

ファクター4の家

エネルギー負荷を四分の一にする NEXT21における住戸改修

濱 恵介 *Written by Keisuke Hama*

背景・基本方針

地球温暖化防止のために長期的に必要な温室効果ガスの排出量削減は、七五%とも八一%とも言われる¹⁾。京都議定書の約束である温室効果ガス六%削減さえ悲観的な状況下、この数値は非現実的と見られるかもしれない。しかし、気温の上昇をそれぞれ三・五 または二・五 に抑えるためには長期的に必要な水準であり、先端的な省エネ住宅においてはこれを目標とすることは自然なことである。

温室効果ガスの大部分は二酸化炭素(CO₂)で、その主因はエネルギー消費にある。この問題に対処し有効な解決策を見出すため、住宅・生活におけるエネルギー消費を可能な限り削減し、再生可能エネルギーの活用を含めエネルギー消費による環境負荷を四分の一程度に減らす試みが、大阪ガスのNEXT21²⁾の三〇一住戸で行われている。本稿では、この目的に沿って実施した住戸改修の概要を紹介する。

具体的な方法は、建築的な熱環境改善(冷暖房負荷の低減)、設備機器の効率改善と新システム導入、太陽エネルギー利用、及び 居住者のライフスタイル見直しによる省エネ化である。現時点で実用可能な技術・手法のほとんどを検討対象とした。

三〇一住戸は、当初「ガーデンハウス」として設計され、緑を住戸内にも取り込み自然の通風を生かすなど自然環境との共生を意図したものであった。今回は、その趣旨を尊重しながら、「豊かさを二倍に、資源を半分に」という趣旨のワイズゼンカー他の著作「FACTOR4」になぞらえ、「ファクター4の家」と呼び名を改めた。

建築的改善

建築として消費エネルギーの削減に係るものは、主として暖房と冷房の負荷を低減する効果である。三〇一住戸は、集合住宅の一戸でありながら外気との接触面積が大きく、改修前は戸建て住宅並みの冷暖房負

荷があった。

暖房時の省エネルギーには、外壁・施設に接する床や開口部など周囲の断熱性能を高めることが必要である。これに加えて、平面上の凹凸を少なくし、床面積あたりの外壁延長を短くすることも熱損失を少なくする。

暖房負荷を低減させるためには、太陽熱を直接受ける方法も有効な手段である。この住戸には、「受熱箱」とも言っべきガラスの大開口部が南端に

あるので、これを全面的に活用することにした。一方、夏の冷房負荷増を最小限に抑えるため、遮光・遮熱の対策を行った。具体的な内容に関しては付設温室の項で述べる。

冷暖房を必要としない中間期には、居住者が開放性と閉鎖性をうまく使い分けることで快適な状態が確保できる。住宅周辺の緑化もまた冷房負荷の低減に役立つ。

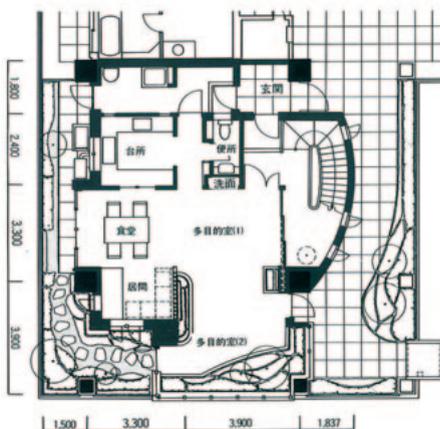


図1 下階平面図(改修前)



図2 下階平面図(改修後)

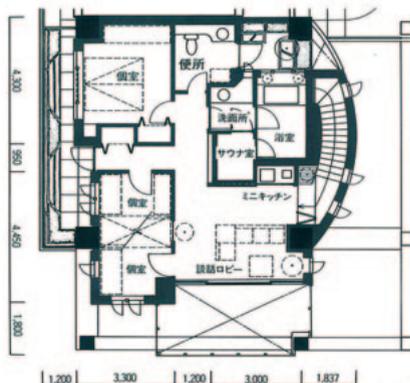


図3 上階平面図(改修前)



図4 上階平面図(改修後)

1 断熱・遮熱強化

外壁などで実施した断熱方法は以下の三点である。

- (1) 壁内の断熱強化 外装ALC板に吹き付けられた発泡ウレタンと内壁仕上げ材の空隙(一四〇〜一六〇mm)をセルロース系の断熱材で埋める。施工方法としては、内側から穴を空け断熱材充填後に合板などで塞ぐ。

