

# これからの「住まい」と「暮らし」を考える ～エネマネハウスでのチャレンジを通じて～

田辺 新一（早稲田大学理工学術院創造理工学部建築学科 教授）

※本稿は平成 30 年度第 1 回交流セミナー（2018 年 8 月 30 日開催）の講演内容を元に構成されています。

## 0. はじめに

私は普段 ZEB や ZEH の話をはじめ、政策や省エネの話をすることが多いのですが、2017 年に大阪で開催されたエネマネハウスに参加し、学生と一緒に「この郊外の片隅に」というテーマで『わたしの家』というものを作りましたので、今回はその話をしたいと思います。そこでは相当様々な苦労がありました。今回 90 分の時間をいただきましたので、何に苦労したのか、当時何を考えたか、今後現実になるものも少しあると思う反面、まったく実現できないものもあるかもしれませんが、そういった話をしたいと思います。

## 1. 社会背景

これは学生が考えたロゴですが、既存住宅の改修というテーマを設定しました。今回、エネマネハウスに参加したのは、京都大学、近畿大学、武庫川女子大学、首都大学東京、早稲田大学・芝浦工業大学連合ですが、リニューアルを提案したのは 3 校ありました。これまでのエネマネはすべて新築でゼロエネルギー住宅を建てるという取組でしたが、他の大学も現在のトレンドを感じ取り、リニューアルを提案されたのだと思います。我々が考えている「郊外」ということでみると、1950 年代に戸建住宅で新たなライフスタイルを実現するために、戦後のローン制度が立ち上がりました。住宅金融公庫もこのころに設立されています。1970 年代には庭付きの戸建を求めて団塊世代がまとまって郊外に居住する方向に向かっていました。多摩ニュータウン、千里ニュータウン等です。それが今になってみると、団塊世代が高齢化し、若い世代が都心回帰して、郊外の空き家問題がかなり深刻な状態にあります。それらを豊かなコミュニティを持つ地域にするためには、あらゆる世代の混在が必要ではないか。ということで、どうリニューアルするかと考えたときに、物理的なリニューアルだけではなく、コミュニティをどう形成していくかを考える必要がありました。ライフスタイルの変化について学生たちと議論しました。一つは働く女性の潜在的なニーズがあるのではないかと。社会で活躍したいのだけども子供と一緒にいたい、家事もやりたい、人間関係がないところになりたい、とか。女子高生のニーズとしては、友だちと長電話したいけど見つかるというやだ、とか。それ以外にも独身男性のニーズ、子供のニーズなどいろいろなニーズが多様化しています。東京都はすでに世帯人数が 2 を切っています。日本全体でも、もうしばらくすると 2 を切るでしょう。ご存知のように、これだけの住宅ストックがあるのに、13.5%が空き家になっている。既存のバリエーションだけでは、今のような家族構成になかなか対応できなくなっている。仮にこの 13.5%の空き家を地震が起きたときの仮設住宅として使おうと考えた場合、自分

がその空き家の所有者だったら、2 年で明け渡ししてくれるのか？と心配になります。例えば 3 年後には自分の家族が戻ってきてここを使うかもしれないけど、それまでの 2 年間、誰かに貸そうと思っても、もしもう少し使わせて下さいとなったらどうするのか、問題になる。こうした問題を解決しないと、震災のときに都内にある空き家も、このままでは使えない。かといって冷たい政策にするのかということも考えなければならぬ。一方で、ひと昔前の住宅はやっぱり寒い。図 1 は、BEST 住宅版によるシミュレーションです。これまでの WEB プログラムと違うのは、部屋ごとに暖房装置を入れることができるようになっていることです。断熱性能を変えて、部屋ごとのシミュレーションを 365 日できます。

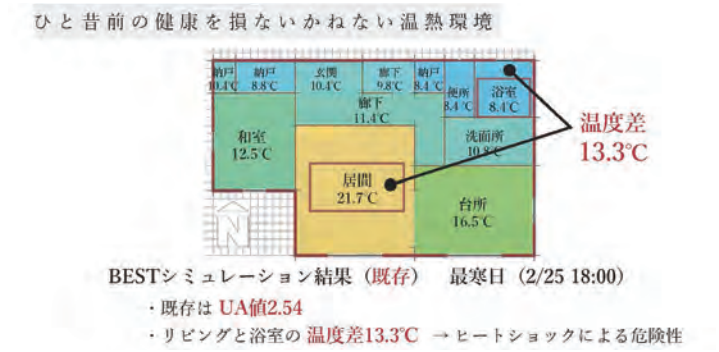


図 1/ 背景②環境性能の低い既存住宅

計算対象としている住宅だと、2 月 25 日の寒い時期では、浴室などは 10℃以下で居間との温度差が 13.3℃ということがわかります。これが既存住宅がそのまま使われていない大きな要因なのではと思います。郊外の住宅を改修しようと考えたときに、我々は旭化成ホームズの重量鉄骨に取り組みました。これはとても難しいハードルを課しすぎたと思っています。木造住宅であれば 4 号特例がありますので、構造計算しなくても改修できますが、2 階建ての型式認定重量鉄骨の住宅を改修しようとする、4 号特例が適用されないで構造計算をしなければならなくなる。工業化住宅の多くは型式認定を取得しているの、それをいじると一からすべて構造計算をしなければならず、問題があることは知っていて、それにチャレンジして議論しようとしたのだけれど、これほど大変だとは想定していませんでした。

