

平成 12 年度

春季終了

修士学位論文

# 伝統的左官材料・工事の革新

Renovation of Traditional Plastering Materials and Technologies

平成 13 年 1 月 10 日

高知工科大学 大学院 工学研究科 基盤工学専攻 起業家コース

学籍番号：1035020

田中 克也

Katsuya Tanaka

# 目次

はじめに	4
1. 左官工事の現状	5
1.1 左官工事の歴史と特徴	5
1.2 日本壁の特徴	6
1.3 左官工事の前近代性と乾式工法の進出	7
2. 伝統的左官材料	8
2.1 左官工事の基本工程	8
2.2 基本素材の理解と使い方	9
2.3 左官材料	10
3. 漆喰？ 高知県の地場資源の有効活用？	17
3.1 漆喰原料	18
3.2 漆喰の機能と用途	28
3.3 漆喰の地域性について	29
4. 土佐漆喰？ 高知県の伝統的左官材？	30
4.1 土佐漆喰の特徴	32
4.2 土佐漆喰の製造方法	33

5. 環境問題の高まりと伝統的左官材の復権	34
5.1 健康住宅	34
5.2 化学物質による室内環境汚染と建築材料	36
5.3 無機質系建材の吸放湿性能と調湿材	41
5.4 伝統的左官材料の可能性とサステナビリティ	45
6. 新しい左官材料の開発	48
6.1 住環境問題と無機質系建材	48
6.2 生石灰クリームとは	49
6.3 生石灰クリーム性能評価項目と試験方法	50
6.4 試験結果と考察	56
6.5 生石灰クリームの市場性	58
終わりに? サステナブルな住環境を目指して?	63
参考文献	67

## はじめに

現代の左官工事は、左官技能者の現場での経験のみでその工程を進めていくことが大半であるため、設計者・管理者・施工者などの管理の外に置かれやすく、そのために施工現場での作業管理は困難を伴うことになる。そもそも左官工事は、管理者より要求されるものが明確でなく、また工事システムや左官工法自体が体系化されているとも言い難い点があり、そのことが殊更に左官工事を難解なものとしている。左官工事分野のかかえる問題点は、複雑でかつ数多くあるが、大きく見れば次の2点に分けられる。

### (1) 左官業界そのものが抱えている問題点

- 左官業界の閉鎖体質
- 下請けに特化した受注体制
- 職人の高齢化と後継問題
- 技能者の経験不足

### (2) 湿式材料工法であるための問題点

- 湿式材料
- 湿式工法
- 設計／工事管理手法
- 工期
- 価格
- クレーム処理

左官業全般が内包する問題点は単純な要因から成り立つものではなく、その解決手法を明確に指し示すことは非常に困難である。しかし、このような現状を放置しそのままにしておけば、近い将来我が国の伝統的な建築文化が廃れてしまうことにもなりかねない。特に左官材料製造メーカーに身を置く立場の者としては、(2) で取り上げた”湿式材料工法であるための問題点”を提起し、従来の材料自体を検証するとともに、そのマイナス点を克服するだけでなく時代の要請に応じた新しい左官材料の方向性と可能性を模索することで、この問題を解決するための一方法を見出すことができるものと考えられる。

# 1. 左官工事の現状

## 1.1 左官工事の歴史と特徴

左官工事とは、地球上でもっとも入手しやすい素材である土を建築材料として利用した工法である。それゆえ左官工事の歴史は人類の文明生活とともに始まったとされており、土器や煉瓦が使用された建築工事以前に行われていたものと考えられる。

その左官工事が現在まで脈々と継続されてきたのはそれだけの大きい理由がある。建築材料として本来備えていなければならない性質、耐火性・断熱性・遮音性などをもともと備えている上に、現在ブームとなっている「健康住宅」に必須とされている室内湿度の自動調節機能まで有している。この性能はいわゆる新建材と呼ばれる工業製品ではほとんど期待できない類のものである。しかし左官工事はそれ以外に、施工面でも他の建築工事とは一線を画す性能、すなわち展伸性と可塑性を有している。展伸性とは、理論上どんなに広大な面積でも継ぎ目無しに壁面を仕上げることのできる性質であり、可塑性とは、どんなに複雑な形にでも自由に造型することができるという性質である [1]。

