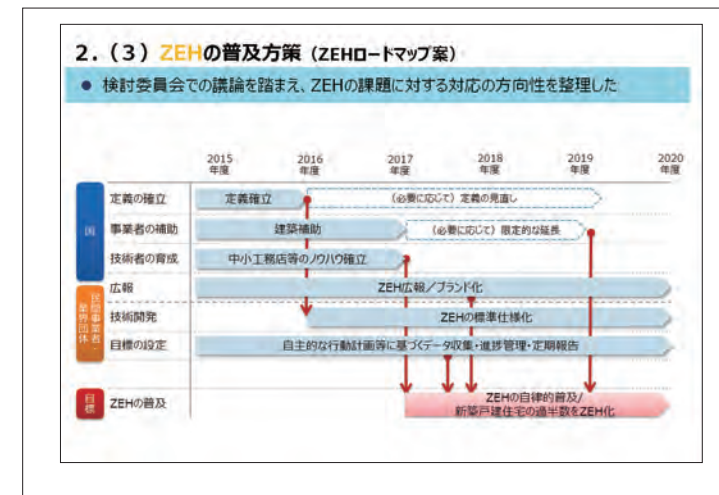
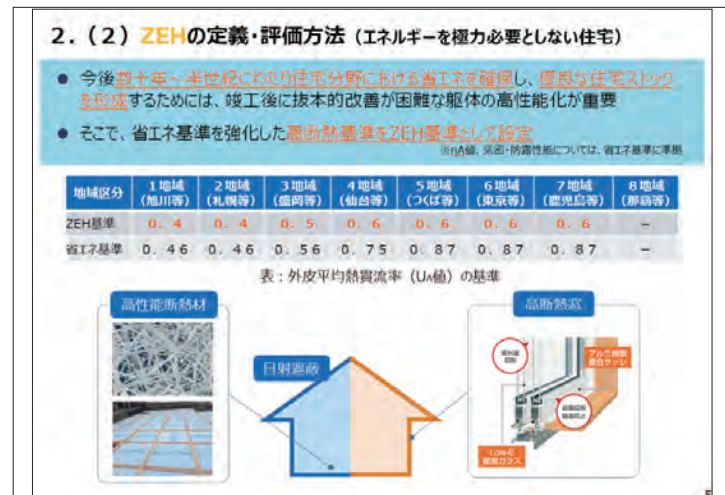
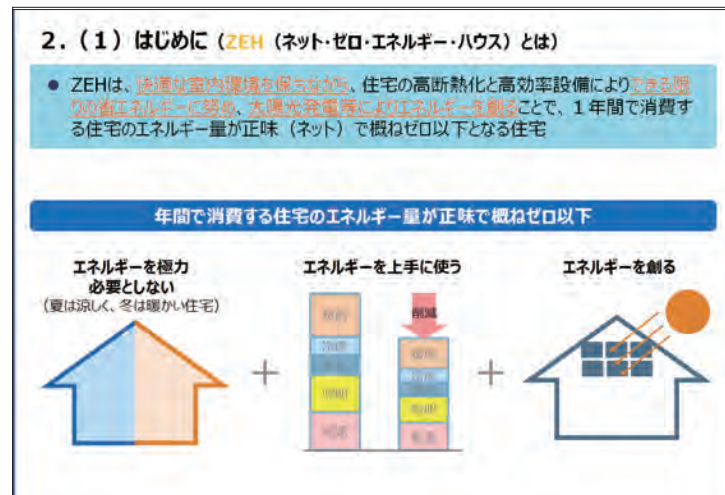
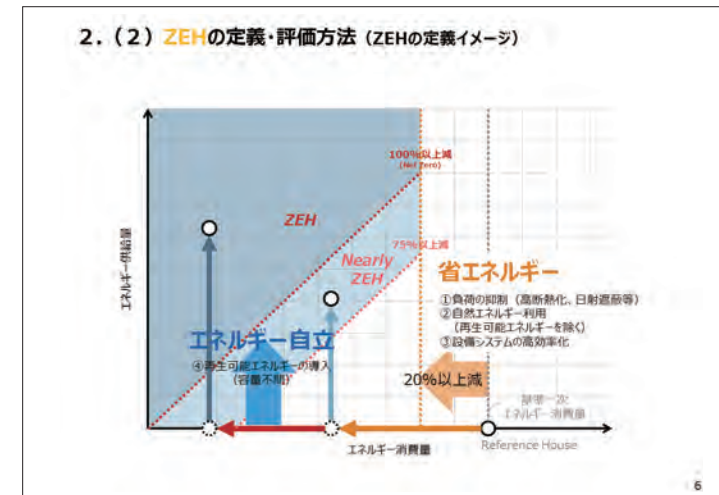
現在 2500 社ぐらいが登録されており、予測では 3000 社程度が ZEH ビルダーとして登録するであろうと期待されている。

