

# 建築物理学講座

第1回

—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)

## 訳序

訳者は昭和41年(1966年)に、東京都清瀬市にある大林組の技術研究所に勤務していました。その当時、電子計算機が実用化の兆しを見せ始めていました。同時に、建築設備の分野でも建物の暖房負荷や冷房負荷を予測するシミュレーションが行われるようになっていました。しかし、電子計算機の計算結果が実際の建物の熱負荷と一致しているかどうかはわかりませんでした。そこで、現実の熱負荷を直接測定できる「回転式空調実験装置」(写真1)を作成し、熱負荷の実測実験を行いました。この成果を私はドイツの専門雑誌に寄稿しました。<sup>※1</sup>

その頃、ドイツのホルツキルヒェンにあるフランホーファー建築物理研究所のヘルムート・キュンツェル博士も同様の規模の回転式空調実験装置(写真2)を使って実験を行い、その成果をドイツの専門雑誌に発表しました。当時は電子メールはもちろん、ファックスも存在せず、航空便を使って連絡を取り合っていました。それ以降、私はヘルムート・キュンツェル博士からドイツの建築物理学に関する情報を得ることができました。

2007年、ヘルムート・キュンツェル博士80歳の誕生日祝いのためにホルツキルヒェンにあるフランホーファー建築物理研究所で祝賀会が開かれました。私もこの祝賀会に招待され、お祝いに参加しました。このような祝賀会が開催されたのは、建築物理研究所の拠点がヘルムート・キュンツェル博士が選んだホルツキルヒェンに置かれていたからです。当時この研究所は主に建築材料や建築部材の耐候性試験を行うことを目的としていました。

ホルツキルヒェンは海拔1600メートルの土地に位置し、夏は暑く、冬は極めて寒い地域です。この地で耐えられる建築材料や部材は、ドイツ全土でも使用できると考えられました。私は2017年1月19日に、ホルツキルヒェンの隣町ヴァレー(Valley)に住むヘルムート・キュンツェル博士を訪ね、彼の自宅でお話しをしました。そ



写真1 (株)大林組技術研究所の回転式空調実験室

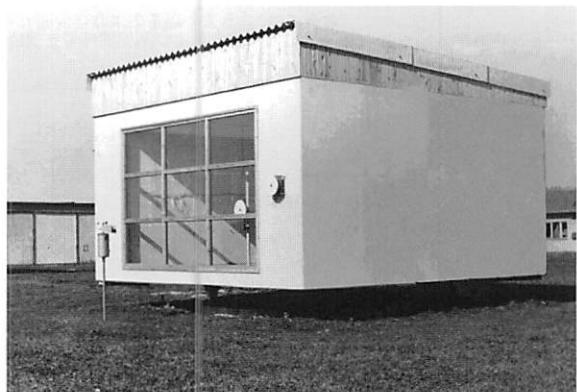


写真2 Fraunhofer研究所の回転式実験室

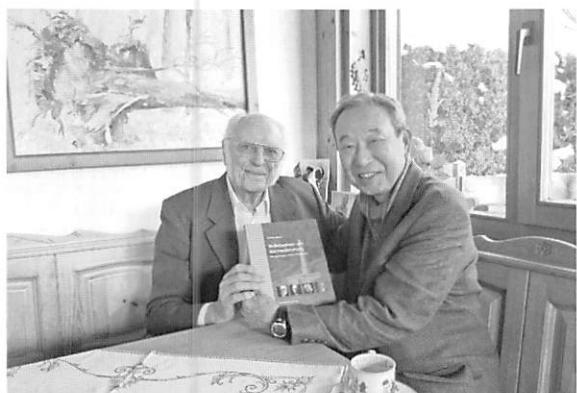
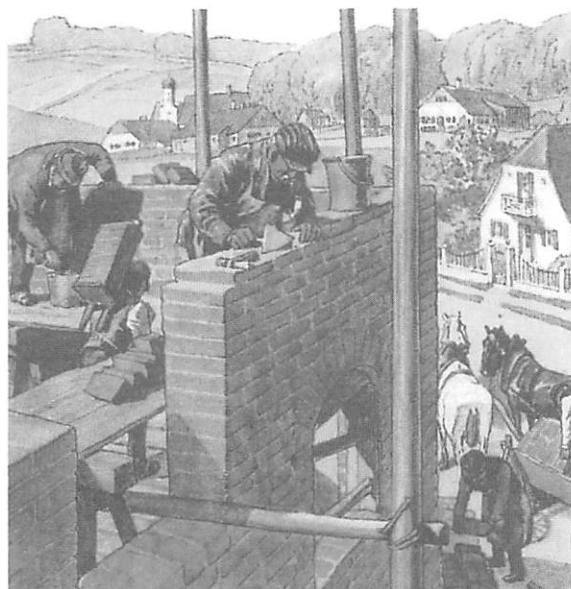


