

—建築の伝統が試される 原題：“Bautraditionen auf dem Prüfstand”

(Fraunhofer IRB Verlag 刊)

著者 Dr. Helmut Künzel

翻訳 田中辰明（お茶の水女子大学名誉教授・工学博士）

2.3 断熱 - 設計と必要条件

従来は、構造力学的な理由から石積みの壁に要求される壁の厚さは決められていた。これは前号の図9に示す通りであった。

構造上の理由から石積みの壁に要求される壁厚は、断熱対策の決定にも関係した。均一な形状のレンガで作られた石積みは、例えば石切り場から産出された石の石積みとは異なり、それなりに再現性のある特性を持ち、レンガは何世紀にもわたって使用されてきた主要な建築材料でもあった。石積みの断熱性の標準値として、一般的にレンガ1枚半の厚さを積み、強固なレンガ壁が構築された。

しかし、木造枠組壁では状況はやや異なり、構造力学的強度は木造枠組壁で与えられた。

木造の場合、構造力学的強度は木材の骨組みによって与えられるため、これだけでは構造力学的強度の維持が優先され、十分な断熱性能は得られない。

断熱性能の状況は木造枠組壁とは異なっていた。構造力学的強度は木材の骨組みによって与えられるため、耐力と断熱性能の明らかな比較や直接的な関係がなかった。あるいは、石造構造物の場合は構造力学的強度と断熱性能と直接的な関係があった。ヨーロッパの大部分では、木材の骨組みにレンガで積み上げるか、粘土で固めるのが伝統的な構法であった。後者は、特に住宅建築では次第に使われなくなりつつあるが、前者は今日でも非常に人気がある構法である。レンガ積みの厚さはレンガ1枚半以上にはならないので、梁や柱は通常それを超えて内側に突出する。そうでない場合は、レンガ積みの背後に空気層を確保するために、木組みに石膏ボードを釘打ちするのがよい。第一に、レンガ積みの種類と断熱効果については何も指定も要求もされていなかった。そして第二に、断熱空気層は非常に重要であるため、必要であれば追加ラスによって確保すべきであるということである。図12は、[7]に従ったトラス構造の概略図を示す。

結局のところ、当時は断熱材の必要性と価値はほと

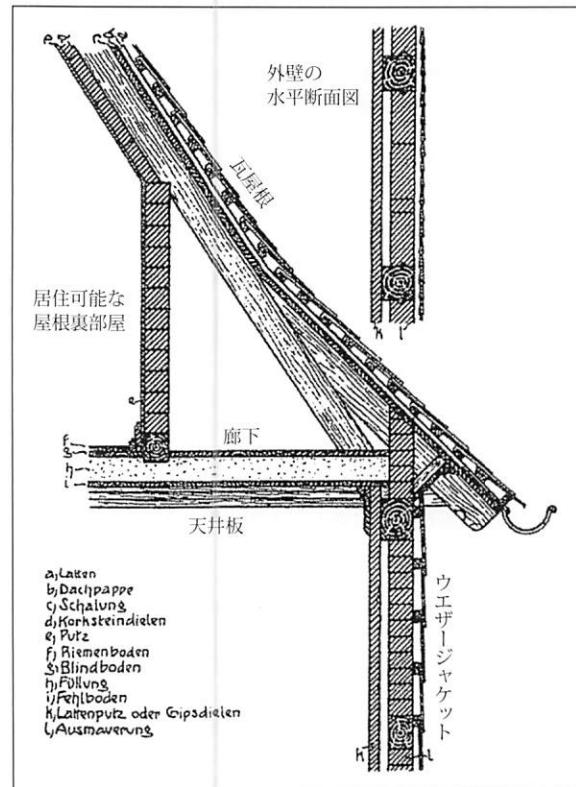


図12 文献[7]によるハーフ・ティンバーの壁と屋根の構造の断面図。レンガ半分の厚さで積み上げられ、外側はウエザージャケットと呼ぶ風雨を防ぐ板が貼られている。室内側には空気層を設け、プラスターボードで仕上げられている。

んど無視されていた。この点についても、以前は批判されていた。1926年、シャッハナーはその著書の「建築物の熱的保護」の項で次のように述べている^[17]。「建築基準法、建築規則などには、断熱に関する規定はなかった。関連性があると考えられる限り、それらは建物の熱保護の理由からではなく、強度と火災安全の観点から作られたものである」。温熱経済性の観点から、特別な場合を除き、ほとんどの建物で二重ガラス窓が使用してきた。以前はレンガ1個半(38cm)の厚さが必要だったが、当局はレンガ1個(25cm)の厚さしか要求していなかった。