(2) 下階との境床 現状では熱橋対策を除き断熱なし。従前居住者からは下階の床が冷たいとのクレームも寄せられ、快適性からも断熱性向上が必要

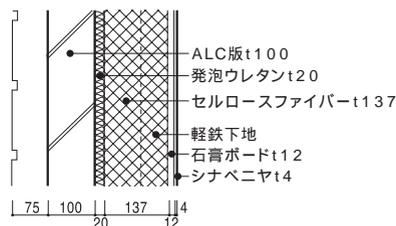


図5 壁の断熱強化断面図

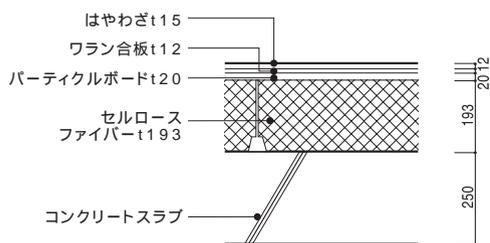


図6 下階床下の断熱強化断面図



「ファクター4の家」付設温室

である。床下にセルロース系の断熱材約一九〇mmを吹き込む。

(3) 開口部(付設温室以外の窓など) 内部サッシ(木製・単層ガラス)を追加する。西側外部にブラインドを設ける。階段室内部の窓にブラインドを設ける。及び、小さな窓を断熱パネルで塞ぐ、という四方式を開口部の状況に応じて採用する。

2 付設温室(インドアガーデン)

下階のリビング空間の南側を環境調整装置として積極的に利用することにした。まず、従来は居住スペースとして内部と一体的だったこの空間を、建具で付設温室として区画する。このゾーンは内外の緩衝空間となるともに冷暖房をしないため、冷暖房負荷が大幅に削減される。

外気との接触面は、季節や状況に応じた受熱・遮熱・通風・閉鎖の切り替えなどをスムーズに行えるように工夫した。南向きのガラス面及び東西ガラス面の一部の外側に遮光用のロールスクリーンを設け、カーテンウォールを設け、カーテンウォールの最上部と最下部に外気の条件により自動的に開閉する窓「スウィンドウ」を各四箇所(南面一東西各一)、合計八箇所を設置した。

冬の晴れた日中は建具とスクリーンを開放し、太陽熱を取り込み、天井扇も用いて取り込んだ熱を内部空間に導く。夜は内部建具を閉め、場合によっては外部ブラインドも閉じて熱ロスを防ぐ。夏の日中にはスクリーン

及び内部建具を閉め、外気温に応じて通風を確保し熱の侵入を防ぐ。

付設温室と内部空間を区切る建具の位置については、当初、吹き抜けと通常の天井の境目付近と考えていたが、原設計者の立花直美氏の意見を受けて、付設温室をより積極的にリビング空間とするため建具の位置を北側にずらした。結果として、約二・七メートルの幅を内部の居間に残して、付設温室は植え込みを含め一〇畳相当の広さとなった。植え込みは西側・南側を残し、東の小規模な部分は除去した。

緑との共生を目指した室内の植栽・庭園機能は、内部建具による分離によって屋外に近い領域ができ、庭としての機能をより望ましい形で回復できると思われる。同時に、植物の葉や土壌からの蒸散作用により、夏期の室温低下も期待できる。床仕上げは、半屋外の雰囲気になさわしいソイルセラミックタイルに変更した。なお、名称も設計意図にふさわしく、「インドアガーデン」とした。

吹き抜け空間の上部は、これまで清掃やメンテナンスが難しく、この難点を解消するために作業用キャットウォークを新設することにした。また、冬期の晴天時に付設温室で暖められた空気を下階の内部空間に送り込むため、天井扇を設けた。

なお、遮光スクリーンの開閉は、自動制御でも手動制御でも可能である。自動制御モードでは、一定以上の風速と日射量で閉じる。スウィンドウも自動と手動のモードが選択できる。自動制御モードでは、一定以上の風速と降雨の感知によって閉じるほか、内外の温度差によっても開閉を行う。



インドアガーデン

3 外壁延長の縮小

玄関ポーチ及び上階北東角のバルコニーは、住戸平面の凹部となっている。これを屋内化すれば外壁延長の総計が短くなり、温度の中間領域ができることで床面積が増えるにも拘わらず熱ロスが減少する。それぞれ外開き・内開きのガラス戸により区画する。この効果は暖房期に限られるので、中間期及び夏期は常時開放する。

4 緑化など

三〇一住戸は当初、ガーデンハウスという名称に象徴されるように、緑化が大きなテーマで、住戸内部に設けられた植え込みがそれを特徴づけていた。インドアガーデンとして屋内の緑を存置するとともに、西側バルコニーにおいては、金属製トレリスを活用した緑化などにより温度・日射の調整をすす。居住者の協力を期待する。