## 2. ヴィジョン

我々は、実際に存在する住宅をモデルとして改修することを考えました。郊外という概念を学生の力で変えるため、いろいろな世代が共に暮らしている少し未来のヴィジョンを考えました。情報技術が建築の文化にまで拡張しないとおそらく流行り廃りにな

るでしょう。建築家から見ると、ZEH 住宅はメカメカしたものに見えるらしく、家というものはそうではないだろうとよく言われます。木造で環境共生という、もう少し柔らかいイメージがある。そうした点から郊外の概念を変えて技術を建築の文化まで拡張するためには、どうすればいいか、ということで、学生たちは 80 年間家を使えるようにしよう、ということを考えました。そして祖母の家という設定をしました。元々祖母が住んでいた家で、自分もそこによく遊びに行っていたという設定です。自分と父母は都心のマンションに住んでいる。そして祖母が亡くなり、家が空き家になった。父母は、郊外の家で少し遠いので壊そうというが、自分にとっては遊びに行った思い出もあるし近所の人もとても良かったから、自分が大学生になるのでシェアハウスとして住みたいという提案をします。そしてシェア化してまず 4 人で住むということを始めます。ところが住んでみると寒かったりするので、知っている建築家に依頼すれば断熱化してくれることを思い出し、シェアハウスを断熱することは一応考えます。そのうち 4 人はバラバラになりますが、主人公である自分が結婚して住もうとしたときに、この寒さでは住めないで ZEH 改修をしようというストーリーで、この家を考えています。コミュニティを延命するためのリデザインということで、祖母のところへ行った頃の街の形が見えるような、周りの家もそういう ZEH の改修をしていき、住み継がれ、街の風景はあまり変わらず、空き地になったところには緑を植える。こういった提案をしています。

## 3. 建築計画

建築計画としては、1 階の南東角にキッチンがあり、隣に居間があり、西側に和室があって、トイレや浴室は北側にある。2 階には子供部屋と寝室があるといったような、典型的な郊外型住宅を想定しています。ALC 住宅なので耐火上の性能は落ちていないし、重量鉄骨なので耐震性能も問題ないのです。構造躯体をまったくいじらず荷重を変えなければ、そのまま改修できますが、荷重を変えると構造計算をすべてしなければなりません。それでも改修ということにチャレンジしました。通常はリニューアルする際、既存外壁を断熱化し、設備は新しくすることが一般的なやり方です。今回は研究、チャレンジなので、若い人が住むための自由度を確保しなければならない、ということで、リデザイン後として提案しているのは、2 階は居間だけに吹き抜けを作り、「ロτζア」といって内壁を挿入するような建築になっています。これは新しく作った壁になります。既存の壁があり、その一部を抜いて構造補強し、中にはめ込むようなプランニングをして空間の自由度を上げようという提案をしています（図 2）。