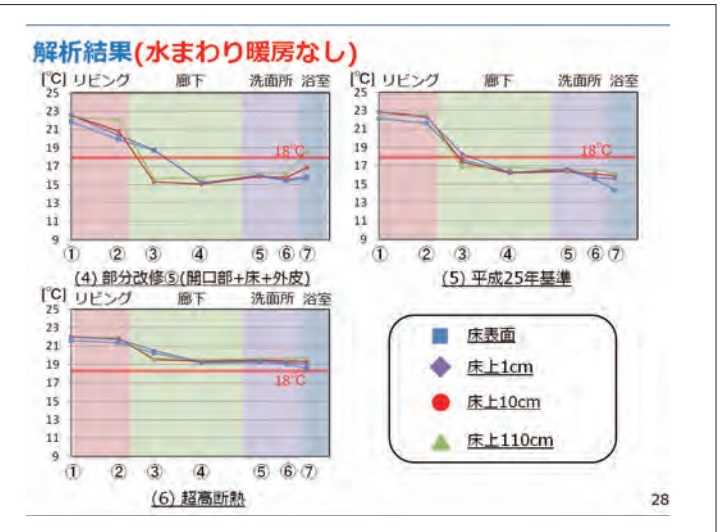
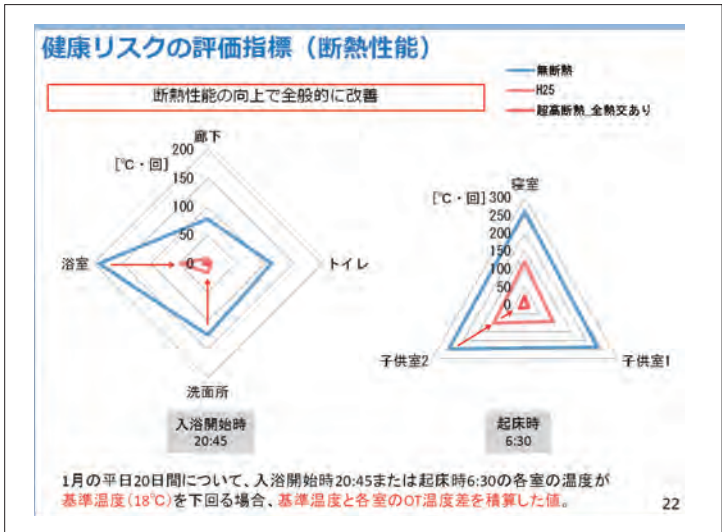
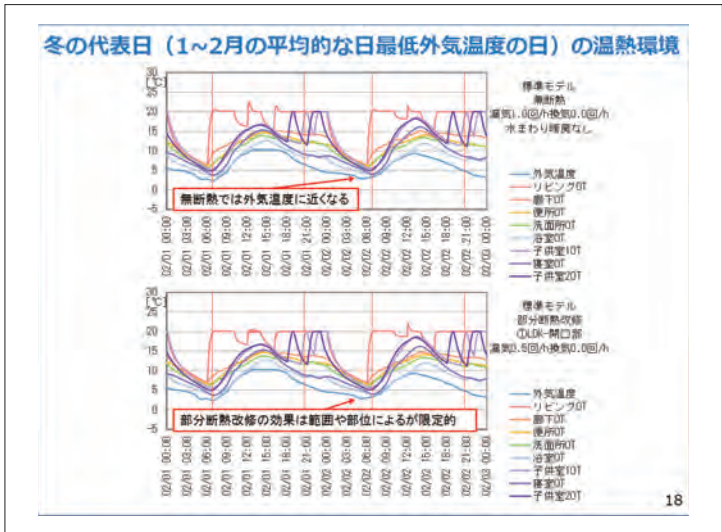