5 間取りなどの変更

- (1) 個室3の新設 この住戸は、約一五〇㎡の広さがありながら個室の数が二つに限られている。第1フェーズ第2フェーズともに四大家族で、部屋数の少なさに不満があった。上階の「談話ラウンジ」を引き戸で仕切り個室化することにより、この問題を解消した。併せて収納量の確保のため、上階のキチネット(ミニキッチン)を取りやめ、個室3のための収納に改装した。
- (2) 設備の簡素化 下階の多目的空間に面する洗面化粧台は、インテリアとしての収まりや使い勝手が悪いため、飾り棚へ変更した。洗面機能は、下階便所の手洗い器を洗面化粧台に変更することで補った。
- (3) 屋内階段の変更 階段室は非暖房区画であるが、下階から上階への熱移動を防ぐため、蹴込み部分を塞いだ。当初設計の通風重視の意図には反するが、省エネ性を優先した。



固体酸化物型燃料電池(SOFC)

設備機器及び器具の改善

設備機器の高効率化は、住宅の省エネ化にとって最も重要な要素のひとつである。特に居住者が取り替えることのできない設備は、管理者側による機種・システムの選択が重要である。

三〇一住戸の冷暖房設備システムは、従来の住棟セントラル方式から住戸専用に変更することを前提とし、省エネ性を最優先して最適システムを検討した。

1 給湯システム・熱電併給システム

太陽熱利用の場合、熱源機はガス給湯暖房機で十分だが、太陽エネルギー利用のシステムと燃料電池による電気と熱の獲得の二つのシステムを並存させ、使い勝手などを比較検討することになった(給湯への太陽熱利用については、太陽エネルギーの獲得の項で述べる)。

(1) ガス給湯暖房機

省エネ性の高い潜熱回収型の高性能熱源機(エコジョーズ)を導入した。後述する固体酸化物型燃料電池(SOFC)の余熱利用または太陽熱給湯のバックアップには、ミキシングユニットを併用する。省エネを実現するには、熱源機で再加熱するだけでなく、再加熱しない直接利用の併用が有効である。居住者の判断で、それぞれの回路に切り替えて利用する。

(2) 固体酸化物型燃料電池(SOFC)

現在開発中のもので、発電効率は定格運転で四五%と高く、熱利用の比率が小さい。したがって、熱需要が小さい家庭や集合住宅における利用が期待されている。NEXT21では三〇一住戸で長期的な実証試験を行う。廃熱が少ないとは言え、消費エネルギーの三〇%程度は温水として活用可能であるので、給湯の一部に活用する。

2 暖房システム

(1) ガス温水床暖房

床暖房システムの熱効率率はファンヒーターやエアコンよりも低い。しかし、下方からの柔らかな輻射、高い体感温度、理想的な温度分布など快適性・健康性に優れている。「下階が寒い」、「床が冷たい」との従前居住者の苦情を解決するためにも、下階に温水床暖房を導入することとした。

工法としては、床下に太目のパイプを敷設し低温水を循環させる方式を検討した。期待としてはポンプ動力の削減とともに床下全体を暖め、居室以外の部分も間接的に暖まることである。しかし、施工技術上の障害があり、リフォーム用の床暖房「はやわざ」を採用した。

(2) エアコン

冷房用に導入するエアコンは、暖房用にも利用可能である。上階は自然室温でもかなり暖かく、下階が暖房された状態での暖房負荷は極めて小さく、上階の暖房負荷にはエアコン一台で十分と見られる。

(3) ガスコンセント(ファンヒーター用)

上階については、下階の暖房余熱とエアコン一台で理論的には快適室温の確保ができるが、熱の伝達が自然対流と換気システムに依存しているため、部屋の各部に熱が十分行き渡らない可能性は残る。念のため、ファンヒーター用のガスコンセントを上階の各個室に設けた。

3 冷房システム

従前の冷房方式は、住棟セントラル方式の冷水によるVAV空調であったが、消費電力の多さなどに問題があった。一方、近年の家庭用の電気ヒートポンプエアコンは高性能化している。ここでは、省エネ性能を最優先し、市販機種のうちCOP6.4以上の高性能エアコンを採用した。断熱・遮熱措置を施すことにより冷房負荷も下がり、上階・下階それぞれ一台のエアコン(二・八kW)で快適室温に保てる見込みである。