写真3 2017年1月にDr. Helmut Künzelのご自宅を訪問した際のキュンツェル博士と訳者田中辰明

して、これまで行ってきた実験や研究について議論しました(写真3)。2023年現在、ヘルムート・キュンツェル博士は96歳でありながらも、施設に頼らず自宅で独り暮らしをされています。そして最近、彼の最新の著書をご子息であるハルトヴィック・キュンツェル博士経由で手に入れました。この著書は建築物理学に関するもので、私にとって非常に有益な情報源となっています。そのため、日本での翻訳と公開を依頼したところ、快く了承していただきました。そして、その翻訳文を数回にわたって「月刊建築仕上技術」誌に掲載することとなりました。ご愛読いただけることを祈ります。(田中辰明)

※1 : Tatsuaki Tanaka; "Bestimmung von Kühllasten mit Hilfe einer drehbaren Meßstation" HLH 6.1969



### レンガ職人

春が戻り、雪が消えたとき、  
煉瓦職人は仕事を見つけ、喜びをかみしめる。  
朝が明るくなると、煉瓦職人は鍤と鎌に手を伸ばす。  
石の上に石を積み、その上にプラスターを投げる。  
パイプが口の中で燃えるとき、彼は建てることうを誇りに思ふ。  
壁は糸のようにまっすぐでなければならない、  
鉛と角材で、よく測るんだ。

パウル・ハイ (Paul Hey)

出展: ウォルター・クライン: 建物、屋根、職人。  
プレーメン: H. M. Hauschild GmbH, 1996

## 序 文

19世紀半ばから現在に至るまで、建築と生活の分野でこれほど大きく変化した時代はおそらく他にないだろう。

19世紀末までは、建物を造る際、建物の壁の強度と耐荷重が第一に考慮されていた。昔の建築雑誌には、建築中に建物が倒壊したという記事がよく報告された。当初の主な建築材料であったレンガに加え、20世紀初頭には他の建築材料や建築様式が導入された。これは当初職人にとって不慣れなものだったので、職人技や職人の技術の分野全般で問題になった。

19世紀の工業化によって都市の人口が増加し、その結果、人々の共同生活がより密接になり、生活に対する要求も高まった。「健康的な生活」が重要視された。特に暖房設備や換気設備の発展に伴い、「健康的な生活」が実現されるようになった。新しい方向性は、建築保健工学という言葉を通じて文献に登場するようになった。

20世紀前半の2つの世界大戦によって、さらなる発展は大きく妨げられた。しかし、20世紀後半になると、新しい建築物に対する要求がいっそう高まった。新しい建築構造、特に物理的性質の異なる建材からなる建築構造の出現により、建築に変化が生じた。ヘルスケア技術への需要が高まった

居住者の幸福に直接関わる問題ではなく、むしろ建築物そのものの機能(構造的損傷の防止)に関わる問題が生じた。建築物の外装の断熱も、当初は温熱快適性のためであったが、やがて省エネルギーのために建築を自然環境から保護する事が重要視されるようになった。こうして建築物理学という科学分野が登場したのである。