左官工事はそもそも土壁が主体で、石灰はほとんど上塗りのみに用いられてきた。また、上塗り材料としての石膏については、適当な原石が国内に産出しなかったため明治以降輸入製品として初めて使用され、これが一般化するの第二次世界大戦後 化学石膏が開発されてからのことであった。土壁工事が主体となってきた大きい理由は以下のごとくである。我が国のもともとの建築工法は木造架構式で、壁は土蔵や城郭など一部の例外を除いて真壁であり、構造的な力はすべて柱や梁などの本体の骨組みが負担する仕組みとなっている。したがって壁は耐力壁として扱われることなく、ここに力学的な強度を期待する必要は全くなかったのである [2]。日本の壁が細い竹などを格子状に編み（小舞い下地）、その両面から土を塗り挟み重ねたもので十分であったのはこの理由からである。そういった強度に劣る材料を使用しても、ある程度以上の塗り厚を保持しさえすれば、左官工事のもつ性能を発揮することは可能であるし、また

強度を考慮に入れる必要がないということでその分だけ材料選択の幅が広まり、必然的に自由に仕上げるのが可能となったのである。

一方で石造り・煉瓦造りといったいわゆる組積式工法では、原則として壁自体が力を負担する耐力壁構造とならざるをえず、当然その積み上げには強力なバインダ機能を有するモルタルを必要とする。また、耐力壁を保護する外壁としての左官材料も強度や耐力性能に優れるモルタル的なものの方が有利となる。であるため、自ずから石灰などの使用に習熟することになり、その延長線上に現在のセメントモルタルが存在するのである [3]。

日本の壁の仕上げ（上塗り）は土物（つちもの）聚落・大津壁・漆喰などであり、そしてそのテクスチャーや色相、手触りの相違までを考慮に入れば千差万別であるが、しかし下地から荒壁（下塗り）・中塗りまでの工程は、工事の材料自体が違っていてもほぼ一定している。

## 1.2 日本壁の特徴

壁の主体となるものはセメント（固結材）や骨材であり、現にセメントモルタルはごく最近までこの二材のみによって構成されてきた。ところがそれだけでは壁を支障なく完成させることが困難な場合が多い。たとえば、固結材の中で固化時に収縮しないのは石膏だけで、他は程度の差こそあれ収縮を起こしてひび割れを発生させる危険を常にはらんでいる。また石膏もこれを単体で使った場合、固化が早すぎたり（半水石膏の場合）、逆に遅すぎたり（無水石膏の場合）して、施工が困難である。そのような仕上げ後に生ずる欠陥や施工上の難点をあらかじめ防止ないし調整する目的で加えられるものが補助材であり、すさや糊はこの補助材として使用されている。すさはひび割れの抑制、糊は施工性の向上を主目的とし、併せて接着性を増すために使用される。ところがすさといひ糊といひすべて有機質の材料で、これを無機質の材料に混入して強度や耐久性に好影響を与えることは難しい。セメントモルタルの仕様書において永年それら有機質の材料を混入することが厳しく禁じられてきた理由はここにある。しかし、観点を変えて、壁を故障なく能率的にしかも美しく仕上げようと

すれば、つまり強度や耐久性を期待することが無ければ、この種の材料の持つポテンシャルを利用することは必須であり、そして壁を非耐力壁として捉えた場合には、つまり強度や耐久性を第一に考えなくてもいい場合には、逆に当然この観点が重視されることになる。

### 1.3 左官工事の前近代性と乾式工法の進出

左官工事は工事現場において湿式工法によって施工されるのが原則である。左官工事最大の特徴は前述したように展伸性と可塑性であり、この長所を安易に変えることは左官工事の存在意義そのものを揺るがせる。ところが湿式工法は水を媒介とするので、その乾燥に時間がかかり、特に左官工事では下塗りから仕上げまで何層にも塗り重ねなければならず、その層ごとに乾燥を必要とする。しかも高級工事になればなるほど塗り重ね回数が多くなり、それだけ工期を長く要することになる。

また左官材は土・藁・海藻など、天然産かまたはそれに近いものを使用することが多く、しかもそれらを工事現場で独自に調合しているのが現状である。そういうわけであるので、もし現場に経験豊富で技量的にも優秀な左官技能者が配置されれば、大量生産の工業製品など足許にも及ばないような芸術的建築作品を期待することができるであろう。しかしそうでなければ、仮に同じ素材を使ったとしても、粗悪な仕上がりになる可能性も出てくるのである。要するに材料に信頼しうる規格がなく、調合や塗り付けに適切なマニュアルがあるわけでもないから、出来映えは専らそれを扱う左官職人の技量・腕前によって左右されることになる。程度の差こそあれ、セメントモルタル塗りやドロマイトプラスター塗りまたは石膏プラスター塗りなど、工業規格を持つ固結材を用いる左官工事でも同様の性格を色濃く残している。