表1 DIN 4110(1934)に基づく、様々な断熱気候区域の最低断熱性能。少なくともレンガ1枚の厚さ積みに加え、最大25%の安全マージンが必要。

建物の種類	断熱を実現する比較工法
強固な石積、コンクリート製のプレハブ壁、薄い中空石積み金属製、並びに木造壁構造、特殊な工法によるもの	相対湿度が通常で、両面に漆喰仕上げしたレンガ1枚半の厚さの外壁もしくは、少なくとも1枚のレンガを使用し、25%の補強をした堅固な外壁

これは小規模住宅の建設を促進しようとしたことによるもので、断熱により熱消費を抑え省エネルギーを計ることなどは考慮されていなかった事を示している。他の建築物においても、熱経済性への配慮は軽視されていた。しかし、燃料不足とインフレの時代には、熱消費における最大の経済性が求められようになった。外壁の断熱要求事項が一般化され、1934年にDIN 4110「新しい建築工法の認可のための技術基準」(Technische Bestimmungen für die Zulassung neuer Bauweisen)によって断熱が規定された。承認手続きに必要な試験証明書はここにまとめられており、表1に列挙された規定は、検証される断熱材について20箇所(!)適用されている。

「通常の湿気」が何を意味するかは、詳しくは定義されていない。規格で定義されているレンガ壁への言及により、「レンガの壁の厚さにより、建物が均等に断熱されている」という明確な概念が生まれた。これにより、新しいタイプの壁の断熱効果についてのアイデアが得られるはずである。当時熱伝導抵抗に関する具体的なアイデアはまだなかった。レンガの壁厚ではなく、最小熱抵抗 $1/\Delta = 0.55 \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{K} / \text{kcal}$ の要件が引き上げられたのは、1938年版のDIN 4110になってからである。DIN 4110の1938年標準版では、新しい建築材料や構造の種類を使用するときに発生する問題点をカバーすることを目的とした。そして安全性を確保したのであった。基準は特に壁の厚さ(厚いほど良い)とレンガ内の空洞の存在(空洞はより重要である)であった。断熱の補足は5%単位で設定され、5%(厚さ25cmの堅固な石の壁)から35%(20cmより薄い中空の石の壁)の間で変動した。

1952年、構造工学における建築部材の断熱と蓄熱に関する記述が、20世紀前半の要求事項を遡及的に用いて纏められた。一般的に適用可能な最初の規格DIN 4108が発行された。この規格には、建築部材の断熱に関する最小断熱値に加えて、標準化された建築材料の熱伝導率も記載されていた。DIN 4108の共同創設者の一

図13 ヨーゼフ・セベスチアン・カンメラー
(Josef) Sebastian Cammerer
(1892~1983)
建築物理学の先駆者の一人。第一次世界大戦の騎兵隊大尉から建築物理学者へ、そして最終的には司祭へと、かなり複雑な歴史をたどったことは、彼自身が語っている。自伝は文献[23]に記されている。



人であるJ. S. Cammerer(図13)は、1951年の出版物の中で次のように書いている。「住宅建築物の壁の最低断熱値に関するすべての規制は、冬の平均気温が高いドイツ地域では、レンガ1枚半厚の漆喰塗りの無垢レンガ壁があらゆる状況下で健康的な居住条件を保証するという経験に基づいて作成されたものである」と。^[21]

1929年に初版が発行され、異なる気候帯による気候条件を考慮したDIN 4701「建築物の熱負荷計算規則」と同様に、重量が 300 kg/m^2 を超える場合、旧単位に従つて(新単位での値は括弧内)以下の値が定義された：

断熱気候地域 I : $R = 0.45 \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{K} / \text{kcal}$ ($= 0.39 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$)
 断熱気候地域 II : $R = 0.55 \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{K} / \text{kcal}$ ($= 0.47 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$)
 断熱気候地域 III : $R = 0.65 \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{K} / \text{kcal}$ ($= 0.56 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$)