本書は、このような疑問と問題処理の時間的展開のため、大きく3つのセクションに分かれている。

- ・工芸技術、
- ・建築保健工学、
- ・建築物理学である。

今日、扱われているすべてのトピックは、建築物理学という学問の中に納まっている。私は、60年以上にわたるこの分野の専門家として活動し、これらのトピックを扱ってきたが、その際、いくつかの対策や仕様が、当初の視点からどのように修正され、あるいは変更されてきたかを認識していた。私の建築物理学研究を回顧し、文献研究を含めて本書を著した。

本書のタイトル“Bautraditionen auf dem Prüfstand”(建築の伝統が試される)は、このような批判的な観点から書かれたものであることをご承知いただきたい。また、様々なトピックの包括性にも一定のものではなく、部分的に濃淡がある。これは著者自身の仕事の範囲が広範にわたったことによる。この事により、読みずらさが生じたかもしれないが、ご容赦頂きたい。

「伝統と研究の緊張関係における建築物理学の発展」という副題は、編集の過程で生まれたものである。おそらく建築と生活は、他の知識分野よりも伝統や伝統的なものに影響されるものであり、そのことがまた、発展におけるいくつかの回り道を余儀なくさせた。その事を理解して頂くために付けた副題である。

本書で報告されているこのような長い期間のプレゼンテーションには、多くの報告書や写真の検索と整理が必要である。フラウンホーファー建築物理学研究所のメンバー、特にイングリッド・グロースキンスキー(Ingrid Großkinsky)さんには、多くの写真を探して頂き、ご援助を得た。最後にフラウンホーファーIRB出版局(Fraunhofer IRB Verlag)のマニュエラ・ヴァリサー(Manuela Walliße)さんが、文章と写真を見事にひとつに纏めてくれた。そして最後に、他のことに使うことができたであろう「自由な時間」を許してくれた私の愛する妻にも、もちろん心からの感謝を捧げたい。

ヴァレー(Valley)にて、2013年夏

ヘルムート・キュンツェル

## 目次

### 序文

#### 19世紀から20世紀半ばにかけての発展

##### 1. 職人技(石工と外壁プラスター)

###### 1.1 19世紀から第一次世界大戦まで

###### 1.2 二つの戦争の間

###### 1.3 第二次世界大戦後の状態

###### 1.4 外壁下塗りに関するガイドラインと基準

##### 2. 建築保健工学

###### 2.1 健康的な生活

###### 2.2 防湿 - 建物の乾燥、建物の湿気、雨の湿気

###### 2.3 断熱 - 設計と要件

###### 2.4 暖房と室内気候

###### 2.5 換気と空気交換

#### 20世紀半ば以降(第二次世界大戦後)のさらなる発展

##### 3. 建築物理学

###### 3.1 ホルツキルヒエン屋外試験場の設立

###### 3.2 外壁の外側にプラスターを施工する事で雨の害を防ぐ

###### 3.3 分散(ディスページョン)塗装と合成樹脂プラスター

###### 3.4 湿式外断熱工法と断熱プラスターシステム

###### 3.5 軽量の石積みと軽量のプラスター

###### 3.6 デカッピング効果の計測による判定と評価

###### 3.7 「上昇」湿度

###### 3.8 空気層と換気

###### 3.9 気候による湿気対策

###### 3.10 夏の断熱

###### 3.11 水蒸気の拡散

###### 3.12 水蒸気の吸着

###### 3.13 完全断熱と最小断熱

###### 3.14 住居の換気、空気交換、カビ

###### 3.15 測定・計算技術のさらなる発展

##### 4. 評価、要約、結論

###### 付録

###### 関連規格の策定

###### 参考文献

## 19世紀から20世紀半ばまでの発展

### 1. 職人技(石工と外壁プラスター)

#### 1.1 19世紀から第一次世界大戦まで

19世紀と20世紀の変わり目まで、レンガ造りは既に数千年の伝統があった。レンガは主に建築に使われていた。すでにヴィトルフ(Vitruv)は氏の著書、第7巻第2章の建築論<sup>[1]</sup>で、「空間が狭くなりすぎない」ように、長さ1.5フィート足らずのレンガ壁が普通であるが、「1階建て以上のものには職人が持ち上げることが不可能になる」と書いている(古代ローマ時代の1フィートは29.6cmで、現代のレンガの長さよりわずかに長かった)。「均質で同じ大きさの石を使用した石積みの壁は良いが、不規則な形の採石石を使用した場合は質の悪い壁になる。」と1792年に出版された百科事典<sup>[2]</sup>に書いている。さらに、そのような石の壁は、接着が難しく、不規則な形のために石がうまく配置されないので、施工が難しい。こ