近代工業の特徴の一つは、品質にばらつきのない製品を能率的にそれも大量に製造するところにあるとされている。これは建築工事に限ったことではない。しかし左官工事、なかでも日本壁の工事においてはそのような性格がほとんど欠落しており、工業製品というより寧ろ芸術作品と呼ぶ方がふさわしいものも

中にはある。スピードと画一的な仕上がりとを身上とする現在の工業・建築生産において、特に工事管理の面から左官工事が敬遠されはじめたのも無理はないと思われる。こういった理由による工事需要の減少は必然的に技能者の減少を招き、仮にいま大量の需要が起こったとしても、それに直ちに反応できず、そのことがさらに需要を減少させるという悪循環に陥っているのが現状なのである。

片やその湿式工法のウィークポイントを克服して進出してきた建築工法が、いわゆる乾式工法である。乾式工法は湿式工法の特徴である展伸性や可塑性をまったく持たないが、その代わりに近代工業製品としての性能、すなわちスピードと画一的でばらつきのない仕上がりなどをほとんど具備している。いわば長所・短所ともに湿式工法の逆の特徴を持っているのである。この種の材料は昭和/戦前から一部使用されていたが、本格化したのは第二次世界大戦後の高度経済成長期からである。性能面では多少の不満を残しつつも、建築の大量需要が続く間はこの傾向に歯止めがかからず、当時より建築需要が減少した現在においてもなお、乾式工法が主要工法として採用されることが殆どである。従来考え方のままでは、左官工事（湿式工法）のシェアは今後とも減少することはあっても増加するとは期待できないであろう。

## 2. 伝統的左官材料

### 2.1 左官工事の基本工程

塗り壁仕上げの魅力は、材料の組み合わせや仕上げ方法を変えることにより様々な表現が生まれてくるところにある。同じ色の土壁でも、撫でる、押さえる、磨く、荒らす、などと仕上げ方法を変えることで全く違った表情の壁が出来上がる。これらの多彩な仕上げ面を支えているのが、下地調整、下塗り、中塗りの工程である。しかしこれらは工事が進むごとに塗り重ねられて見えなくなってしまふ。左官工事の特徴の一つであるとはいえ、この点を理解することはなかなか困難であると言えよう。そのため中塗り工程までの仕事は、ほとん

ど現場の職人まかせとなり、住み手はもちろん設計者や施工者までもが、下塗り・中塗りの重要な意味を理解しないままに最後の仕上げ塗りのみ興味を示す傾向がある。しかし、そうした人目に触れない工事の土台・基礎の部分が仕上がりに大きな影響を及ぼしてくるのである。

左官仕上げは、そのノウハウが長い経験の積み重ねによって整理されてきたものであり、下地の変化による故障を防止するための新しい材料も開発されてきてはいるが、問題点はこれだけではなく他にもある。実際は避けられたはずの故障が発生する原因は、材料・下地・工事環境・構造など様々なところにあるが、元請け建設業者による工期短縮の強要、本来ならかけるべきであるとされる工期の縮小、設計者や施主の無理解による不適切な時期に強行される工事、職人自身の不勉強や施工技術の不足など、左官工事を取り巻く環境そのものにも解決すべき課題が多いのも確かではある。

ただ、やはり左官工事で仕上げを表現しようとする者は、満足な施工を行うにはどのような方法が最も適しているか、そのためにはどんな工夫があるのかを絶えず考えて、上塗りの下で見えなくなってしまう部分のことや材料間の組み合わせを確認していくことがどうしても必要である。

この章では、塗り壁（湿式工法）の新しい表現の可能性を追求するために、現在の左官工事の材料や表現の組み合わせについて詳述したい。

## 2.2 基本素材の理解と使い方

左官工事による日本壁の上塗り仕上げは、土もの、石灰、砂、すさ、糊などの基本素材の組み合わせによってつくられてきた。現在では、現場で水を加えて練ればすぐに塗れる袋詰め既調合左官材料が漆喰や珪藻土でも主流になっている。左官工事においては、仕上がりや強度や作業性をよりよくするため、材料の調合を現場で変更することが多い。土壁を塗る場合、同じような色の土でも産出地により粘土分が多く粘りのあるものも、砂分が多くさらさらしたものなど多種多様である。壁の主となる材料の特性に合わせて、すさや糊や砂と

