



森 みわ
KEY ARCHITECTS

世界基準の省エネ住宅から学ぼう

ドイツ視察ツアーで見た「パッシブハウス」の最新事情

■第4回 パッシブハウスの普及とともに進化する周辺設備

※本連載連載は2010年3月13日～19日まで開催された
パッシブハウス視察ツアーの視察記をもとに編集したものです。

森みわさんによる欧州「パッシブハウス視察ツアー」からの報告記。今回は今年3月13日から19日まで渡航された第2回目の視察から、現地の最新レポートをご紹介します。



「1」旧工場をリノベーションした新社屋

この建物は、熱交換換気装置メーカーDrexel & Weiss社の本社屋。1969年完成のストックキング製造のための工場を取り壊すことなく、省エネ性能を改善させるためにリフォームを

行った事例だ。

既存のRC造を一旦スケルトンにし、RCのサンドイッチ構造による外壁も取り除いた後に充填断熱による木造を新たに施工。外構のコンクリート打ち放しやパラペット部分は断熱を施した木構造を付加、新しい外装材として黒色に磨き上げられたTrespa社の木質セメントボードが採用された。

建物東側にガラス張りのカーテンウォールとし、枠材には木製マリオン+黒いアルミクラッドとした。開口部はコストパフォーマンスを重視して、パッシブハウスの推奨基準であるU値 $\leq 0.8 \text{ W/m}^2\text{K}$ 以下を満たしていないが厚さ90mmの木製サッシを採用。ガラスはすべてトリプルガラス入り、空気層を確保するスペーサーにはThermix社製を使用し、U値 $\leq 0.6 \text{ W/m}^2\text{K}$ と最高レベルとする「写真」。ガラス面積は全床面積の10%以下のため、建物全体としてはパッシブハウス基準を満たせることが計算で明らかになった。「住宅においてはサッシ枠の性能は決して無視してはいけない」とは設計者自らの言葉であった。

【概要】商業施設の改修／建築地 オーストリア・ヴォルフルト (Wolfurt) ／混構造 (RC造+木造) ／床面積 3300㎡／2005年竣工／案内役 Reinhard Weiss (Drexel & Weiss 社 代表取締役)

森 みわ [キーアーキテツ代表]

1977年東京生まれ。横浜国立大学工学部建設コース卒業後、ドイツ政府研究奨学生として渡独。シュツットガルト大学で修士修了後、ドイツ・アイルランドの建築事務所にて省エネ型商業施設や「パッシブハウス」の建築プロジェクトにかかわる。2009年3月に帰国し、設計事務所キーアーキテツを設立。8月には日本初の「パッシブハウス」を建築した。今年2月、国内でパッシブハウスの国内普及や温暖地仕様への改良をめざす「パッシブハウス・ジャパン」を設立。4月からは東北芸術工科大学で客員教授を務める。

神奈川県鎌倉市
www.key-architects.com
TEL 0467・39・5730



開口部。木製サッシ枠に高性能のトリプルガラスを採用した



東面に設置されたガラスの間仕切り。光を効率よく各部屋に取り込む

屋根断熱は既存の14cmを34cmに強化し、PVCを一切使用しないシート防水を施した。基礎周りは垂直方向に深さ80cmまでXPS断熱材を施工、ヒートブリッジの解消を試みた。このほか当初は建物床下にも基礎断熱を計画していたが、PHPPによるシミュレーションの結果、建物の比較的大きな床面積により建物外周のスカート断熱のみで代用可能となった。

このメーカーでは熱交換換気装置にヒートポンプによる補助暖房と、給湯タンクを組み込んだ“コンパクトユニット”と呼ばれる製品を開発、製造販売している。冬場、熱交換後の排気

温度は4〜5度であるため、この空気をヒートポンプに送り込む方が、外気温を使用するよりも運転効率が良い。

さらに本物件では集合住宅用のユニットを採用。基本設定をブレインで一括制御し、風量や温度設定などの微調整は各住戸で設定可能である。

ユニットに加えて今回は地熱も利用。元からあった設備用のトレンチ（堀溝）の中に長さ約90mのダクトを設置。外気をこのダクトを経由させることで、冬は給気温度を上昇させ、夏は低下させている。冬場では、マイナス15度の外気を+6度まで、マイナス2度を+10度まで

上昇するという（この地域の年間を通じた土壌の温度は11・5度とのこと）。

このほか東に面したオフィスには一部ガラスの間仕切りが採用され、光を効率よく各部屋に取り込む工夫がなされている「写真」。こうして最後の最後までエネルギーを絞りとることに、戸建住宅用ユニットの消費電力は400W、出力容量は1400Wを超える（アイルランドでのエネルギーパスではAPPF（年間平均エネルギー効率）3・0以上の設備は再生可能エネルギーとみなすことができる）。

給湯タンクはスチール製で、内部はガラス質で覆われている。これが一番腐食に強い。熱交換用のコイルは温水と接することなく、外側のスチールのタンクに熱を伝える。これはヨーロッパでは硬水の地域が多く、タンク内にコイルを挿入すると、コイル周りに石灰質が付着し、熱交換率が悪くなる。標準のタンクは200リットルであるが、太陽熱温水器を使用する場合には容量不足のため、パッシブタンクを併用している。「パッシブハウスを求める人

も最近はおがままになった」とWeiss氏。換気装置よりも従来の輻射による暖房を好む人が多く、同社最新モデルでは、床暖房や壁暖房のための冷媒を用いた密閉回路を備える。