のような壁は、たとえ厚さが1.5エレ<sup>1)</sup>あったとしても、1エレしかないレンガの壁ほど長持ちはしない。壁の外側の面は、少なくとも一辺が均等な石を選べば作ることができると、内側は常にでこぼこのままで、レンガの壁のように荷重や振動に耐えることができない。ちなみに、このような壁には大量のプラスターが必要になる。石が凹凸しているために隙間が多く、その隙間は小さな石で埋めなければならなかった。これが大事なことで、当時は壁の厚さは壁の荷重への耐力と同義語であった。壁体のレンガはプラスターの下に来る材料としても適している。レンガは収縮せず、その吸水性により、プラスターの塗布を敏速に行う事が可能になる。

このプラスターの本来の役割は、既出の百科事典<sup>[2]</sup>に次のように記述されている：“Bewerfen, Berappen, Abputzen heißt eine Mauer oder Wand mit Putz bekleiden, damit man weder die Steine noch das Holz siehet, woraus die Mauer oder Wand bestehhet.”（外壁や間仕切り壁にプラスターを塗ることは石材や木材を見えなくするという事である）

### 石造りの形式

工業化と農村から都市への人口流出によって、19世紀の都市では住宅不足が深刻化した。その理由のひとつが、小型の石材を使った高価な壁の建設だった。1872年にドイツ帝国が建国されると、煉瓦の規格にドイツ帝国規格が導入され、ドイツ各州で使用されていた統一性のない寸法に取って代わった。ドイツ帝国規格の寸法は250×120mm(縦×横)で、今日のDIN 105によるレンガの規格(240×115mm)とわずかに異なるだけである。レンガの幅や長さは通常、1cmのモルタル目地を考慮して、レンガの形式に従って定められた。道路や交通機関が整備される以前は、建築資材の運搬は馬車に頼っていた。建築材料の輸送は大きな問題となっていた。そのため、取り壊された建物の建材が再利用された。例えば、世俗化後<sup>2)</sup>、取り壊された修道院の建物の石材は、近隣の新しい建物の材料として歓迎された。解体されたヴェッソブルン(Wessobrunn)修道院の建築石材は、火災で焼失したヴァイルハイム(Weilheim)の町の再建に使われた。また、ベネディクトボイエルン(Benediktbeuern)修道院も、当時の宮廷建築家フリードリッヒ・フォン・ゲルトナー(Friedrich von Gärtner)の設計であるが、プロジェクトを実行するにはミュンヘンまでの輸送費が高すぎた。

この結果、同様の運命を免れただけだった<sup>[4]</sup>。輸送の問題に対する反動として、堅固な石積みから「中空石積み」、つまり空気層や空洞を持つ壁、いわゆる“節約壁”「シュパールヴェンデ(Sparwände)」を開発・使用する傾向があった。軽量コンクリートでできた石積みブロック(軽石砂利でできた沖積ブロックや高炉スラグでできたブロック)も、この発展の過程で登場した<sup>[5]</sup>。

例えば、1枚のレンガの長さは25cmであった。レンガ一枚半では長さは38cmとなった。レンガを2枚並べると長さは51cmとなった。ハーフ・ティンバー造<sup>3)</sup>は欧州で何世紀にもわたって採用され、レンガが使用された。ハーフ・ティンバー造の人気は、その一因として、比較的薄いが十分な耐力を持つ壁の材料費が安いことが挙げられる。詰め物に粘土を使用したのは、掘削坑から粘土入手しやすかったためである。

