

通信教育講座バウビオロジー

4

建築工法

建築家 ヴォルフ=D・ブランク
建築家 ヴィンフリート・シュナイダー

日本語版監修 石川 恒夫・三井所 清典



Institut für Baubiologie + Oekologie, 83115 Neubeuern
www.baubiologie.de



日本バウビオロジー研究会
Baubiologie Institute of Japan
www.baubiologie.jp

1. はじめに	3
2. 木造	8
2. 1 建築木材に課せられる要件	8
a) 使用目的	
b) 化学系木材防腐	
c) 電磁気環境	
d) 接着剤結合	
e) 結合方法	
f) 断熱性能	
g) 防火性能	
h) 遮音性能	
i) エコ収支	
2. 2 無垢製材	1 5
a) 構造用無垢材	
b) 十字梁	
c) 積層梁	
d) 集成材	
2. 3 構造原理	1 8
a) ブロック建築／マッシブホルツ工法	1 8
b) ハーフティンバー工法・軸組工法	2 0
c) 枠組壁工法	2 3
d) 混構造	2 4
2. 4 木造の外壁構成	2 5
a) マッシブホルツ工法	
b) ハーフティンバー工法・軸組工法	
c) 充填工法	
d) 枠組壁工法	
2. 5 木材を用いた革新的建設	2 9
3. 組積造と土建築	3 0
3. 1 レンガ壁／レンガ床	3 1
3. 2 石灰砂岩壁	3 3
3. 3 気泡コンクリートブロック壁	3 4
3. 4 自然石壁	3 5
3. 5 土建築	3 6
a) 版築	3 7
b) 土ブロック壁	3 8
c) 現代の様々な土建築技術	3 9
3. 6 断熱ジョイントシステム	4 2
4. 鉄筋（コンクリート）構造	4 5
5. ストローベイル建築	4 7
6. 木の壁か、レンガの壁か？	5 0
7. 総括	5 3
自己確認問題	5 5

人間が**共同生活**に求めるものが多種多様であるのと同様、提供されている建て方・住まい方も多種多様である。そうしたなかで、**バウビオロギーとエコロジーの観点から見た場合、建て方が満たすべき最も重要な基準とは、以下の通りとなる。**

- ・人間が健康に元気に暮らせること
- ・建築物や居室の高さと面積に関して、人間に適した尺度が守られていること
- ・印象的で、方向性がわかりやすい都市計画的な構成
- ・相乗効果の原理に従った、フォルム、プロポーション、色彩、材料の多様性と調和
- ・アイデンティティを感じることができること
- ・様々な機能（暮らす、働く、休養する）が織り込まれていること。これは、モノトーン（単調さ）が生じるのを防ぎ、またそこに暮らす人が交通渋滞・混雑などに巻き込まれることを防ぐ。さらにこれは、家族、生活共同体、近所付き合い、自然と結ばれた自給自足の生活様式を守り育てるものでもある
- ・建材と建築構造の持続可能性
- ・風景との調和、居住環境の自然にとって親しみのある造形

建築学においては、**建築工法**は建物がつくられる方法を意味する。その場合には使用される**建築材料**と導入される**構造原理**（組積造、軸組工法など）が区別され、様々な工法の混在もまれではない。会社や設計者などが独自の工法を展開しつつある。

ただし、高い品質水準を確保するためには、例えば**構造用無垢材**^{*1}として使用する際など、木材は要求された質を持つものであることが必要だ。

*1
2. 2 参照

今日様々な木造建築のヴァリエーションが提供される^{*2}。以下の記述はこの「入り組んだやぶ」のなかにあつて、より良い解決をそうでないものから区別できるように配慮している。