夏場は自然換気や日射遮蔽で暑さをしのいでいたヨーロッパ人が、最近は床暖房用の回路に地下水から取った冷水を流すスラブクーリングをやったがる。さらには、床冷房中にも脱衣場のパネルには温水を流したい、という要望もあるらしい。そんなあらゆるニーズに応えるため、同社は創業以来の究極のシンプルシテイから路線を変え、わがままパッシブハウスの省エネ設備を開拓している印象を受けた。

一方でツアー参加者はこのメーカーの原理をいかに日本の温暖地域の冷房と給湯需要に応用するかをひたすら考えているよう。

「気候は違ったとしても、より少ないエネルギーで快適な室温を手に入れたらという私たちの願いは世界共通。日本のニーズを教えてください。自分たちのノウハウを活用して解決方法を考えましょう！」とのWeiss氏の最後の言葉は印象的だった。

「2」 築40年校舎をパッシブハウス仕様に



〔概要〕 学校・幼稚園 の改修／建築地 オーストリア・ヴォルフルト (Wolfurt) ／混構造 (RC造+木造) ／床面積 1850㎡／2009年改築終了／案内役・設計者 Gerhard Zweier

こちらは、1968年竣工の既存建物を、2009年の夏休みの11週間を利用してパッシブハウス仕様にリフォームを行った事例。「1」と同じ設計者が担当する。

施主であるWolfurt市からは、

長期的な視点からパッシブハウスの性能が求められた。築後40年のあいだ手を加えることなく使用されている既存建物。これを20〜30年最先端の性能を発揮できるように改修することが、最も経済性を高める秘訣である

という施主の判断が素晴らしい。

もともと本校舎と分かれていた体育館を、増築によって一つの暖房領域とすることで、外壁の表面積を減らすことを試みた。室温設定は本校舎を20℃、体育館を18℃で計算。体育館の天窓は、既存の構造をそのままに、ガラスを遮熱・断熱性の高いタイプに交換している。2009年の春には先行して体育館が改修され、後の改修に必要な準備も同時に行われた。

既存のRCの外壁は、塗仕上げもそのままに、上から木造のスタッドと充填断熱を施工、通気層の上にカラマツ（ラーチ）を割ったものを外装材として施工「写真」。これはフォアアルベルク地方の伝統的な農家の外壁仕上げだという。

本校舎の陸屋根部分には太陽電池を設置。太陽電池の面積は250㎡、最大出力は26kW。発電した電力は全て一旦売却し、必要な分を電力会社から購入しているが、照明、換気など、必要な電力は全てこの太陽電池でまかなう「写真」。

南に面する体育館の外壁には、太陽熱温水パネルが外装材

として垂直に取り付けられ、暖房用の温水をつくる。この温水は、2500リットルの温水タンクに貯蔵され、各部屋のパネルヒーターに送られる「写真」。パネルヒーターの表面積は改修前と変らないため、建物の暖房負荷が大幅に減少したことに



既存のRC外壁の上に充填断熱を施工し、地元伝統のカラマツを外装に施工した



体育館外壁の太陽熱温水パネルでつくった温水が各部屋のパネルヒーター暖房に送られる



校舎屋根に設置した太陽電池。最大出力26kWで全校舎の暖房、換気、給湯に必要な電力をまかなう

よって、給湯タンクからパネルへの入水温度を大幅に下げることが成功。吊り天井には安価で意匠性に優れた木質セメントボードを採用。天井裏のRCスラブの蓄熱性能を最大限に生かすため、吊り天井のどこどころにスリットが施されている。

東西の窓の外付けブラインドは、屋上にあるセンサーによって制御され、自動昇降する。住み手が設定を上書きしても、2時間後にはまた元の理想状態に戻る。換気装置はダクト敷設のコストを抑えるため各教室で完結させ、「人感センサー」によって制御する。センサーは人が滞在している間のみ換気装置が作動し、人がいなくなっても15分は作動するようである。

「3」快適性と省エネを追求する住宅



【概要】戸建住宅・新築／建築地オーストリア・ブルデンツ（Brudenz）／床面積173㎡／混構造：1階外壁および2階床＝RC造、1階内壁＝ブロック造、2階部分＝木造／2010年竣工予定／案内役・設計者 Andrea Vogel Sonderegger

アルプスの眺望を満喫することとテーマに設計された戸建住宅。眺望を最大限に生かす1階リビングの角度と、最大限の日射取得のための2階寝室の角度をそれぞれ設定した結果、両者のずれによって1階には雨除けのあ

る外部空間が、2階には開放的なベランダが出来上がった。斜面に建てられたこの住宅は、1階の3方が地中に埋まっている。あえて複雑な形状の建物を選択したゆえに、気密施工やヒートブリッジ回避のためのデイベー

ルは非常に重要となった。オーストリアではエネルギーパスの評価手法のひとつとして、PHPP（Passive House Planning Package）による計算が認められている。このPHPPによる計算では本件は暖房負荷が18 kWh/m²となっており、厳密にはパッシブハウスの基準を満たしていないが、オーストリアの助成金を最大で2500ユーロ受けることができる。

1階の暖房はレンガ造の間仕切り（内壁）「写真」の手前に塗られた厚さ2、5センチの土壁の中に回る温水パイプによってまかなわれる「写真」。土壁には調湿機能を期待している。2階の暖房はRC床に打ち込まれた床暖房を用いる。換気装置から送られる給気のダクトは2階床のRCスラブの中に打ち込まれており、上下階を一つのダクトから直前に分岐させている。