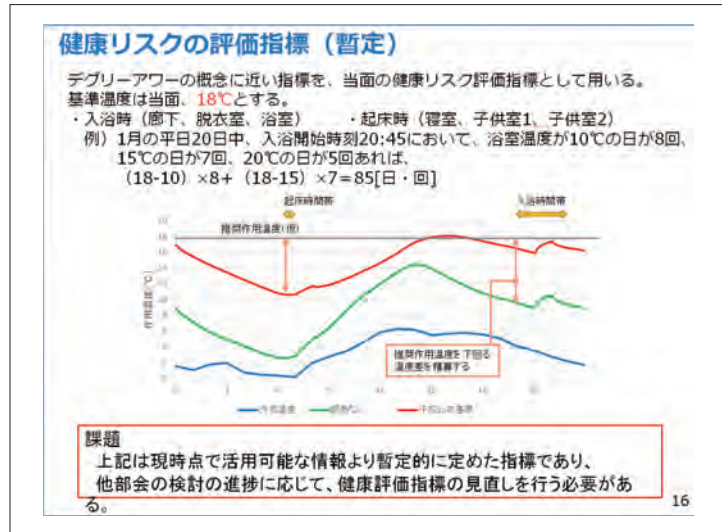
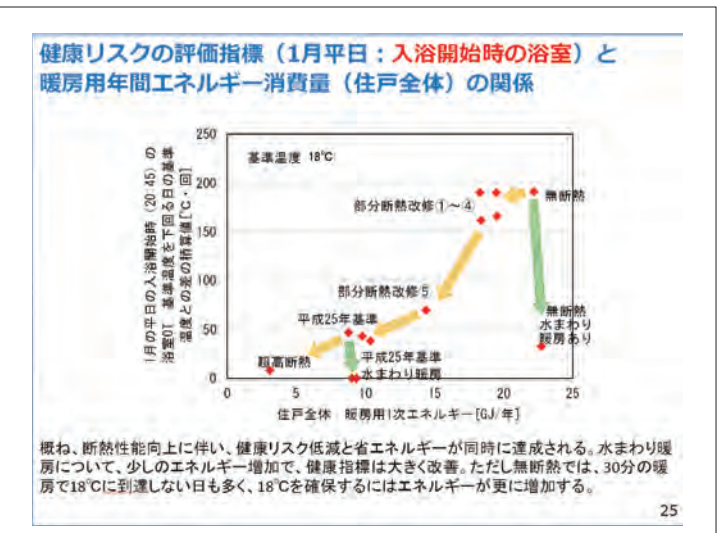
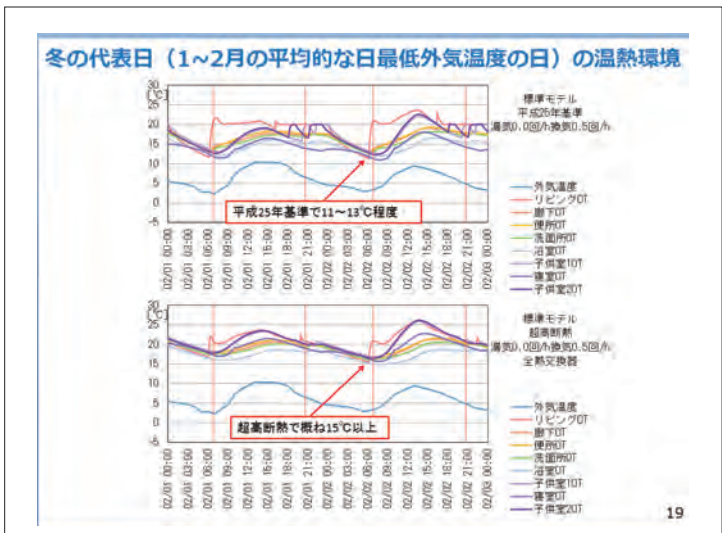