その後、W. Cammererは、いわゆる結露基準に対して、過去の経験とある程度の判断によって決定されていたこれらの値に科学的な根拠を与えた。彼は、3つの断熱気候区域に -10°C 、 -15°C 、 -20°C の平均最低外気温度を割り当て、 20°C に暖められた部屋に対して評価を当たした。最低断熱値では、表2に見られるように、壁面の相対湿度(RH)約65%で一様に結露が発生することを発見した。しかし、このように一つの「基準」に対して異なる数値が偶然に交錯することは、時折示されるように、最小断熱値の決定が決して科学的に正当化されたものではないという事実をあいまいにしてしまう恐れがあった。旧来の暖炉による暖房システムでは、住宅の蓄熱性能が大きな役割を果たしていた。このため、今日のように自動制御できない暖房システムで熱負荷が変動したときの室温の変動を最小限に抑えることができた。

熱容量の小さい軽量建物では室内温度の立ち上がりが早い暖房が望まれたが、暖房を停止すると室温が急速に低下するという現象があった。急速に冷却されてしまうので、このような建物の室内気候は「ブラック気候」¹⁾と呼ばれるようになった。熱容量の大きい堅牢な建物では、

表2 断熱面積の配分。文献[22]による3種の断熱気候区域に対する、露点温度に対する最小透湿抵抗、外気温度、内壁表面温度

要求温度、もしくは指定温度、または計算温度	断熱気候区域		
	I	II	III
要求される最低熱抵抗値、DIN4108(1960)による。単位はm ² /h/K/kcal (m ² /K/W)	0.45 (0.39)	0.55 (0.47)	0.65 (0.56)
冬季における平均最低外気温度	-10	-15	-20
最低外気温度における外壁の内面表面温度	13.4	13.3	13.2
20°C、相対湿度65%における露点温度		13.2	

前日の熱が朝になっても気持ちよく蓄えられていることが高く評価された。そのため、断熱性よりも蓄熱性の方が重要だと勘違いする人もいた。軽量建築物の蓄熱能力の低さは、後に基準の追加において考慮されていた。

軽量外装部材の断熱性を高めることで、すなわち軽量建築物の外部への熱損失を低減することで、軽量建築物の蓄熱能力の低さを考補う事が出来た。

この問題に関連する学位論文^[24]に基づくと、外壁の単位面積当たりの重量が300kg/m²未満の建築部材には、重量が小さくなるにつれて、ますます高い断熱値が要求され、これは、図14に示すように、個々の断熱気候区域において変化した。v. Cubeによる根拠のある提案に基づくよりもかなり高い基準許容値から、当時は堅固な構造を好む傾向があったことが見て取れた。これはDIN 4110における軽量または薄型の部材に対する高い安全許容値にも反映されている(表1)。

軽量建築物で、外壁の単位面積当たりの重量が200kg/m²以下の場合、3つの断熱気候区域すべてにおいて、二重ガラス窓、複合ガラス窓、蓄熱式暖房システム(カッヘルオーフェン)²⁾、または連続運転暖房システムを設備することが必要であった。

過去の経験から壁の空気層、すなわち空洞壁に関しては、DIN 4108で規定されている。「壁の空気層」については注釈がついている。ただし、雨の多い地域(沿岸部)では、湿気の侵入を防ぐために空気層を設ける必要がある場合がある。中に空気層があるレンガ(44.5+7+44.5)からなる石積みの空洞壁の建設は、断熱気候区域全体において可能である。この注釈は、1981年版の規格にはもはや記載されていない。二重外壁は、20世紀初頭の一連の空洞壁の中で、露出した煉瓦が雨を防ぐという理由から、今日でも使用されている唯一の構造であ

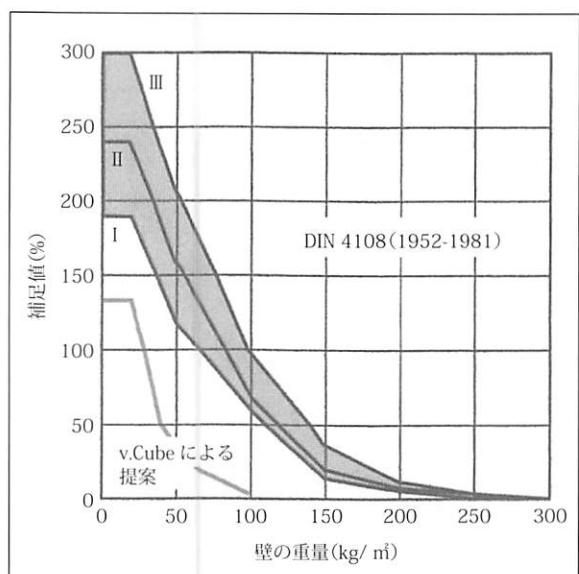


図14 v. Cube^[24] [文献 24]および DIN 4108(1952)による外壁の単位面積重量 300 kg/m²以下の外壁の熱抵抗の最小値への追加。