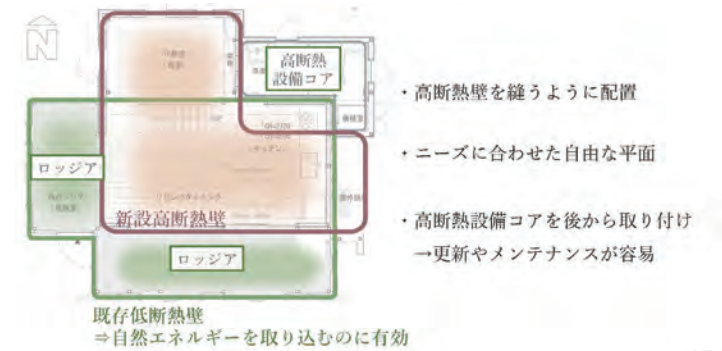


図 2/ 建築計画

また、早稲田大学では、初回から、設備はコア化しようということ提案しており、設備は一体型で入れてしまえばすむような提案をしています。そしてロτζアという空間を創ることで温室ができたような設えになっています。2 階は吹き抜けが多くなっています。西側のロτζアは開放的になっています。1 階は、ロτζアという空間とリビングダイニングと居室をつくり、2 階に居室があります。パッシブソーラーとするとときに、日本では附設温室は比較的良好と言われていて、温室を南側につくり、暑い時には開放し、寒い時には閉じて温室として、縁側効果を狙うようにしています。ところが今の法規では、これを理解してもらうのが結構難しい。なぜかということ、今の WEB プログラムは外皮の断熱性能で評価するため、外皮の断熱性を高めないと UA 値が出ない。もともと日本の暮らし方は、冬は戸を立て込んで、外の外皮との間にバッファゾーンをつくり、これが緩い断熱という考え方になる。これを今認めてもらうのはなかなか難しいのです。建築計画で一番大変だったのは、エネマネハウスは仮設ですが確認申請を出さなければならず大変でした。既存部分の鉄骨は錆止め色にしています。これも賛否両論でした。建築のプロとして我々はこういう色は結構好きなのですが、仕上げしてないのですか？と随分言われたりしました。鉄骨を錆止め色に仕上げると、普通の方は仕上げてないと思われるのだそうです。後から入れた鉄骨はグレーに塗るというコンセプトで仕上げました。そして住み手は、夫（サラリーマン）と主人公の私と息子で、そういう家族に伝える新しい住空間をつくらうという提案です。一般的な住宅の断熱改修は、プランを変えずに既存外壁の高断熱化をコアを挿入して断熱化するか、新設の高断熱壁を入れていくというような改修方法があると思いますが、いずれにしても内部はいじらないので、設計の自由度は低く、多様化したニーズや建築デザインに対応できません。それに対して、既存外壁に対して新設の高断熱外壁をつくり、それを縫い合わせるように配置して高断熱化を図ったらどうかということ提案しています。コスト的にすぐ実現できるかどうかという点ではありますが、プランを変えるためにこうした提案をしました。エネマネハウスでは、年間を通じた提案をすることになっているので、上部に屋根裏通気層をつくり、夏はロτζアから屋根裏通気層を通じて風を抜いて、天井部分の熱を抜く提案をしています。若い人たちの感覚が面白いのですが、ZEH というファサードが一般的には Low-E ガラス等のがっちりしたイメージなので、提案ではあえてシングルガラスでやりたいと言われました。ロτζアの内側部分にはトリプルガラスや樹脂の複合サッシを入れていますが、外気に接する部分には大きなシングルガラスで温室のようなものをつくっています。ロτζアの性能を上げ過ぎないようにシングルガラスでつくり、自由に開閉できるような提案をしたいということです。床下には蓄熱効果を得るために潜熱蓄熱材を使っています。潜熱蓄熱材は、熱伝達があまりよくないのです。蓄熱はするのですが伝わっていかないのです。そのため、潜熱蓄熱材の下に水が入ったパックを入れて、熱が伝わったときの水の対流を利用して、潜熱蓄熱材に熱が伝わりやすいような仕組みをつくりました。これは特許を申請中です。内壁、外壁には改修に使うために 10cm 程度で超高機能の壁を作りたということで、ネオマゼウスに真空断熱材、スポンジ、シート型 PCM を入れて気密シートを張り、化粧シナベニアを張って「WOOD.VIP」と呼んでいる壁をつくりました。エネマネハウスでは熱貫流率を測定されるのですが、性能が出ていました。「WOOD.ALC」といって、ALC と同じサイズの木質建材があります。



旭化成ホームズの鉄骨のモジュールは、ALCのモジュールで組み立てられています、そこにWOOD.ALCを付けていくとALCの代わりになるというものです。

これは構造材にはならないのですが、ALCと同じモジュールで、間伐材を使って木の感触があって非常に良いものです。この内容で改修したらどういう温熱環境になるかということをもBEST住宅版でシミュレーションしました(図3)。

リビングダイニングに比べて浴室の温度差は2.8℃程度という結果でした。またUA値は0.36W/(m<sup>2</sup>・K)を達成しました。0.36でも温度差3℃程度にはなるのですが、極めて高性能だといえます。

ロτζアと屋根裏通気層をつくり、暖房するときは温室のように用い熱を溜めます。もしロτζア側の温度が高くなったら、その暖気を室内に入れたほうが暖房負荷が小さくなります。そうした情報を、IoTを用いたシステムで測定し、通知してもらうようなシステムを作りました。その通知を、デザインが良いデンマーク製のスピーカーからの音で知らせるようにしました。遊び心で作ったものです。子どもが「ロτζア側の窓を開けたほうが暖かいよ。」と面白がってくれたりします。学生たちはインターフェイスが大好きなので、結構面白いものを作ってくれます。