無垢の石積みの時代からのプラスターの損傷に関する文献は全くみつからない。当時の現場の職人たちは、明らかに自分たちの経験に従って、既存の材料や結合材を使って作業することで仕事をこなしていた。しかし、「壁の腐食」という言葉は文献に見られる。

ハンメル(Hammerl／元グラーツ物理学教授)とクロス(Kloss)は、Mauerfraß und Mauersalpete(壁体の腐食と壁体から塩分の析出)という著書の中で次のように述べている<sup>[6]</sup>。「石積みの腐食、すなわちプラスターの表層が徐々に崩れ落ち、時には煉瓦自体も崩れ落ちる。この現象は、モルタルやレンガの表層に硝酸塩やクロルカルシウムが大量に存在するために起こる。これらの塩は、かなりの量の水蒸気を吸収・放出する性質がある。雨天時には、塩の吸湿性によって石積みが湿気を帯びるが、乾燥した空气中では、吸収した水分が再び放出され、塩が針状の結晶となって目に見えるようになる。このような石積みの継続的な乾燥と湿潤は、石積みを破壊する原因となり、表層が徐々に崩れていく。前述の塩類は、腐敗物質を大量に含む不適切な建築用水の使用によって最初から石積みに入り込むか、あるいは、例えば、糞便が欠陥のある排水管を通して環境中に漏出した場合などに、後から入り込む機会が生じることになる。石積みの腐敗に対する効果的な対策を見出すことは、困難であり、また不可能である。腐敗が局所的なものであれば、腐敗した石積みを新しい石と取り替えることで、石積みが継続的に破壊的進行することを防ぐことができる。」

メッセンセフィ(Meccenseffy／ミュンヘンの元建築学教授)は、[7]で、「真夏の強い日差しを防ぐために建物

に設けられた植栽が、そこで用いられた肥料により建築物に被害を及ぼすことに言及している。建物近くの肥沃な土壌から地下室と基礎の壁を保護することを考慮すべきである」と述べている。その中で最も重要なのは、腐植土の腐敗した窒素体とモルタルの遊離水和石灰から石工腐食塩(壁の腐食)が形成されることである。

したがって、危険にさらされている部分は、最良のセメントモルタルか粗いモルタル[コンクリート、著者注]を使用して作られ、保護するべきである。

### 工芸技術(石工と外壁プランター)

セメントプランターで外壁を保護し、アスファルトやタールで繰り返し塗装する。

しかし、この知識はその間に失われ、石積みの水平パリアが欠落しているために「上昇湿気」によって下から塩分が侵入するという現象が報告されるようになった。今日の知見によれば、塩害の起源は、それ以前の衛生環境にまで遡ることができる(3.7章も参照)。

## 1.2 二つの戦争の間

第一次世界大戦(1914~1918)の前からドイツの国家予算は軍備に向けられ、住宅建設は低調であった。住宅は不足したが、第一次世界大戦直後の数年間、建築活動は極めて低調であった。100万戸の住宅が不足していた。建築研究は緊急の対策を必要としていた。特に、建設の経済効率を改善する必要があった。そのために、1921年、ヴァイマール共和国時代であったが、ドイツ経済建築委員会が設立された。1927年、ドイツ政府は建築研究のために1,000万ライヒスマルクを提供した。この活動を管理・調整するために設立されたのが Reichsforschungsgesellschaft für Wirtschaftlichkeit im Bau- und Wohnungswesen e.V.(ドイツ帝国建設・住宅経済効率研究協会)である。

第二次世界大戦後、ハノーファーの建築研究所(Institut für Bauforschung e.V.)を率いていたヴォルフガング・トリーベル(Wolfgang Triebel)博士は、この組織の部門長だった。ここで紹介する著書『建築研究の歴史』(Geschichte der Bauforschung)では、建築研究の発展、特にこれまであまり注目されてこなかった合理化について述べている<sup>[8]</sup>。

