

ドイツ住宅の省エネルギー性能と住宅設備

お茶の水女子大学 ◆ 田中 辰明

1. ドイツの省エネルギー法

エネルギー危機の下、ドイツでは1976年7月に省エネルギー法(EnEG: Energiesparungsgesetz)が議会で可決され、これは今日でも有効である。この法律は以下の条令からなる。

- ・断熱条令
(Wärmeschutzverordnung: WSV0)
- ・暖房装置条令
(Heizanlagenverordnung)
- ・暖房費用計算条令
(Verordnung über Heizkostenverabrechnung)
- ・小型燃焼装置に関する条令
(Verordnung über Kleinf Feuerungsanlagen)
- ・燃焼装置に関する条令
(Verordnung über Feuerungsanlagen)

このうち断熱条令は既にあったドイツ工業規格 DIN 4108の「断熱

(1952年7月に出版)」を基礎としていた。すなわち外壁の総面積(A)と、建物容積(V)の比に対し、平均の外皮熱貫流率を定めるといった方法が中心であった。省エネルギー法は1982年に改正され、A/V比に対する平均熱貫流率が強化され、建物の断熱厚さが厚くなるようになった。1994年に更に改正強化され、年間の暖房負荷を制限するようになった。最近では地球環境問題に対する配慮、地球温暖化防止を目的に二酸化炭素排出を制限する必要から2001年11月16日に省エネルギーの断熱と省エネルギーの建築設備条令(Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energiesparverordnung - EnEV)が議会で可決され2002年2月に発効した。ここで1994年の断熱所例(WSV0)では建物外皮の熱貫流率が0.40～

0.50W/(m²・K)であったものが2002年2月の省エネルギー条令(EnEV)では0.35～0.45W/(m²・K)に改正強化されている。屋根だけをとれば1994年の断熱条令(WSV0)では熱貫流率が0.30W/(m²・K)以下であったものが2002年2月の省エネルギー条令(EnEV)では傾斜屋根で0.30W/(m²・K)に、陸屋根で0.25W/(m²・K)に改正強化された。このような条令によりドイツ建築の省エネルギー改修は盛んである。このような省エネルギーの為の断熱条令の改正強化に伴い1982年頃には実験開発としてソーラーハウスの建設が盛んであった。また1987年頃は低エネルギーハウスの建設プロジェクトが盛んになった。1992年には超低エネルギーハウスの建設プロジェクトが始まった。そして1998年には暖房エネルギー0ハウスの建設が始まった。勿論これらは研究規模、デモ住宅の建設である。実際には0エネルギーハウスは経済的ではなくむしろ暖房用に3L程度の灯油を使用する住宅の方が経済的であるとして、各地に3L住宅というプロジェクトも行われている。これらの変遷を図-1に「ドイツの住宅の省エネルギー化」として示す。

2. エネルギーパス

2006年1月からEUで地球温暖化防止と消費エネルギー削減を目的に住宅、非住宅を対象に「エネルギー

図-1 | ドイツの住宅の省エネルギー化の変遷

(出典: Fraunhofer 研究所)