（つづく）



レンガ造の間仕切り壁に埋め込まれた設備配管



レンガ造壁表面に塗られた土壁。この中に温水パイプを回して壁暖房とする

[1] 旧工場をリノベーションした新社屋

■一階床	既存のRC床を維持し、ペリメーター断熱（基礎周りに垂直方向に施工する断熱方法。別名スカート断熱）を施工 U値=2.2W/㎡K
■屋根	340mm 断熱 U値=0.1W/㎡K
■開口窓	サッシ枠（木製）U値=0.9W/㎡K ガラス U値=0.6W/㎡K
■換気装置	Drexel und Weiss社製の複数の製品を使用
■気密性能	0.01回
■年間暖房負荷	11.5kWh/㎡
■設計	Architektur Büro Zweier

[2] パッシブハウス仕様に改修した築40年校舎

■外壁	U値=0.12W/㎡K
■一階床	U値=0.45W/㎡K
■屋根	U値=0.09W/㎡K
■窓	サッシ枠 U値=0.8W/㎡K ガラス U値=0.6W/㎡K
■換気装置	Drexel und Weiss社製Aeroschool
■気密性能	0.6回
■年間暖房負荷	17kWh/㎡
■施工費	980ユーロ/㎡
■総工費	400万 ユーロ（ただし外構工事、家具工事、設計料等を含む）
■設計	Architekturbüro Zweier
■設備設計	Pkanungsteam E-Plus
■建築物理コンサルタント	Spektrum, Karl Torghele

[3] バウビオロジーと省エネを両立する住宅

■ 1 階床	XPS断熱材 (200mm) / RCスラブ (250mm) / ビチューメン アスファルト防水 / 気密シート / シンダーコンクリート (70mm) / フローリング (15mm) U値=0.16W / m ² K
■ 屋根 屋根仕上げ	陸屋根 (80mm、勾配 2 %) / 屋根防水用ゴムアスファルトシート溶着 / 屋根梁 (60mm 幅、サネ加工) + セルローズ断熱材 (260mm) / 合板 (21mm) / 気密シート / 設備配管スペース + 充填断熱 (60mm) / ファーマセル社製、木繊維石膏ボード (15mm) U値=0.1W / m ² K
■ 外壁	Trespa社製 Meteon セメントボード (8mm) / 通気層 (36mm) / 木質繊維ボード (35mm) / スタッド + セルローズ断熱 (260mm) / 合板 (15mm) / 気密シート (0.1mm) / 設備配管スペース + 充填断熱 (60mm) / ファーマセル社製、木質繊維練込石膏ボード (15mm) または土壁ボード U値=0.12W / m ² K
■ ガラス	U値=0.5W / m ² K
■ 地熱交換	垂直に73mのパイプを施工、不凍液を循環させている。夏も冬も地熱を利用することで、年間を通じて地中の温度が変わらないように配慮がなされている。
■ 熱交換換気	Drexel und Weiss 床暖房対応モデル × 2 台
■ 気密性能	0.001回
■ 給湯	300リットルの給湯タンクは単体で用意。換気装置に内蔵されたヒートポンプが給湯を賄う。屋根には太陽熱温水パネル搭載、地熱交換を床や壁に流すことで、夏場にはパッシブクーリングの機能を果たす。ただし、脱衣場は夏場でも暖房に切り替えることが可能
■ 年間暖房負荷	18kWh / m ²
■ 暖房容量	ピーク 14W / m ²
■ 一次エネルギー量	78kWh / m ²
■ 建設費	2100ユーロ / m ² (クライアントの父親によるセルフビルドにより、実際は1800ユーロ / m ²)
■ 設計者	DI Dr. Andrea Sonderegger



森 みわ
KEY ARCHITECTS

世界基準の省エネ住宅から学ぼう

視察ツアーで見たオーストリアの「パッシブハウス」最新事情

■第5回 有名設計事務所による実験的な試み

※本連載連載は2010年3月13日～19日まで開催された
パッシブハウス視察ツアーの視察記をもとに編集したものです。

パッシブハウス日本第一号を
神奈川県鎌倉市に手掛け、省
エネ住宅を実践する全国のつ
くり手からも注目を浴びる森
みわさん。森さんが主催する
欧州「パッシブハウス視察ツ
アー」の視察記から、現在欧
州のつくり手を取り組むパッ
シブハウスの最新事例を届け
る。今年3月13日から19日ま
で催行されたツアーから、今
回はサステナブル建築の実践
者として有名なオーストリア
の建築家、ヘルマン・カウフ
マン氏の取り組みを紹介する。

めずらしい混構造でつくる 事務所＋住宅ユニット



【概要】 ヘルマン・カウフマン氏の設計事務所＋住宅4世帯／建築地：オーストリア・シュヴァルツァッハ
(Schwarzach)／竣工：1999年／構造：混構造（RC造＋木造）／床面積：1000㎡／施工費：約110万
ユーロ／設計：Kaufmann Architekt／案内役：設計事務所代表Roland Wehinger