すでに述べたように、第一次世界大戦後、節約壁「スバルヴェンデ(Sparwände)」が開発された。

そのような壁の3つの例を図1に紹介する。壁体の縦

方向に空洞を設けたもの、横方向に空洞を設けたものがある。これらの壁はもともと軽量化のために開発されたものであり、今日の視点から想定されるような断熱性の向上が主目的ではなかった。厚さ38cmの従来のレンガ造りの壁に比べ、このような壁は30~40%の材料の節約をもたらした。軽量コンクリートや単一成分コンクリートで作られ、型枠で施工されるコンクリート打ち放しの壁や、プレハブの部材で作られる壁は、新しい開発であった。この経済的な壁に関する実験の結果、縦に穴のあいたレンガでできた壁は「工場生産のプレハブ壁」よりも加工費が安く、縦方向に穴のあいたレンガは横方向に穴のあいたレンガよりも安いことが判明した。

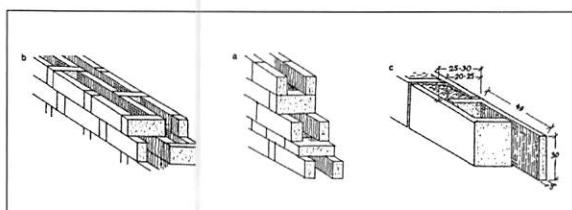


図1 3つの節約壁(Sparwände)の例、1920-23、出展：トリーベル(Triebel)<sup>[8]</sup>

外壁として今まで残っているのは、空気層を持つダブルスキンウォールや、最近では雨に強い露出煉瓦造としてコア断熱材を持つタイプで、主に北ドイツに多い。第一次世界大戦後、住宅不足の結果として、またバウハウスやヴェルクブントの建築手法や建築に対する反動として生じた楽観主義の精神が、このような建築を生み出したのである。(図2)



図2 ヴァイセンホーフジードルングの一家族住宅(Weißenhofsiedlung, Hözelweg 1) 設計者：ハンス・シャロウン(Hans Scharoun) 鉄筋コンクリート造断熱パネルを用い外断熱、外側に軽石コンクリート仕上げ、内側に石膏板を左官仕上げ。

### ヴァイセンホーフ・ジードルング [11], [12]

ミース・ファン・デル・ローエ、ル・コルビュジエ、ヴァルター・グロピウス、リヒャルト・デッカー、ハンス・シャ

ロウンなどの建築家が歴史主義から脱却し、単純、大量生産、規格化、と言った思想で新しい建築を作つていった。彼らの行動は新しいアイデアにつながつた。“バウハウス”や“ヴェルクブント”といった組織は、この新しい考え方と発展を象徴している。シュトゥットガルト近郊のヴァイセンホーフ・ジードルングの住宅は、この建築の最も有名なモニュメントである。ヨーロッパ5カ国から集まつた16人の建築家たちが、そこで未来の暮らしのアイデアを披露した。彼らは前衛的とされる建築を創り出した。異なる建築形態、平らな屋根、可変的な間仕切り壁、プレハブや大面积の壁部分による建築を創りだした。その一例が、図2に示すハンス・シャロウンの家で、当時は奇抜に思われたが、現在の私たちには珍しく感じられない。ヴァイセンホーフの住宅地が建設されていた期間が短かったことは、創造的なプロセスの熱意と活気を示している。

1926年春、シュトゥットガルト市はこのモデル集落の入札を募集し、1927年から28年にかけての冬には、斬新な建築デザインとさまざまな建築家が関わつた。そして人々は、新しい思想の住宅に入居することができた！住宅様式の大きな変化があり、生活様式も変化した。

## 損傷の性質

### グラフ教授の提案によるプラスター調査

従来の建築材料や建築方法からの脱却は、“Neues Bauen”(新建築)という言葉に要約される。「Die Lehre vom Neuen Bauen」(新建築教本)は、1932年に出版された本のタイトルでもある<sup>[9]</sup>。「新建築」は当初、新しいアイデアで構成されていたが、その具体的な実行には経験と必要な技術的知識が不足していた。そのため、構造的な損傷が発生し、手直しが必要となり、新しい手法に対する熱意が冷めたのは当然のことである。前述の本<sup>[9]</sup>では、すでに「新しいものを見せようとするあまり、必要な注意が軽視されている」と指摘されている。当時、これは新手法の歯がゆいトラブルと呼ばれていた。これらの欠点は、第二次世界大戦が勃発し、この開発を当分の間終わらせてしまった。もしこの事がなければ、確実に修正できたはずである。トリーべル(Triebel)は<sup>[8]</sup>で、(Weissenhof団地だけでなく)一般的な被害の種類として、コンクリート打ちっぱなしの壁のひび割れや、中空ブロックの壁のプラスターのひび割れを挙げている。多くの場合コンクリート打放し slab の収縮は考慮されておらず、通気性のないフラットルーフ(陸屋根)は室内