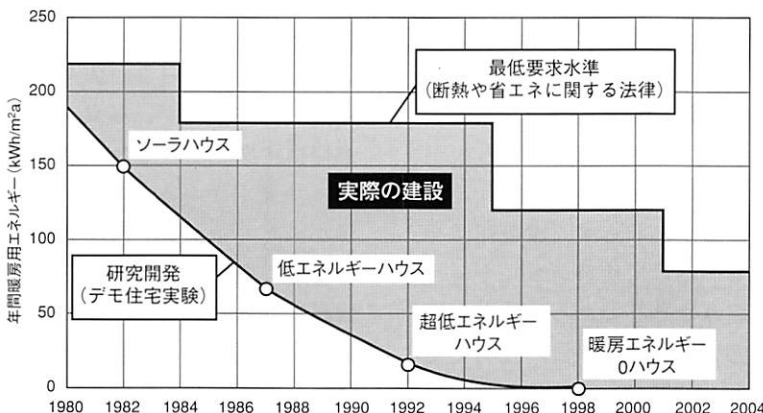




写真-1

写真-1～3 | Stuttgart 郊外 Fellbach の住宅展示



写真-2



写真-3



写真-4



写真-5

写真-4、5 | 住宅展示では壁体内の配管を見せている。

写真-6 | 住宅の扉はノブを閉めると10ヶ所鍵がかかる。

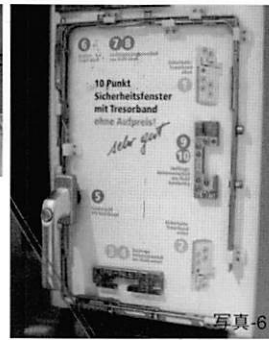


写真-6

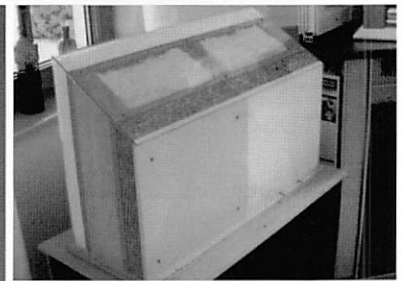


写真-7 | 住宅には必ず外壁の断熱模型が置かれている。

パス」というものが始まる。エネルギーパスには床面積1m²当たりのエネルギー消費量(kWh/m²@)が記載される。このエネルギー消費量は暖房エネルギー、給湯エネルギー、冷房エネルギー、照明エネルギーの合計であるが、住宅はドイツの場合冷房が行われないので、除外される。そしてこの消費エネルギーが他の建物や住宅と比べて多いのか、少ないのかといったことが記載される。またエネルギーパスには省エネルギー改修の提案が記載される。「窓ガラスを2重にし、潜熱まで熱回収をするボイラを使用しろ」といった内容である。エネルギーパスを各住人が所有することで、住宅の転売も良いエネルギーパスを所有していれば有利に展開されると期待されている。

3. 実際の住宅

1章ではやや実験規模での住宅を述べたが実際の住宅はどうであろうか？ドイツには多くの住宅展示場がある。これらは有料で入ることが出来、遊園地規模で多くの住宅展示が行われている。ここではStuttgartの郊外Fellbachの住宅展示場を紹介する。住宅展示場に入場するのに入場料を支払う。これは日本と異なるところであるが、広い展示場内はよく整備され、子供の遊び場もある。プレハブ住宅メーカーが競って展示を行っているが、写真-1～3に示すように太陽熱の利用を意識したものが多い。わが国に比べればかなり北にある国にもかかわらず、環境問題を重視する国だけに代替エネルギーへの取り組みは熱心である。住宅内に入ると必要があれば係員に説明を受けることも可能である。また有償で

はあるが、詳細の図面集を買い求めることも可能である。日本の住宅展示と異なり写真-4～5に示すように壁体内に隠れてしまう給排水配管を見せるようにしてある事に感心した。これはドイツでは日曜大工が盛んで、配管の不具合などは住人が自分で修理してしまうそうである。その場合に壁体内の配管がどのようになっているのか購入者に不明のまま販売することは出来ないとの事であった。またドイツの住宅はピッキング対策にも力を入れている。様々な工夫が凝らされているが、写真-6に示す窓枠はノブを閉めると窓枠に対して10ヶ所鍵がかかるもので、プロの泥棒が来てもなかなか開けられない扉である。壁体内の配管を見せるのと同様に外壁の断熱仕様がどのようになっているのか、必ず模型が設置されていた。外壁の断熱は様々な方法