1階の600㎡（パッシブハ
ウス仕様）を3つの設計事務所
が占有、2階の合計400㎡分
には4つの住宅ユニットが（低
エネルギーハウス仕様）図1を

参照〕であり、そのうちの1つ
に事務所の創設者カウフマン氏
も居住するという。設計事務所
として自ら実験的な試みを行っ
ている。

Kaufmann Architektは19
85年に設立された設計事務
所。1999年に新事務所＋住
宅をパッシブハウス仕様で自ら
設計し、入居した。建物接地面
の半分に地下室を有し、こちら
が暖房領域から外れているた
め、1階床は、本来RC造にす
るところをあえて木造で建設、
充填断熱でスラブの厚みを最小
限にとどめた。一方2階の床は、
建物の蓄熱性能を向上させるた
めにRC造が採用された、大変
ユニークな構造である。

2階のバルコニーの手すりには
太陽熱温水パネルが垂直に取り
付けられ、給湯をまかなって
いる「写真2」。給気は地熱交
換（アースチューブ形式）で、
建物外構に設置した外気取り込
み口から室内へ取り込まれる
「写真3」。直径30cmのダクトが
6本、地中を通って熱交換換気
装置におくられる。必要な暖房
はガスボイラーを採用。このガ
スボイラーで作る温水が、給気
ダクトのコイルに熱を伝えるこ
とで室内空気を暖めるしくみ。
またガスボイラーは太陽熱温水
器の加熱補助も担っている。
施工費はおおよそ110万ユー
ロ（1億4300万円／坪単価

森 みわ [キーアーキテツ代表]

1977年東京生まれ。横浜国立大学工学部建設コース卒業後、ドイツ政府研究奨学生として渡独。シュツットガルト大学で学士修了後、ドイツ・アイルランドの建築事務所にて省エネ型商業施設や「パッシブハウス」の建築プロジェクトにかかわる。2009年3月に帰国し、設計事務所キーアーキテツを設立。8月には日本初の「パッシブハウス」を建築した。今年2月、国内でパッシブハウスの国内普及や温暖地仕様への改良をめざす「パッシブハウス・ジャパン」を設立。4月からは東北芸術工科大学で客員教授を務める。

神奈川県鎌倉市
www.key-architects.com
TEL 0467・39・5730



47・7万円相当)の超ローコスト・パッシブハウスである。その達成のためには外装仕上げ材に合板、室内の吸音材として木毛セメント板のあらわしなどを採用した「写真4」。

ミーティングルームにて、次の視察先であるルーデッシュの村役場+公民館の図面を見せてもらう「写真5」。

〔図1〕
さまざまな省エネルギー住宅基準の比較

〔3〕地熱交換のために建物外周に設置した外気取り込み口



〔2〕バルコニーの手すりに取り付けられた太陽熱温水パネル



〔5〕ミーティングルームでは、次の視察先であるルーデッシュの村役場+公民館の解説を受けた



〔4〕省エネと低コスト化のため、建物内装の木毛セメント板を使用。外装仕上げにも合板を使った



住民参加型で建て替えられた 役場＋公民館



【概要】 村役場＋公民館の新築／建築地：オーストリア・ルーデッシュ (Ludersch) ／竣工：2005年／構造：木造／床面積：3135㎡（うち40％はテナントが占める）／設計者：Hermann Kaufmann／総工費：590万ユーロ（約7億6千万円） 設計料、コンサルタント・フィーなど80万ユーロ／案内役：元村長 ポール・アマン氏 (Paul Amann)

オーストリアのフォアアルベルク地方にある人口3500人の町、ルーデッシュで1995年から約10年間の歳月をかけて、住民参加型で行われた村役場＋公民館の建て替えプロジェクト。今回のガイド役は、当時

村長を務めていたポール・アマン氏。現在はボランティアで世界中からの視察グループのためのガイドを引き受けている「写真7」。彼にとって、この建物は我が子同然なのである。

ルーデッシュでは1995

年、住民に対してこの町に求められる要素に関するアンケート調査を行い、そこで集められた回答をインスブルク大学の研究者が分析、フォアアルベルクのエネルギー・インスティテュートやオーストリアのパウビオロギー／パウエコロジー研究所の助言を受けながら、2000年から2年の歳月をかけてヘルマン・カウフマン氏が基本設計を行い、2004年に着工、2005年に新施設が完成するに至った。1999年からルーデッシュは自治体の持続可能な発展を評価するプログラム「e5」で最高等級の5等級を目指し、現在4等級までを達成している。このプログラムでは、たとえば子供たちがバスなどを使わずに徒歩や自転車通学できるような街づくりがされているかどうかとも評価対象であると聞いて驚いた。1998年に導入された「e5」評価システムには、現在オーストリアの83の自治体に参加しており、既に合計186個の「e」が与えられている。また「e5」は2003年にはスイスの「Energie Stadt (ドイツ語)Energy Cityの意味」と呼ばれる評価プロ

グラムや、ドイツのパートナーと手を組んで、EU全体への普及を目的とした「European Energy Award」という評価システムの下地を作ることで合意した。現在ではEU圏の9カ国が参加を表明している。

建物は木造2階建て、地下1階建ての3つのブロックから成り立ち、それらに囲まれたスペースが広場になっている。この広場こそが住民が一番望んだ要素だったという。広場では年間を通じてさまざまなイベントが開催され、悪天候でも子供も大人も集まる村の中心の場となっている。

この広場には太陽光発電モジュールがラミネートされたガラスの屋根がかかっている「写真9」。この屋根の太陽光発電で発電する電力はすべて売電し、毎年1万2千ユーロ分の売電量になる。一方この施設全体の消費電力は、外構の照明等を含めて年間5〜6千ユーロである。