*2
2. 3～2. 5 参照

建築生物学と建築物性学的視点からみた 木造建築の重要な質的判断基準

- ・乾燥材（含水率18%以下）と使用目的に応じて規定される品質条件 …… 2. 1a 参照
- ・化学系木材防腐剤を使用しないこと …… 2. 1b 参照
- ・エレクトリック・スモッグからの保護 …… 2. 1c 参照
- ・接着剤を使わないこと …… 2. 1d 参照
- ・特に継続使用の領域（例：ベッド）における大きな金属部位の回避 …… 2. 1e 参照
- ・断熱性、耐火性、遮音性が良いこと …… 2. 1f, g, h 参照
- ・エコ収支が良いこと：地産地消と持続可能な森林経済。手を加えない自然素材の使用 …… 2. 1i 参照

a) 使用目的

構造材は、歪みが生じて本来の機能に支障が生じるといったことのないように作られていなければならない。木材にはそれぞれ個性があり、また収縮率が異なる（軸方向、接線方向、半径方向）^{*3}ことから、乾燥の際に収縮する寸法も異なる。

*3
軸方向：長さ（繊維）方向
（最大収縮率0.1 - 0.4%）※
接線方向：板目方向
（最大収縮率7.2 - 7.8%）※
半径方向：柃目方向
（最大収縮率3.3 - 4%）※

※トウヒ材の最大収縮・膨張率

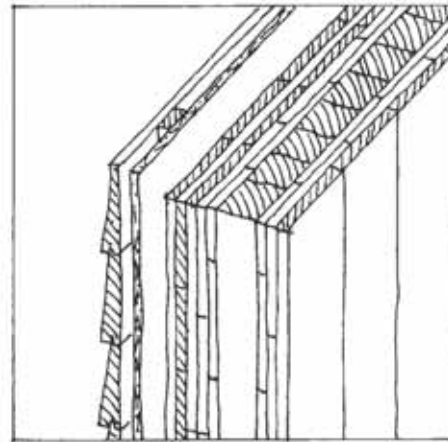
2. 4 木造の外壁構成

すでに指摘したように、一連の構造システムがあげられるので、ここで4つのバウビオロギー的に推奨できる壁体構成の事例をあげる。

a) マッシブホルツ工法^{*1}

壁の構成（内部から外部へ向かって）

- 1 構造のマッシブホルツ壁は新月伐採パネル材。厚さ30.6cm、9層の構成、中央のたて材は厚さ80mm、斜め、水平、垂直と板を重ね、ブナのダボ（直径21mm）でとめる。2層目と3層目の間に防風紙。
- 2 撥水性の木質ソフトボード（厚さ任意）
- 3 通気層
- 4 任意の外壁^{*2}（板張り、断熱ジョイントシステムなど）図では地域のカラマツ材（無処理）の横張り



*1
トーマ社、ウッド100 参照

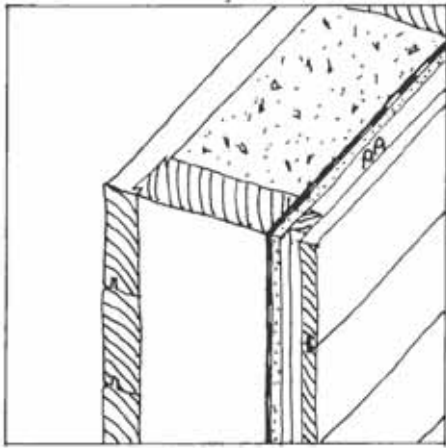
*2
3. 6 参照

重ねる板材には溝目がきってあり、それが空気の膜として作用し、壁面の熱伝導を抑える。熱貫流率U値はそれゆえ0, 23W/m²K^{*3}。

このマッシブホルツ壁は様々な厚さで製作可能。室内部は化粧としてそのまま表すか、板張り、石膏ボード、土ボードを張るか、塗装することもできる。壁面暖房の設置も可能。

内壁、床、屋根構造用にもマッシブホルツのパーツを提供できる。

*3
平滑面であれば
U値 約0.34W/m²K

c) 充填軸組壁^{*1}

壁の構成（内部から外部へ向かって）

- 1 水平の板張り仕上げもしくは石膏ボード
- 2 設備層（電気配線）下地のたて胴縁：無処理のトウヒ材。胴縁間には断熱材充填も可能。
- 3 石膏ボード（天然石膏からなる高周波遮断性能）^{*2}
- 4 透湿防水シート^{*3}
- 5 木柱（長方形断面）柱間に充填断熱（おがくず）
- 6 外装トウヒ、モミ材（5 cm厚さ）の横張り（蟻つぎにより接着剤不使用）