夏季と中間期は、上部の暖気をすべて抜いてしまおうという計画をしています。眺望もとれるようにしています。

リビングダイニングに吹き抜けを作っているの、可動式の水平膜をつけました。“柔らかな光が入ってくる”と書いてあり、ここは広い空間だと思って吹き抜けを見てもらえるといいのですが、エネマネハウスには戦闘モードというのがあって、2~3週間ぐらい、中の温度を何度にするために暖房エネルギーが何W必要なのかということと競争します。どの程度のエネルギーが必要かとか、CO<sub>2</sub>がどの範囲に収まるかとか。すごい戦いでとても面白いです。

この水平膜については、学生たちが「戦闘モードがありますよね。戦闘のときはこの膜を閉めましょう。」と言って、下側だけで暖房しています。リビングで温度測定するので、エネルギー消費量が少ない方がいいのであれば、この膜を閉めておけばいいわけです。ところが、今回はBELSを取得することが条件となっており、BELSではこれを一空間として認めてもらえないのです。吹き抜けになっているので、ここに床がある条件でBELSの計算がされるので、値が厳しくなってしまいます。

このようなチャレンジを各大学で行っているはず。そういった内容が表に出てくると面白いと思います。

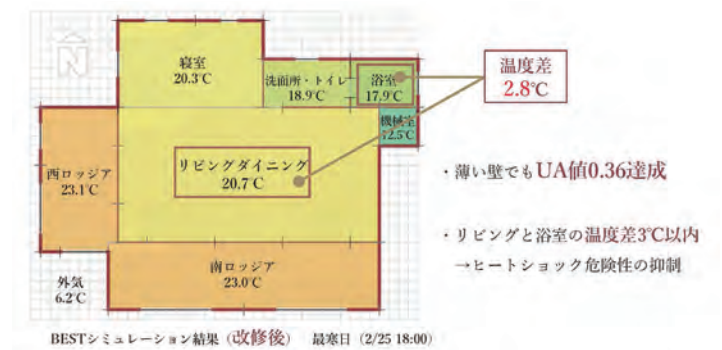


図3/BESTシミュレーション結果(改修後)

#### 4. 設備計画

設備計画では再生可能エネルギーの昼間利用に取組みました。今日は晴れそうだと予測したときにはエコキュートを昼運転します。しかも、どこで運転するかも時間を決めてやってみようということ、

なるべく外気温が高いヒートポンプの効率がいい時間に運転することにした。

早稲田大学には太陽光発電と天気予報予測をやっている若尾先生がいて、明日このスポットでどれだけ晴れるかという予測をしています。グリッド研究としてはこれが一番重要な研究です。どこの地域でいつ晴れるか、いつ日射が変わるかということは世界的に非常に重要な研究になっています。

そうすると、太陽光がどの程度出るから、どれだけデマンドがあって発電があって、とグリッドの調整にも使える。そうすると、例えば、今日はうちの蓄電池はなるべく放電しておいて、安くなった電気を買おうということも考えられます。

今後はZEH+が出てくるということも多少予測していたので、自家消費をなるべく増やすような方法で、外皮と省エネと創エネに加えて人間も考える、ということをも提案しています(図4)。

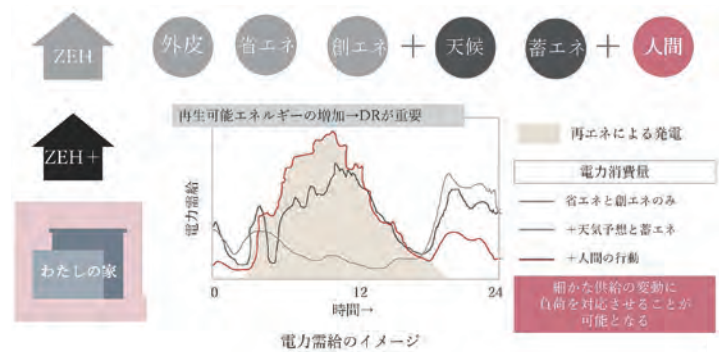


図4/電力供給のイメージ

細かな供給の変動に負荷を対応させることが可能となるので、省エネと断熱のみではなく、天気予報と蓄エネしたものと人間の行動を加えて、太陽光の発電、再エネに対してうまく反応できるような住宅にしましょう、という考え方です。林泰弘先生には本当にお世話になりました。

太陽熱集熱パネルを設置しました。集熱タンクを付けて温めた水をエコキュートに導入した場合、メーカーによっては温度が高いとエコキュートが動かない製品があります。今回、そうしたことも確かめるために宮古島で各社のエコキュートで高温給水時にうまく稼働するかどうかの試験もやりました。パナソニックの製品は大変良かったです。

エネマネハウスの評価試験では、毎日夕方、何リットル出湯という課題が決まっています、その時間に何リットル出し、温度が何度以上と決まっています。温度が1℃下回ると何点減点ということをやっています。