建物の陸屋根の上の一部には太陽熱温水パネルも搭載し、このパネルによってつくり出された温水は、パラインを熱媒体とした蓄熱タンクにエネルギー

として蓄えられ、厨房と、建物のテナントのひとつであるフィジオセラピー（理学療法）のカウンセリング・ルームに必要な温水を供給する。このパラインによる蓄熱タンクは、4500リットルの温水タンクに相当する容量であるが、大変コンパクトである。

建物全体の暖房は地域暖房によってまかなわれ、暖房用の温水が近くのバイオマス・ボイラーによるプラントから送られてくる。地熱および排気と熱交換を行った外気は、各室の天井に張られた無塗装の白モミの木の透かし張りの間に埋め込まれた金属製のスリットから室内に送り込まれている。



【7】案内役のポール・アマン氏。建築当時村長としてプロジェクトを率い、現在世界中の視察者にボランティアでガイドを引き受けている

建物の使用中の省エネ性能のみでなく、材料の製造・解体時のエネルギー消費量や使用者の健康への徹底的な配慮がなされたこの建設プロジェクトにおいて、材料への配慮によって発生したコストアップは建物本体の工事費の2・3%、外構工事費も含めると1・8%に過ぎなかった、とアマン氏は熱を込めて説明する。具体的には、ヨーロッパで天井・壁・床の地下材に一般的に使用されるOSBの代わりに地元で取れる白モミの木（英語名：Silver Birch）を斜め張りにしたり、ミネラルウール（ロックウール）の代わりにセルローズ充填材や羊毛ウールを使用したり、PVC（ポリ塩化ビニル、通称は塩ビ）やハロゲン系有機化合物の含まれた配管

の代わりに全てPV（硬質塩化ビニル）製にする、といった仕様変更であった。

森林資源の豊富なこの地域では昔から林業が盛んであったが、いつしか灯油をエネルギーとして外部から買い取るようになり、住宅の木造離れも一気に進んだ結果、白モミの木の森は手入れされぬまま衰弱していった。衰弱した樹木の根には地表面を支える力が無く、雪崩等の被害が多発するようになっていく。自然災害の多発にあった地域の中には、人工的な雪崩留を



【9】建物に囲まれた中庭。屋根に太陽光発電モジュールを搭載。今では村民が集い憩う人気の場になっている

コンクリートで打てばよいという発想を持つ人々もいたという。林業が成り立たなくなった村では過疎化が進み、人口が減少してゆく。このような状況に歯止めを打つべく、アマン村長率いるルーデッシュは省エネ村役場建設プロジェクトによって村の経済の活性化を目指すことを決意、地元の森林資源を利用して建物を建設することが、建物のエンボデイド・エネルギー（部材加工、運搬、建物竣工までのエネルギー消費量）を最小限にとどめ、村の林業とそれに

まつわる産業を活性化させるために理想的であるという結論に至った。アマン氏は1984年から20年間にわたりルーデッシュの村長を務め、この間に村の人口は2200人から3300人に増えている。建物は外壁と内装の至る所に白モミの木が使用され、全体の使用量はあわせて約28

【12】外壁に使用した白モミの無垢材。1棟の使用量は約280㎡に達する



【13】内装の白モミ無垢材。無塗装とすることで、解体後は燃料となつて木の寿命を全うする



0立米に達する。建築から10年後に解体されるようなケースを考え、外装や内装に使用されている木の仕上げはあえて原則無塗装とし、解体後は燃料となつて木の寿命を全うできるように配慮した「写真12・13」。無塗装で外部の過酷な気象条件にさらされる木材の品質管理は厳しく行われ、現場でも頻繁に木材の含水量測定が行われた。現場では木材に限らず搬入された300種類以上の建材に対してさまざまな試験を行い、ホルムアルデヒドや揮発性物質が含まれるものなど、約20%の建材が品質に適合できずに返品された

という。パッシブハウスの外皮性能を持つ建物を、材料への徹底的な品質管理によって建設した結果、床面積1平米当たりの年間の暖房エネルギー消費が8GJ、建設時に消費したエネルギーが5GJという驚異的な数値を達成している。竣工後は全ての部屋でVOC測定を行い、ホルムアルデヒド等の濃度がWHOが定める敏感な人向けの許容値を下回ることを確認できた。セミナールームのコーナーサッシからは、つい最近改修された築1300年の教会が雪山を背景に上品に佇んでいるのが眺められた。（つづく）



森 みわ
KEY ARCHITECTS

世界基準の省エネ住宅から学ぼう

視察ツアーで見た「パッシブハウス」最新事情

■第6回 自然エネルギーをより身近に取り入れる試み

※本連載連載は2010年3月13日～19日まで開催された
パッシブハウス視察ツアーの視察記をもとに編集したものです。

ドイツ発祥の超省エネ住宅・パッシブハウスを、温暖地の日本ではじめて鎌倉市で建築し、高気密高断熱住宅の新天地開拓者として世界的にも注目を浴びる森みわさん。森さんが企画する「欧州パッシブハウス視察ツアー」の視察記から、今回は製品の高度化・多様化が進むオーストリアのペレットストーブメーカーと、環境先進街区として有名なドイツフライブルク市のヴォーバン地区を紹介する。

ペレットストーブの今



1

オーストリア西部、スイスとの国境にも近いアルタッハ。この街に拠点を置くカリマックス社は1994年に創業。当初はアメリカのペレットストーブを輸入していたが、ヨーロッパ人のニーズに合わなくなり、99年から独自のペレットストーブを開発、販売している。