る。

DIN 4110で使用されている「通常含水率」という用語を定義するために、J. S. Cammererは「実用含水率」という用語を提案した。彼の提案によると、建物の水分が乾燥した後に最終的に発生する恒久的な壁の含水率で、断熱材を決定する際の基準となるものを実用的な含水率と呼んでいる。この含水率は、人が永住するために使用される十分に乾燥した建物を試験した際に、90%のケースで合格した含水率であると理解されている。しかし、フランホーファー建築物理研究所がこの期間に実施した多くの測定から、測定された含水率は純粋に材料に関連したものではなく(つまり、建材の種類だけに依存するものではなく)、壁の方位や部屋の用途によっても決まることが判明した。例えば厨房では、壁の水分の増加は内側に多く見られ、これは結露の蓄積によるものであり、西側と北側の外壁は降雨があつても日照の少なさによって他の方位よりも高い含水率を示していた^[25]。

1951年にホルツキルヒエンに建設された26棟の試験住宅のうち、1棟はプレハブ住宅であった。

ハノーバー近郊のドルフマルク村にあるライマン(Reimann)社は独自のプレハブ住宅を作っていた。^[26]壁の構造は、おそらくそれ以前の建築慣行と経験に応じて作られた。

125cm×250cmの大きさで厚さ12cm厚さの壁は、両面

にエキスパンドメタルで補強された厚さ3cmのプラスチック層を持つ木造フレーム構造である。残りの6cmの隙間は、針金で補強された2層の瀝青塗布の厚紙で仕切られ、3つの断熱空気層が形成された。このプレハブ住宅は、1年後に発行されたDIN 4108の初版の要件(重量が軽い割に断熱材が少なすぎる)を満たしていなかったが、ハノーバー地区ではその価値が証明され、ホルツキルヒエンでの調査が終了した後は、シュトゥットガルトの研究所の同僚たちの人気の宿泊施設となつた。

20世紀初頭に住宅建設に使用されていた断熱材は、空気層を除くと、1908年に特許を取得した「ヘラクリス(Heraklith)³⁾軽量ボード」だけであった。1920年から製造されたが、流れ作業で製造されるようになったのは1928年である^[27]。いわばこれは、今日この名で知られるシステムの半世紀前の、最初の湿式外断熱システムであった。このため、後の特許出願(1959年、第3.4章参照)には特許権が認められなかつた。

2.4 暖房と室内気候

人類は最初、直火で暖を採っていた。時代と共に直火から無煙暖炉へ移行が行われた。この移行は何世紀にもわたって行われたが、冬の間の人々の幸福にとって非常に重要な問題であった。ゲーテは「冬の忌まわしさを正しく知ることができれば、夏の終わりに首を吊ることになるだろう」と冗談を言ったことで知られている。それゆえ、ゲーテが室内の空気温度分布をよくするために特別な暖炉を開発し、させたことは理解できる^[35]。18世紀末、ルムフォード伯爵(Graf Rumford)は、バイエルン軍を改革し、ミュンヘンに英國庭園を造成しただけでなく、効率の良い暖房設備、ルムフォルド暖炉を開発した事で知られている。^[29]

ウーゼマン(Usemann)によれば、「室内気候」⁴⁾という言葉はおそらく1930年頃にフランクフルトの医師であったキュスター教授(Arzt Prof. E. Küster)によって初めて作られたものである。^[30]

医師のE.キュスター教授によれば、それ以前は、人々は暖かい応接間があれば満足だった。これは暖房可能で煙のない部屋を意味し、「部屋に暖炉が無ければ応接間は部屋として機能しなかつた。」と述べている。^[28]

20世紀前半、つまり2つの世界大戦とその間の時期には、家庭は主に個別の暖炉で暖房されていた。このような暖房不足の時代には、冬に暖房されるのは1つの住居につき1つの暖炉だけであることが多かつた。寒さが