側に屋根スラブ内に蓄積した水蒸気を放出する考慮がないまま施工されている。状況を改善するためには、壁の被覆や断熱性を高めるための組み合わせが必要な場合もある。

オットー・グラーフ教授(Prof. Dr. Otto Graf)の特別な関心事のひとつは、新しく導入されたタイプの壁構造におけるプラスター損傷の原因を究明し、外壁プラスターの適切な施工のためのガイドラインを作成することであった。

図3 オットー・グラーフ教授  
(1881～1956)  
後に、シュトゥットガルト工科大学になる建材試験センター教授  
(Material Prüfungsamt)



第二次世界大戦の少し前、グラーフ教授はアーヘンとヴィーン、ケーニヒスベルクとコンスタンツ間の当時のドイツ帝国領で調査を開始した。フンメル教授やヴァルツ教授、ヴェドラー大臣(後の住宅省)など、建築分野の著名人が顧問としてこの調査に参加した。1947年にその結果とガイドラインが発表された。一般的な出版は、1950年にフェルディナント・カウフマン(Ferdinand Kaufmann)によってなされた<sup>[10]</sup>。カウフマンは前述の出版物の中で、当時の状況と選択された手順について次のように述べている。「外壁プラスターの製造における様々な慣行と、残念なことに完成した建物に頻繁に発生する損傷から、グラーフ教授は、Bautechnische Auskunftsstelle(建築技術情報センター：フラウンホーファー情報センター-Raum und Bau(空間と建築：IRBの前身、訳者注))を通じて、外壁漆喰の適切な施工のためのガイドラインを作成するよう促した。外壁プラスターの実践的な施工のためのガイドラインを作成し、提案する関連作業は1944年にすでに開始されていた。最も重要な文献を収集した後、1942年に多くの建築当局や専門家にアンケートを送り、その地域の通常のプラスター製造方法を調査した。」

29の事業所に送られた調査票では、主に通常の左官用地、バインダー、砂、表面処理についての質問がなされた。当時は砂の粒度、いわゆるグレーディングカーブが非常に重要視されていた。適切な砂の粒度の目安は図4に示されている。これによると、セメントプラスターと石灰プラスターを区別するためには、混粒の砂が適している。砂の粒子が細かすぎると、モルタルの強度と密