以降ヨーロッパにおけるペレットの需要は1999年にわずかに年間8万トンだったものが、2006年には800万トンに拡大。カリマックス社も2005年から2006年にかけて16%売り上げを拡大した。ところが翌年07年にはペレット製

造業者が大手バイオマスプラント業者と契約を結び、ペレットの供給が激減したことでペレット価格が急騰。これを受けて一時はペレットストーブの販売台数が激減したことがあった。この再発を防ぐために、現在同社ではペレット製造業者とペレットストーブ製造業者をつなぐ団体を設立、ペレットの供給量と価格の安定化を確保している。

同社製ペレットストーブの自慢は、その炎の美しさ「写真①」。燃焼効率を保ちながら、いかに見た目に美しい炎を魅せるか。その形と色味を追求するため、燃焼炉の形状や穴の位置をデザインしているとのこと。

サーモスタットにより、室内温度設定を0・5度上回ると自動着火、設定を下回ると自動着火される。着火の際にはセラミック製のプレートに250Wで通電して発熱させ、7分後にはペレットが着火するしくみ。スチール製よりもより正確な着火が可能だそう。デザイン性で人気のあるイタリア製のペレットストーブなどには、この

設定温度プラス0・5度の消火機能をそなえるモデルは無く、室温が27℃に達して初めて消火することのこと。

最新モデルはパッシブハウス仕様で出力は6kWと同出力の従来品と比べて40%減少、フロントパネルのガラスなどのくもりを取り除くセルフ・クリーニング機能付き。ストーブのフロントパネルの取り外し方まで合理化されている。

同社のストーブは常に生活の中心に置かれているため、暮らしている家族に配慮してストーブのメンテナンスがなるべく早く終わるように配慮されている。

近年ではこのペレットストーブも用途に応じて多様化がすすんでいる。

たとえばパッシブハウスのような高断熱高気密住宅用に同社が開発したモデルは、給気を外気から直接取り込み、メンテナンス用のフロントパネルは気密を確保、室内に負圧を生じさせないよう工夫されている。

また温水暖房とのハイブリッド型のペレットストーブもある。同社は温水と熱交換するタイプは、燃焼エネルギーの80%

森 みわ [キーアーキテツク代表]

1977年東京生まれ。横浜国立大学工学部建設コース卒業後、ドイツ政府研究奨学生として渡独。シュツットガルト大学で学士修了後、ドイツ・アイルランドの建築事務所にて省エネ型商業施設や「パッシブハウス」の建築プロジェクトにかかわる。2009年3月に帰国し、設計事務所キーアーキテツクを設立。8月には日本初の「パッシブハウス」を神奈川県鎌倉市に建築した。2010年2月、国内でパッシブハウスの国内普及や温暖地仕様への改良をめざす「パッシブハウス・ジャパン」を設立。4月からは東北芸術工科大学で客員教授を務める。「鎌倉パッシブハウス」は「パッシブハウス建築大賞2010」にて世界2位を受賞。

神奈川県鎌倉市

www.key-architects.com TEL 0467・39・5730

以上を温水側に伝え、パネルヒーターに直接接続すること、タンクに一旦貯蔵してからパネルヒーターに接続することもできる。ただしパネル直結の場合にはバッファがないため、ストーブのON/OFFの自動切り替えの頻度が増えるだろう、と案内役のKessler氏。

ストーブ内部にある温水との熱交換パネル部分での結露を防ぐために、ペレットストーブの熱交換回路へ流入する水の温度が一定以下の場合には熱交換済みの温水の一部を流入側に回し、水温を上げるという機能を有している。これによって金属製の熱交換パネルが腐食することを防いでいるようだ。

さらには煙突を簡略化できるリフォーム向けの排気システムも登場した。日本では住宅のリフォームの際にペレットストーブが求められるケースは多々あるようだが、煙突が存在しない住宅内でペレットストーブを取り付けるのは容易ではない。こうした問題に対処するために、同社では外壁に後付けできるステンレス製の安価な排気システムを開発。サイクロン（粉体分離器）で煤（すす）を下方に

引っ張った後、ファンで排気を上方に噴き出す。これによって密集地域でも短い煙突でしかも安全に、煙突の機能を付加できるという。

現在のオーストリアでのペレット価格は1トン当たり235ユーロ（3万0550円、1ユーロ＝130円で換算）、ペレット1kg当たりでおよそ5kWhの燃焼エネルギーを得ることができると。たとえば床面積120㎡のパッシブハウスを燃焼効率80%のペレットストーブで暖房する場合、ひと冬に必要なペレットはおよそ450kgになる。

同社の実験棟では常時数台のペレットストーブが、市場に出回るさまざまな種類のペレットを燃焼し、その効率がコンピュターによって解析、検証されている。とはいってもペレットサイズには規格があり、直径が最低6mm、長さは直径の約5倍以内とされる。同社のペレットストーブはファンが標準装備されており、一番低価格のシンブルな10kWペレットストーブで毎時250立米の温風を前方に噴き出して、高効率を達成している。