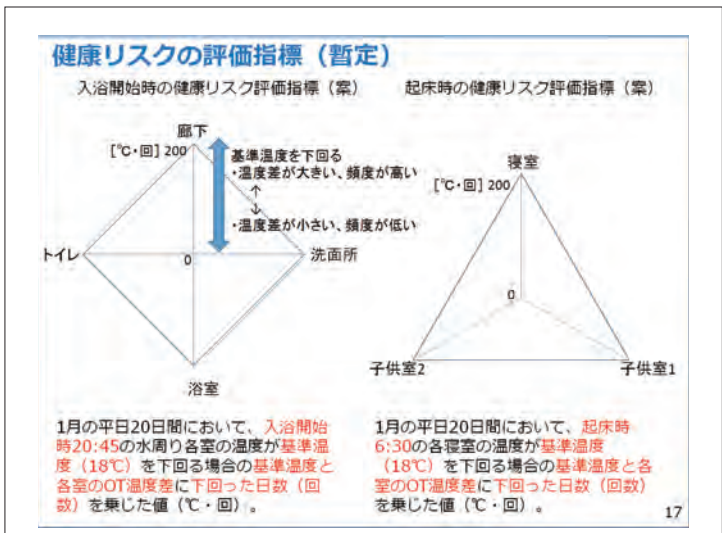
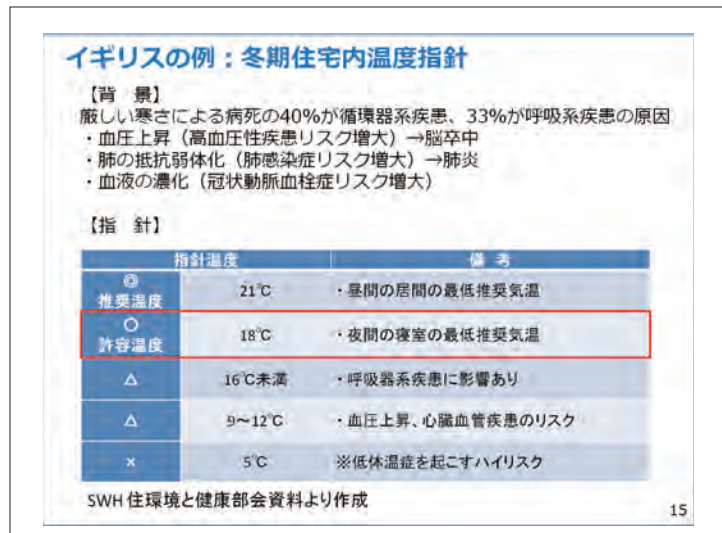
□ 地域型住宅グリーン化事業