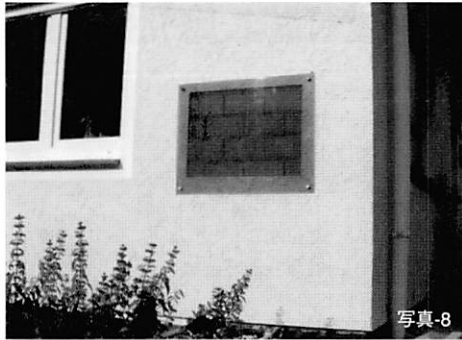


写真-8 | 外壁も仕上げ材の内側の様子を見せている。



写真-9 | 半地下室も有効に使用されている

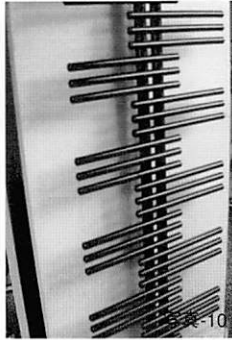


写真-10 | 住宅に使用される温水放熱器も意匠性に富んでいる。

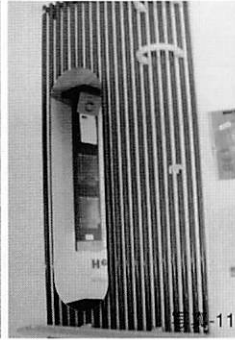


写真-11 | この放熱器はタオルを掛けると乾燥させてくれる。

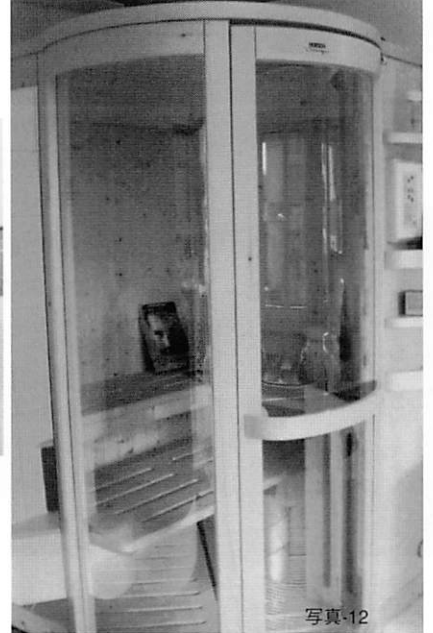


写真-12

があり、最近では断熱厚さが厚くなり、外壁全体が断熱材であるといっても過言で無いような外壁も見受けられる。写真-7に示す例は殆どがガラス繊維による断熱であるが、外気側には木毛繊維断熱板が設置されている。これは熱伝導率は小さいが、比熱、比重は大きく木造住宅の構造材としても使用可能なものである。夏季に日射が当たっても室内側に影響するには時間的遅れが大きく、かつ日射、外気温度変動の振幅減衰が大きいという特徴を持つ。また木材を裁断し、熱処理をし圧縮して加工するもので、一切接着剤などを使用していない。従って揮発性有機化合物を出さないなどの特徴がある。建物体後は自然に戻るので、環境にやさしい断熱材としてドイツでは注目を浴びている。壁体内の配管を見せるようにしてあると述べたが、外壁仕上げ材の下の外壁仕様も見せてある住宅もある(写真-8)。ドイツは寒地であるため、凍上防止に殆どすべての住宅が地下室、もしくは半地下室を設置している。中には湿地に建設される住宅もあるので、その防湿対策の説明がなされている。地下室部分に外断熱を施し、防水層、防湿層を設け、さらに排水を促すための玉石を置き、配水管まで設置したものがあ。また地下室を地下室

らしくなく使用できるように自然採光に配慮している(写真-9)。多くの住宅は温水暖房が施されている。かつては放熱器への入り口温度が90℃、出口が70℃で室温を20℃に保つのが標準であったが、住宅の断熱が強化された現在ではそれよりも温水温度を下げて行く暖房、即ち低温式暖房が行われている。低温式の方が放熱器を小さくせずに、放射成分を大きくした快適性に富む暖房が行えるからである。またボイラの温度も低くなるので、ボイラ停止時にもボイラ自体や配管からの熱損失が少なくなる、従って省エネルギーになるというのが低温式暖房の特徴である。かつてカッヘルオーフェンと呼ばれる陶器の装飾品をかねた放熱器が使用されたが、最近でも放熱器は重要な室内装飾品である。写真-10~11に見るように装飾性の高い放熱器が使用されている。写真-11の放熱器はタオル掛けもあり、タオルの乾燥にも使用される。冬季に入浴後暖かいタオルで濡れた体を拭くことは気持ちの良いものである。ドイツでは必ずしも毎日バスタブで入浴する習慣は無い。むしろシャワーで済ますことが多い。従って工夫を凝らしたシャワーキャビンが多く展示されている。また家庭用サウナも展示されている(写真-12)。

4. わが国におけるドイツ住宅

筆者もドイツで生活し、その後もよくドイツに出張し、ドイツ住宅のレベルの高さは良く理解している。しかし、カナダ、米国、スエーデンの住宅がわが国で販売されているのにドイツ住宅は販売されていなかった。それが最近特に2005年、2006年が日独友好年ということもあり、東急ホームがドイツのフラウンホーファー研究所と共同で開発したドイツ住宅を製作し千葉県大網の郊外「季美の森」で平成18年2月に披露を行った(写真-13)。ここでも前述の木毛繊維板断熱材が使用されるなどドイツ住宅の特徴が示されていた。住宅外皮は水蒸気を通すように配慮され、健康とエコロジーに配慮したことを強調している。従来の住宅に比べレベルの高い断熱が施されたので、むしろベランダなどが熱橋となり、全体の伝導による熱損失の内、熱橋からの損失が大きくなる恐れもあった。そこで、この住宅はドイツでよく行われているように、ベランダは建物躯体と縁を切るような形で取り付けられていた。