充填軸組壁は厚さ40cm。熱貫流率は0, 14~0, 16W/m²K。断熱はピュアな乳清（防火性能）とソーダ溶液（防かび）に含浸させたおがくず。

^{*1}
 バウフリッツ社仕様
 www.baufritz.com

^{*2}
 2. 1 c 参照

^{*3}
 通信教育バウビオロジー
 第7巻「生物学的建築材料学」参照

3. 6 断熱ジョイントシステム (WDVS)

従来の建材を使った単層の壁体の場合には、断熱要件を満たすためにかなりの厚さが必要になり、それがコスト増、さらに面積増という結果につながっていた。そうした背景から開発されたのがいわゆる**断熱ジョイントシステム (WDVS)**である。これは特に、**古い建物の改修**にも使われる。断熱層は通常、外部に設けられ、セメント系の接着剤もしくは皿ビスなどで固定し、金網 (ラス網) を取り付ける。最後に外部の塗り壁材を用いて、左官方法や造形の視点に従って施工される。

断熱ジョイントシステム

バウビオロジーとして推奨に値する

木質軟質繊維板 (ソフトボード)	×
コルクパネル	×
無機質系発泡繊維板 (ケイ酸カルシウム水化物)	×
無機質系ウール (ロックウール, グラスウール)	
発泡ポリスチレン (PS, EPS, XPS)	
硬質発泡ポリウレタン (PUR)	
アシマツト	×
真空断熱材 (VIP)	

木下地の施工によって、例えば木質ソフトボードの後ろに他の断熱材 (麻、亜麻、セルロースなど) を任意の厚さで付加することもできる。(図27参照)

表2 断熱ジョイントシステム

バウビオロジーとして推奨に値する断熱ジョイントシステムは、透湿性や調湿性を持ち、火災時に有毒ガスを発生しないこと、問題なく取り出し廃棄できること、もっぱら自然成長資源、鉱物系資源がもとになっていることである。

透湿性・調湿性をもった断熱ジョイントシステムであれば、躯体と断熱材の間に結露の発生のリスクが少なくなる。

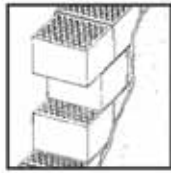
6 木の壁か、レンガの壁か？

この問いに対しては、どの構造にもそれぞれ長所と短所がある、と答えるしかない。基本的に、中央ヨーロッパの気候においては、どちらの工法を使ってもバウビオロジー、エコロジー、経済的な観点に適した形で建築をおこなうことは可能である。

判断基準としては実に様々なものがある。そのどれもが、客観的かつ最適な結論に達するためには、建築計画と施主の意向・希望に応じて生まれる個別の要件に考慮しながら、検討・評価されなければならない。

以下の一覧表は、一例として2種類の外壁部材（枠組壁工法／レンガ壁）を比較評価したものである。ポイント・システムは、筆者（建築家W・シュナイダー）の個人的な価値観を反映したもので、客観的なものとはいえ、また広く一般に通用するものでもない。しかし、この提案されたポイント・システムは、通信教育講座の受講生が多様な部材を自己の基準で評価し、一方的な宣伝文句に踊らされずに済むための助けになるだろう。

土地に対して、住居に対して、工法に対して、建材に対して、インテリアに対して賛成あるいは反対の決断を下すために、客観的な判断基準だけで十分であるとはいえない。判断を下す際には、個人的な好みや直観も大切にしたい。木材を「生きている」建材と感じ、その居心地のよさ、暖かさ、軽やかさを愛する「木の愛好家」は、レンガ造りの家では不幸になるかもしれない。レンガを愛する人が木の家に暮らしても同じことであろう。