これは kkj が事務局をされている事業。この中で高度省エネ型という枠組みが新しくできたが、これは住宅版の BELS による評価が必要条件になっている。いってしまえば、ZEH に向けた様々な検討をさせていただかないといけない、ということである。

□ 住宅版 BELS

住宅版 BELS の表示イメージは、建築物版のマークではビルが 2 つ並んでいたのに対し、住宅版ではビルと住宅が並んだマークとなっている。このマークを使ってゼロエネ相当だということを表示できるようになっている。





■スマートウェルネス住宅について

国交省の研究プロジェクトで、スマートウェルネス住宅というテーマの研究開発をこの数年間行っている。ZEHのメリットの一つとしてエネルギー消費量が減ること以外に、快適で健康的に過ごすことができるという観点がある。いろいろと紐解いてみると、建築学会でも1990年代から高齢者の住宅環境はどうあるべきか、という研究がずいぶんなされてきたことがわかった。それが今になって、ZEHの普及に伴って家の中の温熱環境の重要性が再び脚光を浴びてきているということである。血圧の上昇や高血圧について、例えば朝の寝室の室温が10℃低いと血圧が4mmHG上昇するとか、足元の室温が1℃低いと血圧が1mmHG上昇するといったことも言われるようになってきた。

危険としてとらえられるようになってきている。イギリスでは、冬期の住宅内における推奨する指針温度が定められていて、昼間の居間の最低推奨気温が21℃、許容温度として、夜間の寝室の最低推奨気温が18℃と定められている。最近では、この21℃はなかなか厳しいので18℃でよい、というように変わってきているということを知っているが、いざれにしても「18℃」がひとつのキーワードになると思う。一方、今の日本の住宅ストックの断熱性能については、現行の省エネ基準に則っている住宅は6%、平成4年基準で19%、昭和55年基準で37%、そして、昭和55年基準に満たない無断熱住宅は38%あるという状況だそうである。先ほどお話しした18℃を含め、少しでも住宅内の温熱環境を良くしていこうということを見ると、これらの既存ストックの「改修」がとても重要になってくる。

□スマートウェルネス住宅の研究

スマートウェルネス住宅の研究内容を紹介する。18℃を基準温度として、外気温に対して平成25年基準相当の断熱があるかないか等を前提に、居室や非居室の室温がどれくらいになるかをシミュレーションを通じて検討した。その評価の結果をレーダーチャートの図に示して、原点0に近づくほどウェルネスとしての性能が高い住宅である、という評価を試してみた。それで非居室の4室と居室について表してみると、このことをやってきた。モデル住宅は、自立循環型住宅のモデルを使い、東京で検討している。まず1月から2月の日最低外気温の日を取り上げ、無断熱と部分断熱改修（リビングの開口部のみ断熱）の場合の温熱環境をみてみた。無断熱の場合は、夜、暖房を使用しないと、いろいろな部屋の温度が外気温に近づき、3~4℃程度まで室内温度が下がってしまうことが

わかる。リビングの開口部だけを断熱した場合も、それほど断熱効果が低くないので、断熱改修の効果は限定的だということがわかる。断熱性能を平成25年基準相当にした場合、寝室などの室温が11~13℃程度になっている。ということは、現行省エネ基準に合わせて断熱性能をアップしても18℃にたらず、18℃を確保しようと思ったら、必要ときに必要な場所で暖房を使わないといけない、ということになる。ドイツの断熱性能を上回るような超高断熱を採用した場合には、概ね15℃程度に温度低下を抑えられるということもわかった。これらの結果をレーダーチャートの示すと、無断熱の場合は、原点0から遠い広がった形の「℃・回」の評価になるが、平成25年基準相当の断熱では、かなり小さな形に狭まり、超高断熱の場合は、0に近い形状になる。断熱性能を高めていけば、グラフ形状は真ん中にくっつく。