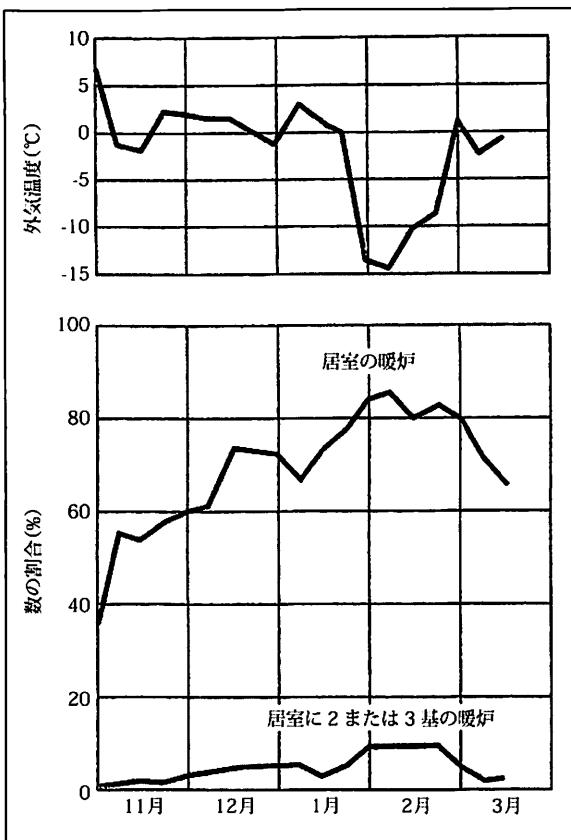


図15 暖房期間中、暖房された暖炉が1基のみの集合住宅が多かつた。39の集合住宅が調査対象となり、そのうち18の集合住宅に2つの暖炉が、6つの集合住宅に3つの暖炉が存在した。

厳しいときには、せいぜい2台目、あるいは3台目の暖炉が使われる程度であった。このことは、1957/58年の極寒の冬に、シュヴァーベン⁵⁾地方アルプ高原の労働者用住宅地で行われた調査の結果からもわかる。当時は、住居の全室を暖房することは一般的ではなく、当然とさえ考えられていなかつた。全館暖房が当時行われなかつたのは、暖房用燃料と暖房にかかる労力を節約するためであった。(図15)

この文脈で、アルフレッド・フィリップソン(Alfred Philipson)(1864-1953)がテレジエンシュタット(Theresienstadt)強制収容所で書いた伝記のエピソードを紹介しよう。その中で、彼は1886年の晩秋に友人たちとバイエリッシュ・ツェル(Bayerisch Zell)からアルプス山脈をハイキングしたときのことを報告しており、そのときの自然体験に加えて、次のようなことを述べている。^[32]「翌日、天候は一転して凍えるように寒くなり、私は自分の部屋で凍えてしまった。私の大家は、万聖節

(11月4日)までは暖房を行わないという理由で、私の暖房運転を依頼する要求を断固として拒否した!しかし11月4日を過ぎると、暖房が行われたので、暖房がないことに文句を言う必要はなくなった。これは当時の暖房エネルギーの節約策でもあった。

1937年に建てられた私の両親の一戸建て(大人2人、子供3人)は、当時の技術水準と経済的配慮に従って建てられていた。すなわち標準的な住宅であった。6部屋、台所、浴室、廊下からなり石炭焚きのカッヘルオーフェンが、1階の隣接する2つの居間を暖め、天井の空気ダクトを通して1階の浴室と2つの寝室を暖めていた。上階のもうひとつの寝室は暖房できなかった。そのため、当然ながら必要な暖房は制限され、生活の快適さは損なわれていた。戦争中であった1941/42年の冬、一家には1.7トン⁶⁾の石炭が割り当てられた(省エネルギー命令)。

暖房費のさらなる問題点は、暖炉を操作するのに必要な労働力、つまり暖炉に薪や石炭をつぎ込むことだった。暖炉による暖房は断続的に作動するため(自動制御は出来なかつた)、夕方には、一杯の石炭をつぎ込むか、より暖かいニットのウエストコート(あるいは、当時は一般的だった、いわゆるハウスジャケット)を着るかを決めなければならなかつた。家庭でもオフィスでもシャツスリーブが着られるようになったのは、戦後になってアメリカ人が導入したことによる。現在では、そのような配慮は必要ない。サーモスタットバルブの調整には何の作業も伴わないので、快適性の向上にはお金がかかり、また、すぐにはわからないが作業も必要であつた。