また、突然誰かが来てお風呂に入るとか、突然窓を開けられる、という面白い課題もあります。この試験はもともとアメリカのソーラーデカスロンからきているのですが、そういうゲーム的な試験でエネルギーがどうなっているかということと比較しています。

集熱パネルで太陽熱を利用して沸き上げ時間を削減するということと、エコキュートの昼間稼働をして、PV発電した電気の自家消費を多くして、デマンドレスポンスに対応できるようにしようと考えました。

提案はしたのですが実現していないものとして、Pata-Pata PVというものがあります。エネルギーをほとんど消費しない軸でPVを太陽光のほうに向けるもので、中川純さんのアイデアです。上に載せることができなかったので、一部を展示しました。

それから床下チャンパー空調をしています。これはかなり一般的になってきていますが、断熱材を敷いて床下にエアコンを入れて、室内から空気を吸込み温風を床下に吹出すというものです。

これだけUA値が上がると、この1台でまったく問題ありません。外気導入の場所は季節ごとに切り替えています。

夏季・中間期は北側の屋外から、冬季は南ロτζアの上から外気を導入することで冷暖房負荷を削減します。

#### 5. 省エネルギー効果

省エネルギーの効果は、このところシミュレーションがいろいろとできるようになってきているので、自然通風の効果はCFD、ロτζアの熱取得は熱回路網モデル、照度計算はアメリカのDOEが開発したDVAというプログラムで行いました(図5)。

日射量を解析するためにはLadybugとかhoneybeeというプログラム化された3Dの最適化ソフトというものが出てきて、庇の角度や開け方等をシミュレーションしながら最適化することができるようになっています。風をどの方向から入れるとか、庇の角度によって負荷がどう変わるかとかを連動させています。

負荷計算のEnergyPlusというアメリカのプログラムは、こういうソフトと連動しているので、3Dモデルを作ってしまうと負荷計算と年間エネルギーと照度などが一気に計算できてしまいます。かなり建築の形の作り方が変わってきています。日本は遅れています。

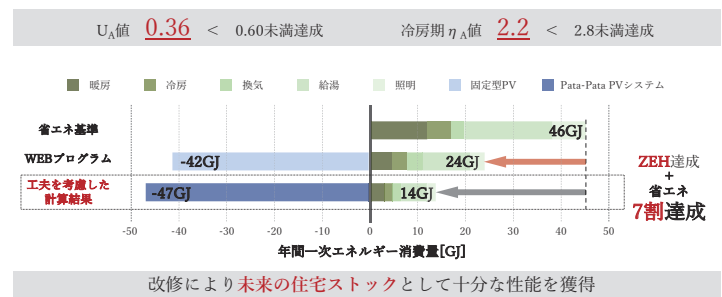


図5/断熱性能・年間一次エネルギー消費量算出結果

CASBEE評価では、75年に建ったもので評価するとやはり★★★で、ライフサイクルCO<sub>2</sub>は☆です。今回の改修によってBEEは高くなり★★★★★ですが、ライフサイクルCO<sub>2</sub>が最高評価が取れないのです。これは木造にしないと難しいです。

我々の提案では、省エネ基準で46GJのものをUA値を0.36、η値を2.2にすることで、WEBプログラム上は24GJ程度のエネルギー消費になり、さらに自然換気等の工夫をプログラムで証明して省エネ基準から7割削減の14GJにして、そして発電するので、ZEHになっているという計算をしています。

今回からBELSを取得することが要件となっているのですが、先ほどの吹き抜けの話など厳しく評価されたほか、難しかったのは、今回の提案が試作品ばかりでJISがないということです。我々が作ったものの工業品としての証明書を提示しなさい、と言われると、ほとんどが製作物なので証明のしようがなく、苦労しました。超高機能の壁も、材料としては真空断熱材のJISはないのです。どうやって証明するかなど、新しい実験住宅をつくったときには結構大変だと思いました。

#### 6. 提案が普及したなら

提案が普及して郊外にコミュニティが広がったら、街はみんなが愛着を持てるようになり街並みは大きく変わらない、ということを考えました。

それで、住宅を建てる際に郊外に住むということが選択肢の一つになれば、地方都市も存続していけるのではないかと考えています。

図6は学生が描いた夜のパースで私は結構気に入っているのですが、セーフモードを提案しようということになりました。

レジリエンスで、もし災害時に電力などが落ちた時に、蓄電池や太陽光があれば夜間に街を照らせます。学生とも話したのですが、災害が起きた時、周りの家は災害で困っているのに、自分の家だけが同じ生活ができるのは申し訳ない、と言うのです。

それで最低限のエネルギーだけを使えるようにして、周りのエネルギーハブになるような提案ということで学生が描いたパースです。災害時にレジリエンスを考えて、エネルギー自給率100%になり、最低限の生活をすれば8人が1週間生活することができるようになっているという試算もしています。