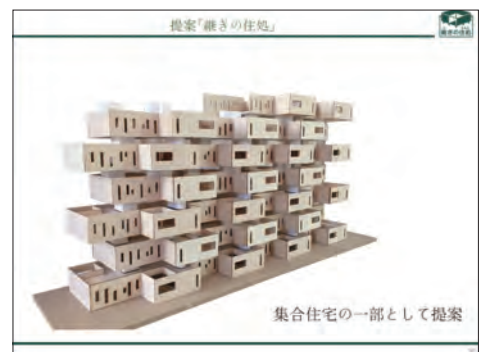
別の形として「℃・回」（縦軸）と一次エネルギー消費量（横軸）の関係で表すと、無断熱は右方向の高い位置にプロットされる。無断熱で暖房すると、縦方向にはぐっと下がるが、暖房用一次エネルギー消費量は大きくなり右方向に動く。少しずつ断熱改修割合を大きくしていくと、左下方向に移動し、平成25年基準ではかなり小さくなる。このように、できるだけグラフ上の左下のほうを目指すようにしていくと良い、ということになる。LDにいる人が非居室の廊下を通過して、水回りの洗面、脱衣室、浴室までいくと、どういう温熱環境に暴露されるかということも評価している。温度は床表面と床上1cm、床上10cm、床上110cmの温度をとっている。無断熱の場合、リビングは18℃を超えて暖かいが、廊下に出たとたん18℃を下回り寒くなっている。開口部だけを改修した部分改修の場合、無断熱と同様、廊下に出ると寒くなって

いる。開口部と床を改修した場合は、全体的に少し温度は上がるが、同様の結果になっている。超高断熱でようやくすべての空間で18℃を上回るようになり、暖房なしでは18℃をクリアするのはかなりハードルが高いということがいえる。こうした検討は大事だと考えており、引き続き検討を継続していきたいと思っている。

■国内実証例
 ~経済産業省エネマネハウス2015~
 第2回のエネマネハウスプロジェクトが2015年に行われ、「エネルギー」「ライフ」「アジア」というキーワードで、大学と民間事業者の協働によるコンペティションが開催された。テーマは“学生が考える将来の家”。芝浦工業大学のコンソーシアムが提案したのは、「継ぎの住処」-母からひろがる多世代ZEH-という住宅で、2030

年の ZEH をイメージして提案したもの。集合住宅全体の例をイメージし、その一部を切り取って実際に建設した。建物は 2 階建てのように見えるが、メゾネットタイプの集合住宅の 2 階部分を切り取ったかたちになっている。一般的な集合住宅の断面は、各フロアが単純に積みあがっているが、我々の提案では、各フロアの間を風が通るような、通風が期待できるようなデザインにした。これは、建築的あるいは環境工学的には、表面積が増えると熱の損失が大きくなるのではないかと、またレントラブル比が小さくなり、その分、貸室面積割合が減るのではないかと考えられるが、そこを逆にとり、断熱性能をしっかりと強化したうえで、蒸暑地域でも通風等の自然エネルギーをうまく期待できるような方法があるのではないかと考えた。2 階の平面は、正方形の一角がテラスになっていて、階段を上がってくるとキッ

チンとリビングがある。玄関ホールの反対側に寝室になっている。省エネルギーのいろいろな技術としては、太陽熱集熱と太陽熱利用の給湯システム、熱交換換気システム、ダブルスキンの開口部、太陽光発電などを組み込んでいる。それ以外のアイデアとしては「ダイナミックプライミング」を集合住宅で実現しようということ提案している。これは、季節の変化により気温や湿度が変動する中で、条件が厳しい時とそうではない時とで電気料金を高くしたり安くしたりして、なるべく快適に自然エネルギーを取り入れながら電気エネルギーを使っていくようなことを提案したものとなっている。テラス部分は開口部がダブルスキンになっており、非住宅でよく行われているペリメーターの熱のコントロールを集合住宅でもやってみようということで、ダブルスキンの中に吹き出し口を設けた。