定置式暖房の場合、基本的には室温と室内の平均内表面温度が重要である(図16)。

当時の間欠暖房には、考慮しなければならない他のさまざまな問題があった。例えば、朝の暖房の立ち上げと夕方の暖房運転停止である。

暖房立ち上げ段階では、室内空気温度は周囲の内壁表面温度よりも高く、暖房停止段階では、通常はその逆であった。中間段階の条件は、基本的に、暖房システムと暖房の運転方法、および外部部品の断熱性に依存していた。これらの影響は、室内の水平および垂直空気温度分布を測定することによって記録することができた。様々な暖房システムが室内気候条件に及ぼす影響を評価するために、当時この種の研究が数多く実施された。図16にその例をいくつか示す。様々な壁構造材の蓄熱能力

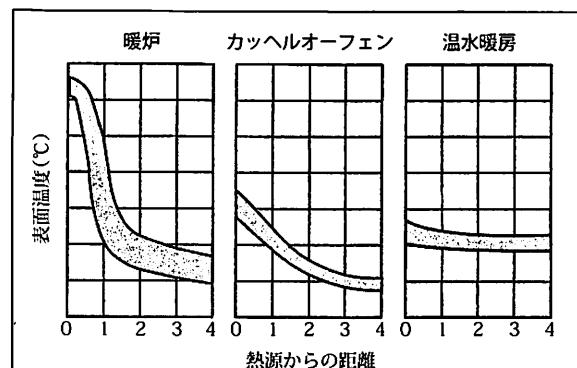


図16 暖房開始6~8時間後、暖房器具の種類別に、暖房器具からの距離の関数としての床表面温度の局所曲線。^[31]による。

も、冷暖房挙動に関して影響を与えた。このような研究は、例えばホルツキルヒエン試験場の同様の試験住宅で実施された^[26]。

足元が暖かい床は、温熱快適性を向上させるために不可欠なものである。特に床がまだ冷たい暖房開始の段階では重要であった。足の冷えは、身体の他の部分のように隣接する空気の接触抵抗がなく、床と直接接触するため、特に熱不快感の大きな原因となる。(不快な状況に陥ると「足が冷えた」と言うのはこのためである。

床からの放熱に関する最初の研究は、1910年にさかのぼる^[33]。その後、J. S. CammererとW. Schüleがこれらの問題を扱った([34]に要約)。足の熱の測定は、DIN 52614「床の放熱の測定」(1963年および1974年版)で標準化された。

肘掛け付安楽椅子が使用されるようになったのも、結局のところ、床が冷えていても、足を直接床に接触させず、温熱快適性を向上させたいという願望によるものである。昔は、何気なく足を上げるのはみっともないと言われたので、冷たい床に直接触れるのを避けるために、足を足台の上に置いたのである。また、前面からの放熱で背中が冷えるのを防ぐため、ひじ掛け付安楽椅子も背もたれと側面には厚いパッドが入っていた^[35]。暖炉からの過剰な熱放射を抑えるために、暖炉・スクリーンが使われることもあった(図17)。これは必要に応じて配置することができた。暖房システムの種類や操作によって熱環境が変化していた以前とは異なり、今日では中央式暖房によって室内気候は多かれ少なかれ一定に保たれている。室内の暖房熱負荷が少ない場合は、低温暖房システムでまかなうことができる。

熱供給の種類が部屋の空気温度分布に与える影響はわ



図17 暖炉からの直接の熱放射を抑えるための暖炉スクリーン。

ずかである。このような条件は、「室内気候の単調さ」という言葉で特徴づけられる。しかし、このことが人々の幸福にどの程度影響するかは不明である。しかし、屋外で過ごす際の気候条件の変化は、ポジティブなものとして捉えられる(「身体を鍛える効果」)ため、屋内の気候の変化も、程度は低いとはいえ、人々にとって何らかの有益性をもたらしている。

かつては、個々の暖炉はたいてい朝に着火された。そのため、すでに述べたように、室温が上昇する初期段階があった。続いて、ストーブの暖房に対応する高温期が交互に訪れ、最後に夕方に再び温温が下がる冷却期が訪れる。問題は、その結果生じる温度変化が、皮膚の体温受容器を介して人々の幸福感にどの程度影響するかである。熱的快適さの感覚には日周期のサイクルがあることが証明されている^[36]ので、これは室内空気温度の日周サイクルについても考慮される可能性がある。考えられる効果は、確かにサウナの交互水浴ほどではないが、屋外気候のストレスを交互に緩和する方向に向かう可能性があり、より「自然」と評価することができる。