図6/セーフモード・夜の外観

#### 7. 教育・啓発・コミュニケーション

教育効果のためのプレゼンも求められているので、学生たちがプレゼンしました。

今回、早稲田大学は私のところと高口先生のところと林先生ところと学生含めて27名で、芝浦工業大学は秋元先生と志手先生と学生32名、総勢64名で建築・生産WGと環境・設備WGと広報WGに分かれて活動しました。

企業は、旭化成ホームズをはじめ、パナソニックや旭硝子、三協立山など本当にお世話になりました。

とてもよかったのは、我々が放っておいても、学生たちが自ら企業とどんどん分科会を開いたりするので、エネマネハウスには私の研究室で3回参加しましたが、このときに卒業した学生たちは抜群に良いです。

会社と交渉して怒られたり、真剣に議論したりということを通じて、いい学生が育つことがわかりました。Facebookを立ち上げたりSNSを開設したり、大学の広報からプレスリリースを出してもらおうということもしています。

これは売り込まなければならぬので、「いいね」がトップです、というPRもやっています。

家具制作もやっていますし施工も一部学生たちがやっています。来場者の案内もしています。

教員としてのやりがいは非常にあって、それはなぜかということ、やはり学生が非常に育つ。本物を作ったり壁に当たったりするので、教育的には良いと思って頑張っています。しかし、資金集めは大変です。

#### 8. 提案実証/完成した『わたしの家』

今年の2月に、実際に建ったものの成果報告会を行いました。工業化住宅をリデザインした『わたしの家』について、提案内容と実証結果について報告いたしました。

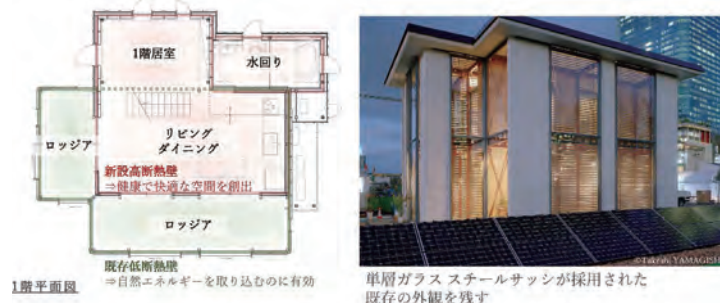
「古い住宅の断熱性能を利用して自由で新しい住空間をつくる」ということで、一番感激してくださったのは旭化成ホームズの社員



の方です。そういった方々は、「これはかつて自分が売っていた家だ」と言っていました。そしてその形が残っているのが良いとおっしゃっていただきました。そういう意味では、新しいのですが承継できているのかな、と思います。

既存壁をあえて残し、新設の高断熱壁を縫うように配置しています。自然エネルギーを取り込むのに有効と捉えています。

外観写真(図7)の手前の部分は単層ガラスですが、ZEHの表面で単層ガラスとスチールサッシというのはほぼないので、あえてそういうファサードを作りたいという若い人たちの提案があり、2層目はトリプルガラスが入っていて極めて高断熱なのですが、前面は単層ガラス+スチールサッシを利用し、大きなドイツ製のブラインドを付けています。



ZEHの可能性を拓くデザインの実現

図7/ 既存工業化住宅のリデザイン『わたしの家』

リビングダイニングはかなり開放的にできたのではないかと、思います。壁には真空断熱材を使った非常に薄い10cm程度の断熱の壁が、かなり軽やかにできていると思いますが、そういった断熱壁を立て込んでいます。U<sub>A</sub>値を測ると0.05W/(m<sup>2</sup>・K)という実測値が出ているので、高性能だと思えます。

各室の温度差や上下温度差も3℃未満で、10時～15時における99%で昼光率目標も達成しています。吹き抜けと大開口を有しながら、省エネ、健康、快適な住空間を実現しています。

2017年11月27日と28日に実測しました。いろいろなタスクがあり、窓を開けられたり来客があったり、不在だったり、そういったことを前日の夕方に伝えられます。蓄熱もしなければならぬし、うまく室温を回復させないといけないうことになります。

CO<sub>2</sub>濃度の調整のため、ロジリアの空気温度が23℃以上になったときに内側の窓を開けるのですが、温室から暖気を取り込むことでCO<sub>2</sub>濃度を下げつつ室温変動がほとんどない状態を実現できました。

## 9. 設備運用提案

ZEHに関しては、再生可能エネルギーの導入を増加させるために、系統電力への負荷変動が大きいため、デマンドレスポンスが求められます。

今回は、自然エネルギーを有効活用するために、デマンドレスポンスを考慮した系統負荷の少ない運用をしようということで、創蓄連携システムの導入と日射量予測と蓄エネルギー設備の制御による電力需要調整を行いました。