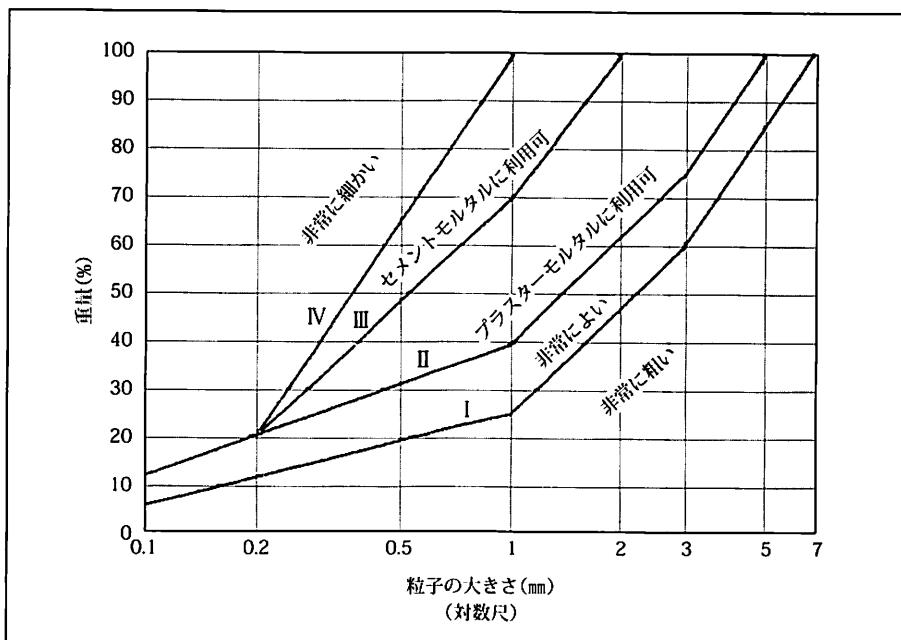


図4 異なるモルタル・プラスター用砂の粒度分布の提案

度が不十分となる。砂の粒子が粗すぎると、モルタルの加工性が悪くなる。結論としてカウフマンはこう書いている。「プラスターの種類や広い地域での生産には大きな多様性があるにもかかわらず、その手順は比較的均一である。したがって、さらなる標準化と簡素化を目指して、それぞれのケースで最良の方法が採用され、プラスターの品質、外観、耐久性がこれまで以上に求められるようになることは、決して絶望的なことではない。しかしそのためには、様々な条件や気候のもとで要求されるプラスターの技術的特性を、以前よりも明確に定義することが必要である。」(次号に続く)

- [4] Kirmeyer, J.: Aufhebung und Verkauf des Klosters Benediktbeuern. In: Fraunhofer in Benediktbeuern. Mitteilung der Fraunhofer-Gesellschaft. 2008
- [5] Bundesverband Leichtbeton e. V.: Chronik der Bimsindustrie und ihres Verbandes. 2006
- [6] Hammerl, H.; Kloss, R.: Entwurf, Ausführung und Benützung von Bauwerken. In: Prausnitz, W.: Atlas und Lehrbuch der Hygiene, München 1909
- [7] Mecenseffy, E. von: Baustoffe und Baugefüge. In: Prausnitz, W.: Atlas und Lehrbuch der Hygiene. München, 1909
- [8] Triebel, W.: Geschichte der Bauforschung. Hannover: Vincentz Verlag, 1983
- [9] Siedler, E. J.: Die Lehre vom Neuen Bauen. Berlin: Bauwelt-Verlag im Ullsteinhaus, 1932
- [10] Kaufmann, F.: Außenputz für Massivwände. Richtlinien und Erläuterungen für die Ausführung. Wiesbaden: Bauverlag, 1950
- [11] 田中辰明、ドイツのエコ建築家ヴォルフガング・レーナート博士の講演「ブルーノ・タウト、青雲の志と現代」月刊建築仕上技術 2023年6月号
- [12] 田中辰明、ドイツのエコ建築家ヴォルフガング・レーナート博士と筆者の対談「ブルーノ・タウトの志とSDGs」月刊建築仕上技術 2023年8月号

#### 〈参考文献〉

- [1] Vitruv: Zehn Bücher über Architektur. Wiesbaden: Marxverlag, 2009
- [2] Stieglitz, Chr. L.: Encyklopädie der bürgerlichen Baukunst. Leipzig, 1792
- [3] Ahnert, R.; Krause, K. H.: Typische Baukonstruktionen von 1860 bis 1960 zur Beurteilung der vorhandenen Bausubstanz. Bd. 1: Gründungen. Wände, Decken, Dachtragwerke. 3., neu bearb. u. erw. Aufl. Wiesbaden: Bauverlag, 1991

#### 〈註〉

- 1) エレ、Elle ドイツで用いられた長さの単位。1エレは凡そ70cm
- 2) 世俗化: Säkularisation, 教会の財産を国有化したこと
- 3) ハーフ・ティンバー: ハーフティンバー様式(half timbering)は、北方ヨーロッパの木造建築の技法である。半木骨造とも呼ばれる。アルプス以北の北方ヨーロッパ(英、独、仏)の木造建築に多く見られる。特に15世紀から17世紀、英國の住宅に多用された。