室内空気温度と室内空気絶対湿度の経時変化は、室内空気相対湿度に変化もたらす。

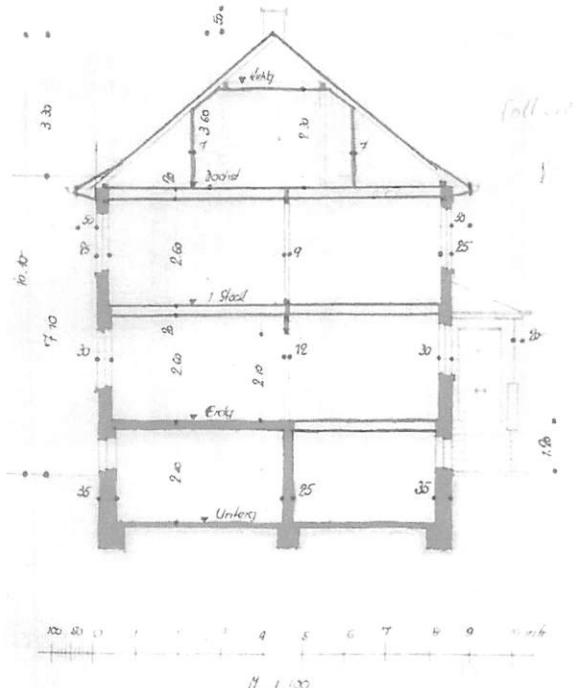


図18 1937年の平面図における、階によって外壁の厚さが異なる住宅棟の垂直断面図。車庫の上はコンクリートの床で計画され(図19参照)、それ以外の場所は木造梁の床となる。

夕方暖房を停止し、室内空気温度が下がると、相対湿度は上昇する。湿度の一部は、水蒸気吸収の結果、部屋の境界面や物体に吸収される。室内空気温度が上昇し相対湿度が低下する朝の暖房段階では、吸収された水分が空気中に戻る(脱離)。その結果、この方法で相互作用的に暖房された部屋の平均相対湿度は、相対湿度の変化が基本的に居住と換気によってのみ引き起こされる定置式暖房の部屋よりも高くなる。暖房または温度調節された部屋における気温と相対湿度の相関関係は、粘膜の乾燥を防ぐために寝室を定置式で暖房すべきではないことを示唆している。

1937年の戸建て住宅建築

当時の生活についての説明を終えるにあたり、私自身の実家における生活経験から、次のことを述べたい。

約2世代の間に起こった変化を紹介したい。以下の図面(図18、19)は、やっと見つけ出した当時の設計図から、戸建て住宅の断面と地下室の平面図を示したものである。

図18からわかるように、このような小さな家であっても、外壁の厚さは構造力学からの配慮により寸法が決め

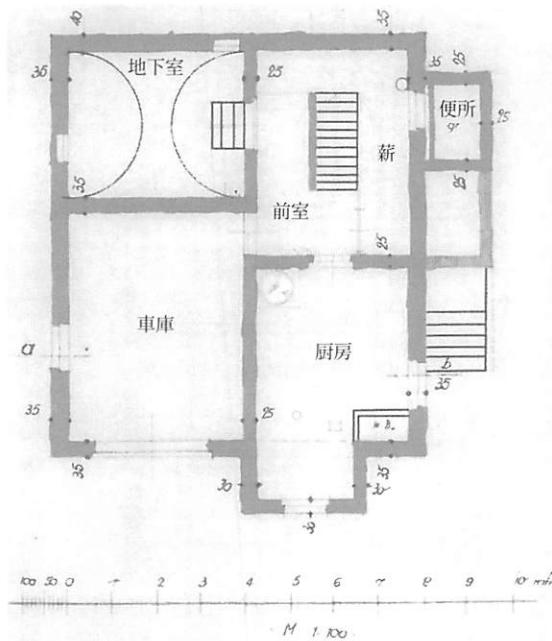


図 19 地下室の平面図。地下室は吹き抜けで、1957年の平面図では洗濯室の隅に雨水樹がある。

られており、地下室は35cm、1階は30cm、2階は25cmの煉瓦のベタ壁となっている。重量の関係から、現在ならその逆で、外側に軽量で断熱性の高いレンガ、内側に遮音性の高いレンガを使うだろう。寝室として使用された屋根裏部屋の壁は、瓦屋根で覆われておらず、厚さ7cmの石膏ボードのみで構成されている。

洗濯機の代わりに、1階の厨房よりも大きな洗濯ボイラー付きのランドリールームが必要だった。洗濯室には雨水を溜めるタンクがあり、洗濯用の軟水を確保するための特別な便宜が図られていた。