具体的には、電気は、グリッドに対して蓄電池とヒートポンプ給湯器を入れてあるので、夜だけエコキュートを動かすのではなく、昼間、ヒートポンプの性能が良く、太陽光があるときにはそれを使って入れて蓄電池を有効利用しようというシステムにしています。

おそらく数年のうちには、これは当たり前になるかもしれませんが、まだ制御ができないので、学生がJAVAでプログラムを書いて制御しています。

熱は、太陽熱を集熱パネルで集熱し、給湯器をあまり動かさなくてもいいときは動かさずに給湯しました。

集熱併用ヒートポンプ給湯システムで、集熱器を介した温水でヒートポンプ給湯器の稼働時間を削減しています。外にタンクを出しているため、実測期間では市水温度が約10℃で最大流入温度が33℃になっているので、合計集熱量は28,602Whになります。ポンプを使うので、その分は損になり、6,573Wh削減できたのではないかと考えています。

事務局の評価軸は、エネルギー消費量と発電量と日負荷率ですが、これからはZEHなので自家消費率を導入しようということで独自評価をしています。自家消費率(発電量から売電量を引いて発電量で割った値)と自給率(発電量から売電量を引いて電力消費量で割った値)を出して、これが高いから認めてほしいと要望しましたが、認められませんでした。

実際に行ったことは、日射量予測で発電量予測をして、当日翌日の運用計画を立てて、HEMSで蓄電池とヒートポンプ給湯器の稼働スケジュールを制御するというを行いました。

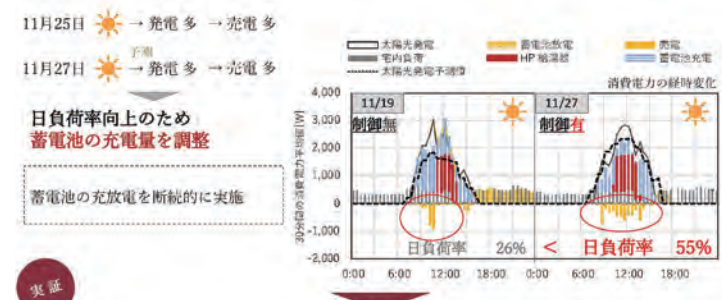
HEMSへの制御は、プログラムを書いて行っています

図8・棒グラフのプラス側は消費電力で、マイナス側は売電です。黒い点線は発電予想で、実線は発電量です。前の日の予測で発電量を予測しています。

そして発電量を自家消費するために、ヒートポンプ給湯器を、発電ピークが予測される時間帯に稼働させました。

晴天は蓄電池のスケジュール制御を行わないと、11月19日の結果を見ていただくとわかるように売電のピークが発生する部分が出てきます。

11月27日のデータは、逆潮してもピークが発生しないように蓄電池を断続的に制御し、日負荷率を向上させるということをしてしています。枠内のどこで、翌日給湯器を動かすかという制御を、天気予報で行いました。おそらくこうしたものは将来的には製品になって出てくると思います。



計画的に蓄電池の充電を行うことにより系統負荷の削減

図8/ 日射量予測を利用した電力需要調整【実測結果】

実測期間を通して、蓄エネルギー設備を制御して様々な電力パターンを実現しました。この結果を応用すれば、住宅1軒だけではなく、街区で柔軟な電力調整もできるのではないかと考えています。

今は蓄電池が表立って取り上げられていますが、熱エネルギーとして貯めるのは結構有効です。

最近、我々は冷暖房の余熱の研究をやっています。輻射暖房で多少蓄熱性があると昼間の暑いときに蓄冷運転しておく、夕方あたりの冷房需要が減らせるので、そういったシフトをどうするかということも研究テーマとしては面白いのです。今年の建築学会から論文も出しています。

今までだと原子力発電所があって、深夜電力が安いから夜間に蓄熱運転して、昼間使うという概念があるのですが、そこからかなり変わってきていると思います。

今後、SOFC等が売電できるようになると、その価値をどう高めるかとか、住み心地とどう連携させるかといったことができると、制御はチップがあればできるので、そういう方向に進んでいけばいいのではないかと考えています。

最終的に実測全期間で実証しているものですが、実測結果(図9)では、基準から86%省エネになりました。期間が冬なのでこの結果は期待以上でした。発電量を加えて、冬なので発電量は少し落ちていますが、106%削減になりました。冬季なので設計値よりやや少ないのですが、エネルギー収支は0になっていますので、この数週間の期間だけでも0になったことを確かめることができました。