光をうまく取り入れる工夫としては、天井の一部に特別な光拡散シートを貼り、窓から入った光が部屋の奥まで光が届くようなデザインをしている。またグラデーションブラインドという、スラット角度がグラデーション的に順番に変わっていくようなブラインドを用い、近づいても眩しくないが部屋の奥まで光が届くようなブラインドを採用している。ダブルスキンによって内部に日射熱を溜めて、冬場に内側の窓を開けて室内に熱を取り込めるようになっている。また、下層階からの冷気を遮断するための間仕切りカーテンなども採用している。今回は集合住宅ということなので、エコキュートの昼運転で太陽光発電を利用することで給湯エネルギーを賄うとか、住まい方によって各住戸のお湯をつくらせて溜める時間帯を変えてあげることによって日負荷を向上させるような提案も行っている。

■太陽熱利用について □太陽熱利用の状況

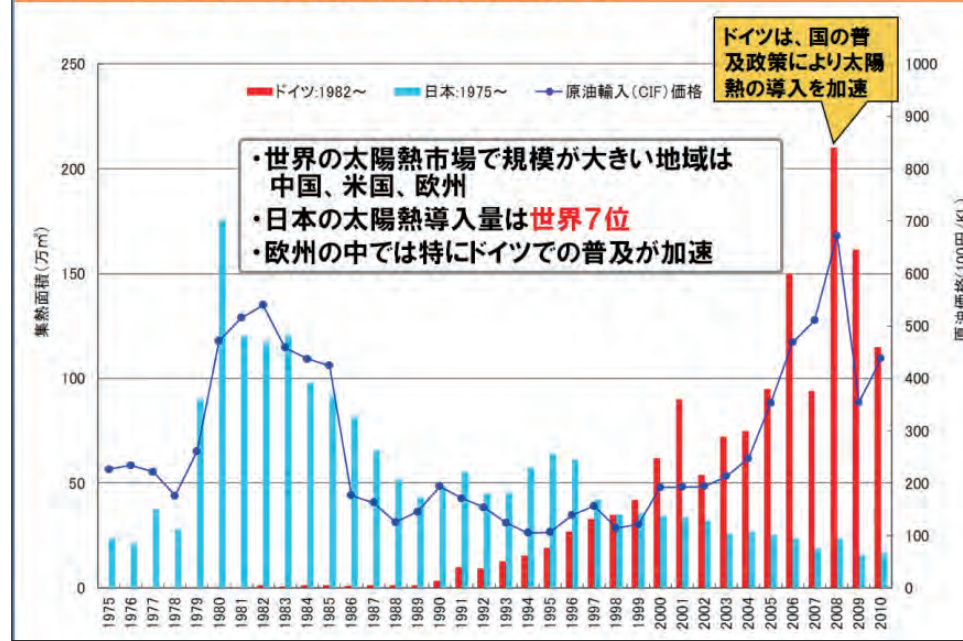
過去数年、太陽熱エネルギーをどのように普及展開していくかということを検討する機会があったが、太陽光発電による創エネルギーというキーワードに対して、太陽熱利用があまり進んでいないという状況があるので、ここで改めてお話ししたいと思います。太陽熱利用は、今後の ZEH のためにも大変重要なキーワードだと考えている。

1975 年から 2010 年までのドイツと日本の太陽熱利用の推移をみると、日本は 1980 年をピークに年々集熱面積が少なくなっているが、ヨーロッパ（とくにドイツ）や中国などでは、年々集熱面積が増えている。ドイツでは、国の普及政策で補助金を出したりして推進したという状況があり、2000 年代にかなり増加してきていることがわかる。我が国の施策の中で再生可能エネルギーや太陽熱利用システムがどのように位置づけられているかを見ると、2010 年のエネルギー基本計画の中で、太陽熱利用を促進する施策が示されており、2014 年の新たなエネルギー基本計画の中でも、太陽熱という言葉がしっかりと明記されている。