厚さ36.5cmの気泡レンガ $\lambda=0.09$
 軽量モルタル $\lambda=0.21$
 両面とも石灰モルタル



ラーチ材の板張り+通気層
 木質軟質繊維板（撥水性）
 セルロース断熱材180mm
 石膏繊維板
 透湿抵抗紙
 内部設備層

基準（満点）	気泡レンガ工法	点数	木造枠組壁工法	点数
伝統／職人の能力 (10) :	長年の伝統。職人との共同作業は比較的スムーズ	8	複合的な工法。職人への指示多し	6
建築様式 (5) :	対応可能 (様々なしっくい構成、色彩、化粧張りなど)	3	極めて優れた対応能力（様々な化粧張り、左官仕上げ）	4
寿命 (8) :	新しい技術の開発が常に進行中。それゆえ長寿命の保証なし。	5	実証済み寿命：アメリカ：約70年 ドイツ：約20年	6
素材の由来 (8) :	再生しない原料（土、粘土、砂、石灰）だが、資源は十分にある	6	大部分が木材＝再生可能原料、資源は十分にある	7
製造過程 (8)	(単純／複雑) : <ul style="list-style-type: none"> レンガの焼成温度：約900℃ 水硬性石灰：約1200℃ セメントの焼成温度：約1,400℃ 	4	<ul style="list-style-type: none"> 木材は再生可能な建材 軟質繊維板は製材所で出た残木材を木材固有の樹脂で接合したもの セルロース＝ホウ酸塩を添加した粉碎古紙 石膏繊維板の成分は石膏（約80%）、古紙繊維（約20%） 	6
一次エネルギー利用 (10) :	約150kWh/m ² 原料の輸送距離：φ500km	5	約35kWh/m ² 。原料木材の運送距離：φ100km／軟質繊維板：φ500km／セルロース：φ500km／石膏繊維板：φ500km	7
製造過程における有害物質排出 (10) :	レンガ、水硬性石灰、セメントの焼成の際に、有害物質（二酸化炭素、硫化酸化物、窒素酸化物、ダイオキシン、重金属、繊細なダストなど）が発生し、排出される。	4	軟質繊維板と石膏繊維板の製造にはエネルギーが消費される（空気汚染物質は左を参照）。	7
再利用可能性リサイクル性処分 (10) :	解体作業が破壊を伴わず、モルタル部を取り除けばレンガとして再利用可能。レンガ片は砂利・砕石の代替材、レンガ破砕片入コンクリートの骨材としてリサイクル可能。処分は問題なし	8	解体作業が破壊を伴わない場合、木材、木質軟質繊維板、セルロース層の再利用可能。また熱利用も可能。木質ボードとしてリサイクル可能。処分は問題なし。	9
重量 (0) :	気泡縦穴あきレンガ：600kg/m ² (219kg/m ²) しっくい：1800kg/m ² (72kg/m ²) 合計：291kg/m ²	-	木材：600kg/m ² (27kg/m ²) セルロース断熱：50kg/m ² (6kg/m ²) 軟質繊維板：360kg/m ² (7.2kg/m ²) 石膏繊維板：1150kg/m ² (14.4kg/m ²) 合計：54.6kg/m ²	-
断熱性 (10) :	熱貫流率：約0.24W/m ² K	8	熱貫流率：約0.20W/m ² K	9
表面温度 (8) :	気温20℃の場合、約19.4℃	8	気温20℃の場合、約19.6℃	8
蓄熱性／冷却時間 (10) :	蓄熱値：90kJ/m ² K/約80h。ただし、暖まるのに木造枠組み建築よりも時間がかかる。太陽熱の蓄熱性に優れる	6	蓄熱値：約70kJ/m ² K/約60h。暖まるのには気泡レンガより時間はかからない。内壁と床に蓄熱層を入れることで点数を上げることが可能。	4
透湿性 (10) :	透湿抵抗値 $\mu=5/10$ ／躯体の構成＝良（土であれば優るところ）	8	木材： $\mu=40$ ／セルロース： $\mu=2$ ／軟質繊維板： $\mu=4$ ／石膏繊維板： $\mu=11$ ／躯体の構成＝良	8
調湿性 (10) :	毛細管効果と透湿効果により吸湿性・排湿能力に優れる	8	評価は気泡レンガ工法と同じ（多層構造であるため、減点）	7