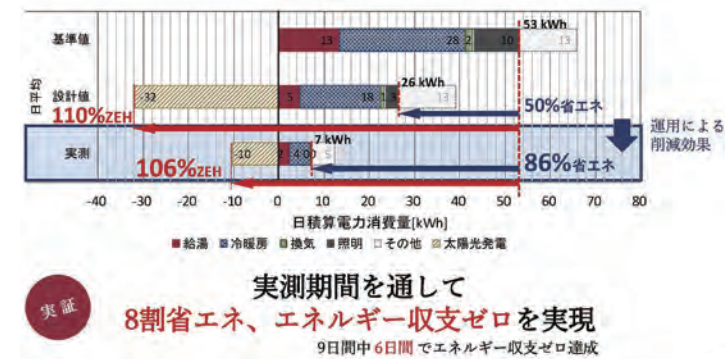


図9/ 実測期間総合環境評価【実測結果】

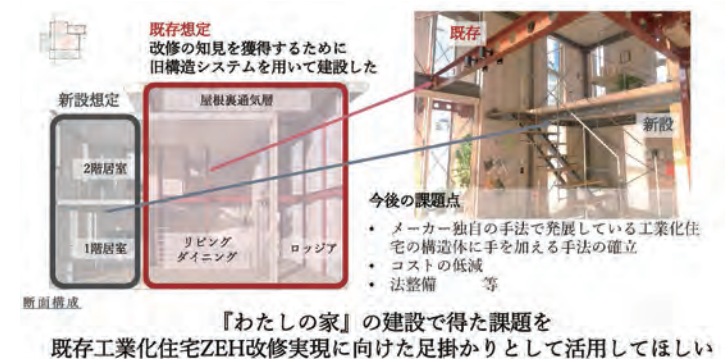


図10/ 既存工業化住宅改修の実験台である『わたしの家』

## 10. 今後の展望・学生の活動

学生たちが何をしたかということを発表しています。改修実験住宅の建設は本当に大変でした。またコストをどう抑えるかという課題もあります。

学生たちは5月ごろからずっと模型を作ったり家具を作ったり、展示計画を考えたりパンフレットも自分たちで作りました。図面変更も学生たちがやっていました。現場監理も一部やっています。PVの架台やウッドデッキの準備もしました。

メーカーにも視察に出かけて、どういふものをどう作るか考えたり、システム実験をしたり、セットアップや発注荷受けも一部やりました。学生は相当鍛えられています。運用管理や機器設定も学生たちが頑張りました。

こういうプロジェクトは飲み会が多くなるのですが、教授たちの役目は飲み会をセッティングするということで、決起会から納涼会をやりました。また参加した大学の連携がよくなっており5大学が合同で打上げを行いました。模型作って打上げやったり、宿泊先で息抜きしたり。

最後には壊す前に懇親会をさせていただきとお願いし、みんなで家を愛でているいろいろな感想を述べ合いながら壊しました。



非常に面白いチャレンジをさせていただきました。住宅にもまだまだ技術開発をすることがたくさんあると思っています。実験的にいろいろなものを作るとわからないこともあるし、システムとして組み立てるとこうしたほうがいい、ということもありますので、こういう機会をいただいて学生たちと一緒に、できそうにないものにチャレンジするということが苦勞しても良かったと思っています。(終)

## 【参考サイト】

- エネマネハウス2017中間報告会資料  
[https://www.enemanehouse.jp/assets\\_v2/doc/doc\\_waseda\\_shibaura\\_01.pdf](https://www.enemanehouse.jp/assets_v2/doc/doc_waseda_shibaura_01.pdf)
- エネマネハウス2017成果報告会資料  
[https://www.enemanehouse.jp/assets\\_v2/doc/doc\\_waseda\\_shibaura\\_02.pdf](https://www.enemanehouse.jp/assets_v2/doc/doc_waseda_shibaura_02.pdf)

## 田辺 新一 (たなべ しのいち)

1958年福岡県生まれ1982年早稲田大学理工学部建築学科卒業。1984年同大学院博士前期課程修了。早稲田大学理工学部助手、お茶の水大学家政学部専任講師、カリフォルニア大学バークレー校環境計画研究所、お茶の水女子大学生活科学部助教授、デンマーク工科大学エネルギー研究所、ローレンスバークレー国立研究所客員研究員等を経て、2001年より早稲田大学理工学部建築学科教授。2007年より早稲田大学理工学部創造型理工学部建築学科教授。現在は、早稲田大学理工学部創造型理工学部建築学科教授、早稲田大学スマート社会技術融合研究機構住宅・建築環境研究所所長、日本学術会議会員。2018年より公益社団法人空気調和・衛生工学会会長を務める。

日本建築学会賞、空気調和・衛生工学会賞、米国暖房冷凍空調学会 (ASHRAE) Fellow、室内環境アカデミー Pettenkofer など多数受賞。著書に『住環境再考』『ゼロ・エネルギーハウス』ほか。