4 換気システム

換気システムは、省エネルギーと相反する要素が含まれる。換気量を増やせ

ば冷房負荷が増加するばかりでなく、換気動力による電力の消費も無視できない。ここでは、上下各階に熱回収型の換気システムを採用し、ダクトにはVAV空調用の既設ダクトを転用する。建築基準法で義務づけられた常時小風量換気は、窓を開ける中間期には、本来意味を持たないので、居住実験としての省エネ水準を上げるため、常時換気の運転を弾力的に運用する。

5 照明

照明用の電力消費を削減する典型的な方法は、白熱電球を電球型の蛍光灯に置き換えることである。同じ照度で電力消費を約五分の一に抑えることができる。また、不要と見られる器具は取り外し、必要以上の照度があると見られる場合は、蛍光灯の本数を減らすなど過剰な照明器具を排除することとした。

原状では照明器具数が非常に多かった。部屋の中心部にある主な器具に加えて、窓際のダウンライト、バルコニーの照明、植栽を照らす大型のブラケット、廊下には複数の照明器具があり、数は合計で四九個、全部を点灯すると三・〇kW(設計図による数値)となり、省エネルギーとは程遠い状態であった。

これらを一個、一個確認しながら次の対策に選別した。撤去する、電球を抜き利用しなくする、複数の蛍光灯の一部を除去する、白熱電球を電球型蛍光灯に交換する、の四種である。電球型蛍光灯に置き換える場合でも、同等の照度が必要ないと判断したものは三分の二を目処に減光することにした。例 六〇W白熱電球を八W蛍光灯、四〇W相当に。しかし、点灯時間は未解明で、照明器具の変更による電力量の節減幅は未知数である。

その他、照度を阻害する要素としてブラケットやアクリルカバーの汚れが目立ち、これらの清掃を行った。

6 調理

調理における省エネルギーは、実際の生活において実現されることが多い。特に、電熱家電の利用(保温機能を含む)を避けることは、直接的な省エネルギーになる。調理器具の選択、省エネ型の調理方法など、ライフスタイ

ルの分野で工夫してもらったことは多い。今回の改修で行ったのは、高効率ガスコンロへの取り替えのみである。

7 その他電力

待機電力の削減は少ない費用で大きな効果の期待できる方策である。居住者の心掛けにかかる要素が大きいがここでは待機電力の比較的大きな器具についてスイッチつきのタップを準備した。点灯したハイロケットランプが電力浪費のサインであると受け止め、元からスイッチを切ってもらいように誘導する。

太陽エネルギーの獲得

いかに建築と設備で省エネルギー化を図っても、エネルギー消費を四分の一にすることは困難である。環境負荷となる在来型のエネルギー消費をさらに削減するには、再生可能エネルギー（ここでは太陽エネルギー）の利用が欠かせない。

1 太陽光発電システム

戸建てにおける再生可能エネルギー源として普及が急速に進んでいるのが太陽光発電である。NEXT21には屋上の七・五kW容量の太陽光発電モジュールが設置済みで、三・五kWと四・〇kWに区画されており、三・五kWを三〇一住戸に専用接続する。このうち二・五kWを省エネルギー寄与分として算入する。パワーコンディショナーは専用のものを一台新設する。三〇一住戸で使われなかった余剰電力は、NEXT21の共用配線に逆潮流され有効に利用される。



太陽光発電モジュール(既設、この一部を利用)

二・五kWという容量は、一般的な六階建ての集合住宅(住宅用途五層)を想定し、戸当たり屋根面積、屋上緑化の余地、メンテナンス用の空地などから想定した

2 太陽熱給湯システム

地球温暖化防止の方策として、太陽熱を湯沸かしの一助とすることは、今後いつそう重要になる。

太陽熱を集める方式は、自然循環式、強制循環式、汲み置き式などに区分される。このケースでは、建築的デザインとの整合を図るため、強制循環式を採用し、温水器(コレクター)は建物外壁に平行になるよう計画した。

しかし、このような配置に適したコレクターは見当たらず、集合住宅ファサード用の製品開発を期待し、二〇〇八年度以降に設置することとした。設置場所は上階南東部分の柱・梁フレームの中と想定し、予備配管のみを施工した。

省エネ効果・投資コストの検証

さまざまな省エネ対策と再生可能エネルギー獲得による効果を予測した。まず、三〇一住戸のエネルギー消費の基準となる用途別エネルギー消費量を求め、そこから、どの程度消費エネルギーが少なくなり、また再生可能エネルギーでカバーできる量を対策ごとに算出し、総合計してエネルギー削減効果を算出した。なお、エネルギー消費の比較は、一次エネルギーで単位をMJ(メガジュール)に統一して行った。電力は火力発電における発電口と配送電口との合計を六〇%と見なし、消費電力(二次エネルギー)を二・五倍にして算入した。