一覧表2：しっくいを塗った気泡レンガ外壁と木造枠組壁工法による外壁の比較[20 i 2]

4

基準（満点）	気泡レンガ工法	点数	木造枠組壁工法	点数
新築の建物の含水率（5）：	乾燥期間：数ヶ月	3	最初から乾燥している（乾式工法）	5
力学（5）：	塊の建材。静力学的な計算は容易だが、今日の気泡レンガの構造生は限定的。	3	木造枠組は面材によって抑えられている。構造計算が必要	3
可燃性（10）：	不燃性。耐火等級F180。火災の際に有毒ガスは発生しない	10	石膏繊維板は不燃性。木材とセルロースは可燃性（耐火等級F30）。火災の際に有毒ガスは発生しない	5
遮音性（10）：	遮音性能Rw=約48dB	6	遮音性能Rw=約46-50dB	6
防風性（10）：	適切な施工がおこなわれている（全面モルタル、接合部）場合、良	10	適切な施工がおこなわれている（透湿抵抗紙や接合部）場合、良	8
熱橋（8）：	特に窓・床部に問題あり	6	優	8
放射能（5）：	原料の産地次第では高放射能の可能性あり	3	極めて少ない	5
有毒ガスの汚染（10）：	認められない	10	セルロースの場合、微量の有毒物質が排出される（ホルムアルデヒドなど）	8
浮遊粒子状物質の排出（5）：	なし	5	施工の際、セルロースのダストに問題あり（防護規定に留意）。埃に注意。	4
電導性（15）：	乾いている場合、ニュートラル。電磁場に関して遮断性は小	12	乾いている場合、ニュートラル。電磁場に関しては遮断性能はほとんどない（本テキスト3.4参照）	8
磁性（5）：	ニュートラル（鉄筋がない場合）	5	ニュートラル（大きなスチールの部位がなければ）	5
表面（5）：	粗く、冷たい。どちらかといえば不快	2	なめらかで暖かく、心地よい	5
色彩／色調（0）：	表面次第で多様	-	表面次第で多様	-
におい（5）：	新築では、冷たいセメントのにおいがする。その後は無臭。吸臭性は劣る	3	新築では、心地よい木の香りがする。その後は無臭。吸臭性・吸ガス性あり	5
建築費用（10）：	平均的	7	平均的。しかし、必要となる構造面積は少ない	8
建築期間（基礎上部より）（5）：	プレハブ生産をしない場合、平均的（一戸建ての構造躯体で約2ヶ月）	3	短い（一戸建ての構造躯体で約2週間）	5
メンテナンス／手入れ（15）：	ごくわずか	13	未加工のラージ材の場合、ごくわずか。塗装してある場合は劣化するため、2年から10年おきに塗り直す	13
必要となる構造面積（8）：	壁厚：約40cm／例：体積が同じ場合、居住面積は、レンガ造り住宅で147㎡、木造住宅で165㎡	5	壁厚：約28cm（面積を稼ぐことができる。あるいはより小さい用地面積で同じ居住面積を実現できる）	8
建築計画・建築施工費用（5）：	平均的	4	高い	2
自助建設の余地（5）：	素人の場合、極めて少ない（約7%）	2	素人でも高い（最高で約30%）。指導は必要	4
防虫性／抗微生物性（10）：	良	8	関連規定を遵守した場合、良（取り付けの際の木材の含水率18%未満）	7
合計点		201	210	

一覧表 2：つづき