「ソーラーシティ」を創る

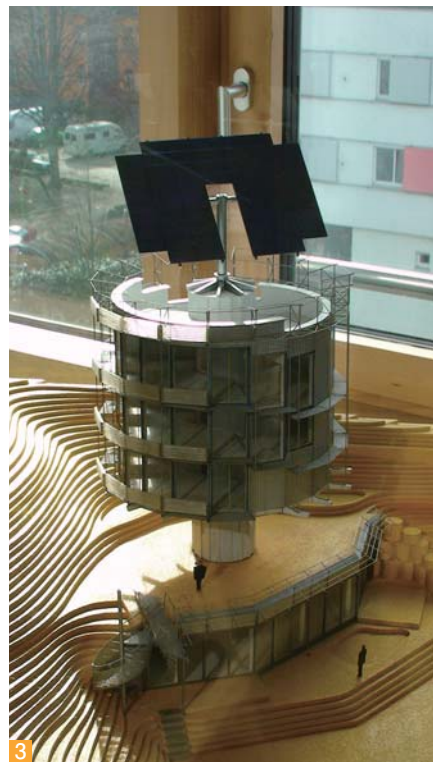


フ・ディッシュ氏が1996年に実験的に建てた自邸、ヘリオトープである「写真③」。

この円柱型の木造住宅は、通常は日の出から日没まで東から西に建物ごと半回転し、ガラス面から建物に太陽光を取り入れる。夜になると逆回転をしてまた元の位置に戻るという大変奇抜なアイデアによって建てられた。夏場は日射遮蔽のために、建物のガラス面は太陽に背を向けて回転してゆく。よって屋根の上の太陽光発電は、建物の回転とは無関係に、常に太陽の方向を追って回転する。垂直方向にもパネルが回転し、太陽のトラッキングによる発電効率の向上はおおよそ30%である。

エコロジー建築家としてドイツ国内で有名なロルフ・ディッシュ（Rolf Disch）設計のソーラーシティは、ドイツ南西部の都市・フライブルク市のヴォーバン地区の中にある。ヴォーバン地区は第二次世界大戦後、ドイツの東西統合までの期間、フランス軍が駐在した地区であり、ヴォーバンという名はフランスの要塞建設マイスターの名前にちなんだものである。これまでドイツの数々の賞を受賞したソーラーシティの広報担当であるブーベ氏の案内で、最初に見学するのは、ロル

150トンもの建物の自重を木造の円柱で支えるこの特殊な構造には、当時計算手法が確立されていなかったため、大学や研究機関で解析を行い、風圧に対するその安全性が立証された。集材材の接着剤の強度を、木部分の強度と同じにすることで、構造体への応力集中を防いでいる。この建物はタイマーに



3



建物外壁のバルコニーに取り付けられた真空太陽熱温水器

ロルフ・ディッシュ氏が1996年に実験的に建てた自邸、ヘリオトープ

ている「写真④」。2・3世帯分の給湯と暖房需要を賄っていることから、明らかなオーバースペックである！

発電された電力はすべて電力会社に売電、必要な分を買い戻す。熱交換換気装置の給気はアースチューブにより地熱を利用、建物1階にはバイオマス・ボイラーを有する。トイレからの

プロジェクトと言える。ディッシュ氏の掲げた「プラスエネルギー・ハウス」の建設には、当時の行政や銀行が懐疑的であったため、一般の投資家（たとえば四角いリッター・チョコレートのリッター氏）やファンドを投資して当初の計画の40%の敷地面積でプロジェクトが実現した。

の給湯と暖房需要を賄う地域暖房システムのボイラーは、ロシアから買い取ったガスによって運転されているが、計画当初はバイオマス・ボイラーを想定しており、それが実現した場合は一次エネルギー消費量がマイナス200kWh/m²を達していたとされる。

ボイラーを有する。トイレからの汚水と台所のデイスポージャーで粉碎された生ごみは、バクテリアを投入した乾式の浄化槽で処理され、年に1度ごくわずかな汚泥が庭の有機肥料として取り出される。そのあまりの少なさに、ディッシュ夫人は拍子抜けしたという。その他風呂場等からの汚水は屋外にある3つの

造住宅「写真②」と、道路沿いに東西に125メートル伸びるRC造のオフィス・店舗棟「写真⑤」からなる。全ての建物の外皮性能はパッシブハウス性能で設計されている。住宅数はおよそ100世帯。延床面積70平米から200平米までの住宅タイプが混在している。屋根に乗せられた太陽光発電のパネルは合計1000平米（一世帯当たり3〜10kWp）、年間発電量は2800〜9600kWh（発電効率13%）に達する。

オフィス・店舗棟のうち、オフィス部分に関しては、ゼロエネルギーを達成。店舗部分が加わると、その巨大な冷蔵庫の消費電力により、ゼロエネルギー状態が達成できないとのこと。住宅建設には、入居者や投資家が集まった分だけを建設してゆく段階的な手法がとられたが、そのプロセスの途中の2001年に、ドイツでは太陽光発電で発電された電力の買い取りルールが改正され、20年間固定の単価で電力を売却できるようになった。それを受けてソーラーシティにおいても、2001年以降に竣工した住宅棟では、太陽光発電パネルの取り付けられた庇の長さが1メートル以上長くなっていった！

よって10分毎にわずかな回転を行うが、そのために必要とする電力は、旧式のビデオデッキ1台分の待機電力と同じぐらいだという。

スペースは、ゆるやかな曲線を描きながら、らせん状に旋回、円柱の中には住宅の本来の動線となる螺旋階段が（いわば外周の大きな螺旋階段の近道として）配置され、そのシャフト部分には必要な設備配管がおさめられている。全ての配管は建物の回転に耐えられる柔軟な材料でつくられ、実際建物を400度まで回転させても異常がなかったとのこと。建物のガラスの外壁側には、バルコニーが配置され、手すり部分に垂直に真空太陽熱温水器が取り付けられ