冷蔵庫(冷凍庫はともかく)は当時の集合住宅の標準的な設備ではなかった。そのため、北側の厨房の隣に冷蔵庫が設けられ、必要な貯蔵のために図19に示すような吹き抜けの地下室が付けられた。

ジャガイモやリンゴは1ポンド⁷⁾単位で買うのではなく、農家から馬と荷車で1トン単位で配達された。自家製のザワークラウト⁸⁾や瓶詰めの卵も、秋になると冬に備えて地下室に貯蔵された。吹き抜けの地下室は、他の床面より85センチ(=4段)低かった。丸天井の上部から1階床下までの空間には、掘削で出た粘土と建築廃材が詰められ、丸天井の上部で少なくとも25cm、湾曲に応じて側面に向かってさらに25cm、貯蔵量が増やされた(外気による気候の変動を抑えるため)。すべての土を

扱う工事は、掘削機を使わず、鋤とシャベルで行われ、クレーンも使用できなかった。このような状況にもかかわらず、入居前の外壁工事と仕上げ工事にはわずか6カ月しかかからなかった! (次号に続く)

〈参考文献〉

- [7] Mecenseffy, E. von : Baustoffe und Baugefüge. In : Prausnitz, W.: Atlas und Lehrbuch der Hygiene. München, 1909
- [17] Schachner, R. : Gesundheitstechnik im Hausbau. München : Oldenbourg - Verlag. 1926
- [21] Cammerer, J. S. : Das Problem der Schwitzwasserbildung im Bauwesen. Heraklith - Rundschau. Nr. 1. Januar 1951
- [22] Caemmerer, N.V.; Xeumann, R. : Värmeschutz im Hochbau. Kommentar DI - N 4103. Berlin. 1933
- [23] Künzel, H. : Erinnerungen an Dr. Ing. habil. Joseph Sebastian Cammerer anlässlich dessen 25. Todesjahres. Bauphysik 30 (2008), Nr. 5, S. 340-345
- [24] Cube, H. L. von : Die Auskühlung von Häusern. Dissertation T. H. Stuttgart, 1949
- [25] Schüle, W. : Feuchtigkeit in Bauteilen von Wohnhäusern. Berichte aus der Bauforschung(1966), Nr. 48
- [26] Reiher, H. et al. : Wärme- und Feuchtigkeitsschutz in Wohnbauten. Bericht über die Versuchszeit 1952 bis 1956. Berlin : W. Ernst & Sohn, 1958
- [27] Editorial : Die Heraklith - Leichtbauplatte. Heraklith - Rundschau, Nr. 1, Januar 1951
- [28] Museumsführer des Museumsdorfes Cloppenburg, 1981
- [29] Brown, G. L. : Graf Rumford. München : Deutscher Taschenbuch Verlag, 2002
- [30] Usemann, K. W. : Entwicklung von Heizungs- und Lüftungstechnik zur Wissenschaft. München : Oldenbourg Verlag, 1993
- [31] Schüle, W.; Fauth, U. : Heiztechnische und raumklimatische Untersuchungen in Wohnungen mit verschiedenen Heizeinrichtungen. HLH 12(1961), Nr. 9, S. 1-5

〈註〉

- 1) Barackenklima, 戦後建設された粗末な住宅は「バラック」と呼ばれた。
- 2) Kachelofen 本来は化粧タイルで外装した陶製暖炉を言う。しかし現在では化粧タイルを用いない陶製暖炉をカッヘルオーフェンと呼んでいる。
- 3) 木纖維をマグネサイトで固めた断熱板、Deutsche Heraklith GmbHが製造した。
- 4) Raumklima, 室内御空気温度、相対湿度、風速、MRT(平均放射温度)などから形成される。
- 5) 現在のBaden-Württemberg州、Stuttgartを州都とする。
- 6) 原文では「34Zentner」となっている。Zentnerは昔ドイツで使用された重量の単位。1 Zentnerは50kgであった。従って34Zentnerは1.7トンになる。
- 7) Pfund、ドイツの重量単位、1 Pfundは500gに相当
- 8) Sauerkraut、手切りのキャベツに塩屋香辛料を加えて発酵させて作る。ドイツ料理には欠かせない服飾品。白色と赤紫のものがある。但しここで使用されるキャベツは日本のキャベツとは異なり、硬いものである。