□太陽熱利用システム

太陽熱利用システムとしてはいろいろなイメージがあると思うが、住宅に関していえば、強制式の循環システム（太陽

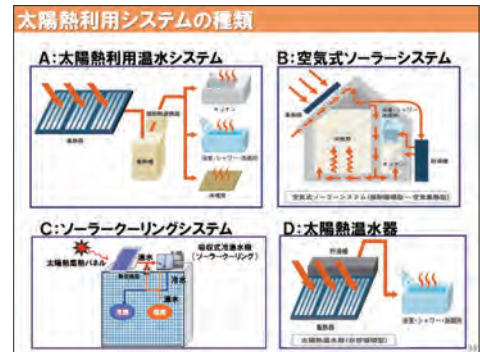
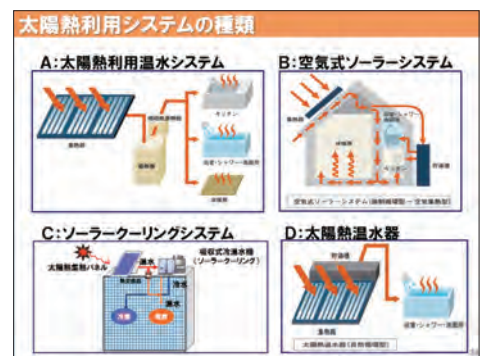
ドイツと日本の太陽熱利用の推移



熱利用温水システム)を増やしていけるというのではないかと考えている。太陽熱利用温水システムは、蓄熱槽がありポンプで循環させるタイプ。上手に熱源機と組み合わせることで、ZEH に寄与するシステムになるであろうと考えられている。集合住宅用太陽熱利用システムにはそれ以外にもいろいろな方法がある。バルコニーで集熱する場合や屋上に太陽熱集熱パネルを設置するシステム、共用の集熱パネルと蓄熱槽からメーターで各住戸に温水を送る方法も考えられる。

□海外での導入事例

ドイツでは太陽熱利用システムはすでに普及している。たとえば、ゲルゼンキルヘン市では、72 戸の住宅に PV と太陽熱集熱パネルを組み合わせ、比較的洗練されたデザインで展開されている。またビーレフェルト市でも太陽熱集熱パネルと太陽光発電パネルを組み合わせ載せている集合住宅の事例がある。カールスルーエ市の「ゲロルズエッカー団地」では、38 戸の集合住宅の屋根面いっぱいに太陽光発電パネルを、庇に太陽熱集熱器を載せている。



□太陽熱利用システムの進化と最新技術例

太陽熱利用システムは進化しており、カラーバリエーションが増えたり、HEMS への接続、駆動用発電パネル内蔵の自立タイプなどが開発されてきている。吸収式冷温水供給システムで実用化されているものとして、海外の例ではあるが 4.5Kw のものがあったり、デシカント空調システムと組み合わせたものなどもある。最近では、太陽光発電と太陽熱が一体化したシステムもあり、集熱面は同じだが、発電しつつ熱を蓄えるようなものが実用化されてきている。



■気候変動枠組条約第 21 回締約国会議 (COP21) について

昨年 11 月から 12 月にかけて開催された COP21 で、各国の CO2 削減目標が決められた。その中で日本は 2030 年までに 26% 削減 (2013 年比) することを決めている。

この実現のためにはさらなる住宅の省エネ化の促進が必要だし、そのためには新築住宅において ZEH を進めていくことが必須になってくる。住宅ストック性能の向上ということも重要である。まずは「器」をしっかりつくっていくことが求められているが、それと同時に、その使い方についても「こうするとこれだけの効果がある」ということを情報発信していくことが必要で、ハード・ソフト両輪で進めていく必要がある。住宅の場合は、業務用の建物とは違って、家の中でリラックスしたり気ままに過ごしたいという要求もあろうかと思うが、「このように使う」「こういうふうに住まう」とどれくらいその住宅の高い性能を引き出せるのか、ということ、ぜひ皆さんからも強調していただくと、結果的に運用時にもいいことが起きるのではないかと、ということの日頃考えている次第である。