5. 従来からあったわが国のドイツ式住宅

筆者は1971~73年の末までベルリンで生活をした。当時ドイツの住宅



写真-13



写真-14

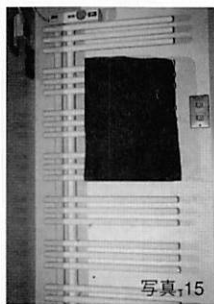


写真-15

写真-13 | 竣工したドイツ住宅（東急ホーム）
写真-14 | 田中ソーラーハウス（全面的に外断熱施工）
写真-15 | 田中ソーラーハウスにおける放熱器

の素晴らしさに憧れ、自宅を1981年に建設した際にできるだけドイツの方法を取り入れて設計を行った。太陽熱で暖房と給湯を行った。半地下室を設置し夏やや涼しい、自然室温、冬やや暖かい自然室温を得た。また全面的にドイツで行っている外断熱工法を取り入れたことが特徴である。外断熱工法は①断熱材が建物躯体の外側にあるので、建物が服を着たようになり外気温度や日射の変動から保護される。したがって建物躯体にひび割れが入りにくい。従って建物の寿命の長期化に役立つ。②コンクリートの熱容量が室内側に入るので、暖房が切れても急激に室温が変化しない。すなわち快適性に富む。③壁体の内部に結露を起すことがない。④既存の建物に断熱改修を行いやすいなどの長所がある。筆者は自ら設計した外断熱の住宅（写真-14）に25年にわたり住みその長所を十分に理解している。そもそも筆者が外断熱と出会ったのは1971～1973年の間ベルリン工科大学ヘルマン・リーチェル研究所に客員研究員として勤務した際である。1973年に石油危機が生じ、省エネルギーがやっと叫ばれるようになったのであるが、それ以前は日本の建築では断熱は行われていなかった。建築の教科書にもかかれていなかったし、大学の授業で

も教えられていなかった。筆者がベルリン工科大学で初めて外断熱のことを習ったのであるが、確かに町中で工事現場を見ると、断熱は外側に行われていた。改めて建築のディテール集などを見ると外断熱が殆どであった。1973年の石油危機の直後に筆者は帰国し、国が進めた石油に依存しなくても国が自立してやっていけるようにという「サンシャイン計画」に参加し、太陽エネルギーによって暖冷房給湯ができる独立住宅の開発に従事することになった。この住宅は1975年に大阪の枚方市に建設された。太陽エネルギーによる暖冷房給湯ということになると、太陽エネルギーは単位面積当たりでは希薄なエネルギーであるので、住宅自体を省エネルギー的に作る必要があった。そこで、ベルリンで学んだ外断熱工法を取り入れるべく努力を行った。しかしこれは国家プロジェクトであるので、各方面の学識経験者のご意見を伺うというプロセスがあった。しかし当時の施工の専門家は外断熱に経験が無く、さんざんのご意見を賜った。ドイツではよくても日本は気候が違う、発泡スチレンを外側に張ったのでは2～3年でひび割れが入る、冬は良いかも知れないが、夏は考えが逆になるので、夏に結露が起きるなど。このような反対

田中 辰明 ◆ Tanaka Tatsuaki

お茶の水女子大学
名誉教授
工学博士

〒112-8610
東京都文京区大塚2-1-1
TEL: 03-5978-5738
FAX: 03-5978-5737

日独室内環境研究室長
〒151-0063
東京都渋谷区富ヶ谷1-1-1 京王代々木ビル

P R O F I L E

意見は多数あったが、どうにか当時の通産省の賛意を得て外断熱施工をすることが出来た。しかしこれはあくまで太陽熱利用の研究開発であったので、太陽熱利用に関する実験研究が終了した3年後には取り壊されてしまった。従って外断熱工法の耐久性については検証されないまま終了したことになる。そこで、筆者が自宅を作るときに、これなら耐久性試験も行えるであろうと考え、ここで外断熱工法を実施した次第である。このように高度の断熱を行うと電力による放熱器でやわらかい暖房を行うことが可能になる（写真-15）。この放熱器の快適性はドイツの住宅展示場の項で説明したとおりである。当初はこの住宅は太陽熱で暖房給湯を行っていた。曇天や雨天の日が数日続くと入浴は諦めるという生活を行っていたが、加齢とともにそういう訳にも行かなくなり、（そもそもそういうときに限り泊り客がある）電気暖房を取り入れた次第であるが、やわらかい、部屋の室温分布も良く、快適な生活を送ることができている。当然外断熱も建物の汚れが少ない、心配されたひび割れも入らない、など良いことばかりで建築後25年を迎えることができた。