160万ユーロ（約2億円）、この実験的なプロジェクトによって積み上げられたノウハウをもって、ディッシュ氏はその後ソーラーシティのための現実的な回答を導き出すことになる。

一方、住宅の外壁の断熱性能は平均で0・12W/m²K、住宅総体の一次エネルギー消費量は平均36kWh/m²を達成。エネルギーを消費する代わりに、エネルギーを作り出している状態となる。ソーラーシティ

ソーラーシティでは、住宅の断熱性能を現状の省エネ法令Energy 2002基準からパッシブ

この住宅の設計においてディッシュ氏は、住宅が一体どれだけのエネルギーを作り出すことが出来るのかを試みたときされている。現在もディッシュ夫妻自らがこの住宅に住んでおり、実測で消費エネルギーの約4倍のエネルギーを生み出している。

円柱の周りに配置された居住

ソーラーシティは設計者であるロルフ・ディッシュ氏自らが施主となり、デベロッパー会社を設立、建設した大変特異なプ

ロルフ・ディッシュ氏は設計者であるロルフ・ディッシュ氏自らが施主となり、デベロッパー会社を設立、建設した大変特異なプ

ソーラーシティでは、住宅の断熱性能を現状の省エネ法令Energy 2002基準からパッシブ

ブハウス基準に引き上げるために1棟当たりおよそ18000ユーロのコストアップが生じている。更に18000ユーロのコストアップで太陽光発電パネルを屋根に搭載する。

現在ドイツで義務化されている最低限の断熱性能をパッシブハウス基準の性能に向上させることで、年間光熱費を3000ユーロから150ユーロに減少できる。さらに太陽光発電パネルの売電によって、年間発電量を5000kWhとすると毎月の光熱費はマイナスに転じ、入居者は毎月1万5000円程の副収入が得られることになった。

今回は空いている住宅が無かったために、住宅の内覧は叶わなかったが、オフィス棟の共有スペースである会議室を見学することができた。

オフィス棟はRC造に木製のカーテンウォールが取り付けられているが、開口部分の木枠にはLow-Eのトリプルガラス、腰壁部分にはトリプルガラスと同じ厚みの真空断熱材がはめ込まれていた。サッシ用の木枠に真空断熱材のパネルを挟み込むことで、ヒートブリッジを回避しつつ壁厚30〜40センチ相



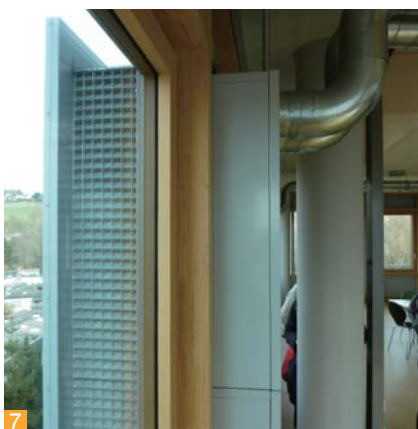
5

オフィス棟の外壁パネル。防犯と夏のナイトバージを兼ねた窓



6

オフィス棟内部の腰壁部分にはトリプルガラスと同じ厚みの真空断熱材がはめ込まれていた



7

外壁に直接取り付けられ、本体と外壁の間にダクトが存在しない換気システム



8

センサー制御で採光と日射遮蔽を自動制御する外付けブラインド

当の断熱性能を省スペースで確保している「写真⑥」。オフィス・ユニットごとに一台の熱交換気装置が装備され、本体は外壁に直接取り付けられることによって、実質EA（排気）とOA（吸気）のダクトが存在しない。これによって本体の熱交換効率が最大限に発揮されるのである「写真⑦」。

外側にカラフルなパネルが取り付けられた外壁部分は、防犯性能を保持しながら内側のパネルを解放し、夏の夜に躯体を冷やす（ナイトバージ）ために設けられた「写真⑨」。最後にオフィスを去るスタッフがこの窓開けを行うのが原則で、これを怠ると冷房需要が発生することの。興味深いのは、内壁には石膏ボードの代わりに、BASF社のパラフィン入りの石膏ボードを使用し、内壁にも蓄熱作用を持たせているところである。

オフィスの東西のファサードに取り付けられた外付けブラインドは、センサー制御で自動昇降するが、天井から1メートルほどの高さまでは、採光のためにブラインドの角度が異なり、日射遮蔽の際にも室内を十分な

明るさに保つことが出来るように工夫されている「写真⑧」。

視察から持ち帰ったソーラーシェイのリーフレットの裏面に、イギリスの建築家、ノーマン・フォスターの言葉が引用されていた。「Solar architecture is not about fashion, it is about survival. ソーラー建築はファッションとしてではなく、生き残りのためにある、とでも訳すべきだろうか。」



今回のツアー参加メンバー、フランクフルト空港にて

※今回で2010年3月13日〜19日まで催行された「第2回パッシブハウス視察ツアー」の報告記は終了しました。次回は5月末からドイツで開催されたパッシブハウス国際会議に出席された森みわさんから、会議の様子を報告させていただきます。皆様ますますお楽しみに！また、次回のドイツ・オーストリア視察ツアーは11月11日から18日を予定しております。