1 基準となるエネルギー消費量

基準にはいくつかの考え方があ。居住実験第1フェーズにおける消

費量、第2フェーズにおける消費量、大阪・戸建て住宅(日本エネルギー経済研究所)、SMASH⁵⁾によるシミュレーション(冷暖房負荷のみ)を基にした。

理論的な決め手は無いので、冷暖房負荷は、を採り、その他の用途はから、の単純平均とした。その際、は元データを三〇一住戸の専用床面積及び居住人数(四名)に補正した数値を用いている。

2 省エネルギー効果

省エネ効果を事前シミュレーションで検証した。その概要は次のとおりである。なお、当初、太陽熱温水器による給湯熱量獲得に代えてSOFCCの余熱を算入した。

前述の基準レベルを一〇〇とし、省エネ効果を累積で予測すると、建築的な対策で約四五%の削減、設備改修を加えて約五一%削減、省エネ家電への買い替えなどを想定し五六%まで削減、検討未了ながらライフスタイルによる省エネにより六一%まで削減、SOFCC余熱の寄与分を差し引いて六五%に、約六五%まで削減されたエネルギー消費量(一次)から太陽光発電量を差し引き、合計削減量が七八%に達する。

このように、全ての要素が予測通りに行けば、一部推定を含むものの目標の四分の一への削減はほぼ達成できる見込みが得られた。

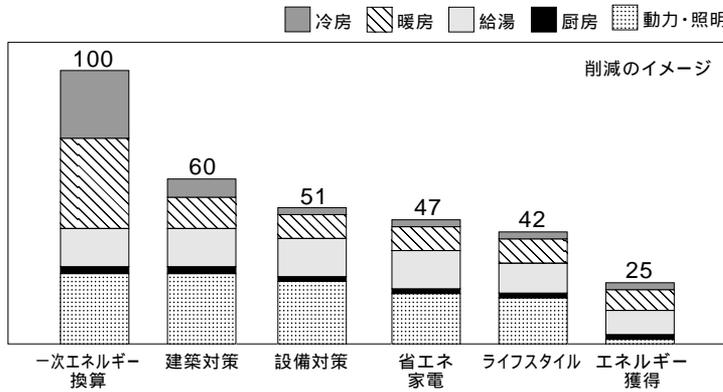


図7 エネルギー負荷削減のイメージ

3 投資コストの有効性

おおむね省エネ対策が出揃ったところで、それぞれの対策に伴う投資コストに対する省エネルギー効果を検証した。単純な物差しとして、投資コスト一〇〇〇円あたりの節減量をMJ/年(一次エネルギー)で算定し、比較の材料に供した。

4 計測データについて

省エネ効果及び居住性を数値的にフロアするには、さまざまなデータを取得する必要がある。主なものは、室内の温湿度、電力消費量、発電量、ガス消費量、温水熱量などである。センサーなし測定器を所定の箇所に設置し、データは地下室に置かれたデータロガーへ送られ、定期的に取り出して分析する。

居住実験の開始

こうしたように、本格的な省エネ改修でハードの条件を整え、二〇〇七年四月から居住者となる家族が入居した。夫婦と子供二人の計四人で、年齢は異なるが第1・第2フェーズと同じ家族数である。最初の年は、基準となる消費エネルギーを把握するため、特に省エネルギー行動は求めず自然体で暮らしてもらっている。家電製品も入居家族が持ち込んだそのままである。エネルギー消費データは、ほぼ予定通り把握しつつある。省エネや室内熱環境の問題点が見え始めているので、二年目の本格的省エネ居住実験に向けて対策を練っている段階である。

(大阪ガス株)エネルギー・文化研究所 研究主幹

CEL

(1) IPCC (気候変動に関する政府間パネル) 第二次報告書に基づく環境省資料
 (2) 大阪ガス実験集合住宅(大阪市天王寺区清水谷町) 二〇〇七年四月より第3フェーズ居住実験を開始
 (3) Variable air volume (可変風量) 部分負荷時に負荷に見合った風量に調整する空調システム
 (4) S-O-R-T : coefficient of performance (成績係数) ヒートポンプ等での投入エネルギーに対し得られる熱量差又は冷凍量が三であればCO2となる
 (5) 住宅の品質確保の促進等に関する法律に基づき住宅性能表示制度における性能表示事項のうち、省エネルギー対策等級に關し年間暖冷房負荷の計算方法を用いての評価が可能な住宅用熱負荷計算プログラムのこと。