いった補助材を混入し、その工事に最適な材料を工事現場ごとにつくり、壁を塗るわけである。また、施工を行う季節やその日の天候によって水分の蒸発具合（水引き）加減が違ってくるので、その都度都度 施工条件を考慮しながら対応をすることが左官職人に求められてくる。漆喰にしても聚落土にしてもプレミックス材料は工期の短縮など、時代の要求に応じてつくられており、設計者も職人も理解して使用すればそれ自体に問題はないのである。問題となるのは、左官材料が既調合品しかないとなれば設計者が考えるようになることであり、さらに既調合品対応の薄塗りの簡便な技術しか知らない左官職人が増えることである。塗り壁の仕事は、使用する原材料の特性がそのまま表現に活かされる仕事であり、材料そのもののことを詳しく理解することなくしては新しい発想が生まれることなど望むべくもない。そして、その新たな発想をもとに左官工事を自由に展開していくことが考えられなくなれば、左官工法はやがて衰退の一途を辿ることになる。

## 2.3 左官材料

### (1) 左官下地

左官工事では下地が非常に重要であり、これが工事の出来映えを大きく左右するばかりではなく、下地不良が原因で、ひび割れ・剥離などの故障が起こることも多い。以下に日本壁の下地の種類と特徴を示す [4]。

#### 〈1〉 竹小舞下地

小舞下地は我が国古来から用いられてきた下地で、土壁に適しているといえる。材料は特殊な場合を除いて、その地域で産出する天然の割り竹・小枝などを格子状に編み、骨組みするのが一般的である。したがって全国を通じた画一的な工法はなく、施工方法も各地方によってそれぞれ異なっている。

小舞下地は、間渡し竹と小舞竹を建設現場で縄を用いてしっかりと掻き付けたものである。柱・梁・土台等の構造材とは力学的に繋がっていないので、四周を取り巻く構造材に変形があっても、壁自体に力は

伝わらない優れた構造になっている。最近では小舞土壁下地の無公害性、調湿機能などが注目されており復活傾向にある。

#### 〈2〉 木摺り下地

木摺り下地は、幅 36 ミリメートル、厚さ 7.5 ミリメートル、長さ 1.8 メートルの杉板を 7? 9 ミリメートルの目透かしにして構造材に張り付けたものである。下地の構成は、間柱または野縁の間隔を 45 センチメートル以内に配置し、その上に木摺り板を 5? 7 枚ごとに継ぎ、下地に釘止めする。板材には杉や蝦夷松などがあるが、いずれも暴れの少ない柂目で乾燥材であることが条件となる。木摺りという下地は明治期の洋風建築以来のもので「木摺り漆喰」という使用が一般的である。但し構造材の外面より釘でしっかり止められているため、構造材の応力をそのまま壁に伝えて表面に亀裂を起こし易いという欠点がある。また木摺り板そのものの暴れによる壁の故障もあり、塗り層の施工過程で割れ止めや剥離止め処理が必要である。

#### 〈3〉 金網下地

金網下地は、主としてスチール系金網を下地とするもので鉄骨造や木造建築の外壁、軒裏などのセメントモルタル塗りの下地に用いられている、鉄線を編んだワイヤラス、鉄板に切れ目を入れて引き延ばしたメタルラス、亜鉛メッキ波型鉄板にメタルラスを溶接したラスシートなどがある。

#### 〈4〉 石膏ラスボード下地

石膏ラスボードは、ボード用紙の間に石膏をサンドイッチし、それに剥離防止の孔をあけたものである。屋内塗り壁下地として最も一般的なもので軽量で取り付けが用意という長所がある。部分的に脆いところもあるが、そのために構造材の力を壁面に伝えることが少ないと考えられている。

### (2) 土物

土壁は我が国在来の工法で、左官職の経験の積み重ねによって現在の水準に達したものであり、材料はほとんどが天然産あるいはこれに近いものである。土自体は重くて運搬輸送に適した材料ではないので、壁に使われる土は自然と地場でとれたものが多く使用されてきた。日本全国どこでも地元の田畑や山から掘り出した粘土で荒壁をつくり中塗りを仕上げた。その地域で入手しやすいものを用いる関係もあって、荒壁や中塗り土仕上げはローカル色に富み、それらは種類や調合・工程の変化によって更に細分化される。ただ、上塗り用としてそのまま仕上げに使用できる美しい色土となると、いまだに「土は京土」といわれているように関西方面で採れる土が重用された。地質学的に見ても赤や黄色の土の地層の分布は東海道・山陽新幹線沿線の静岡から西の地域に多く分布している。色土が産出しない地域、例えば関東などで土もの壁を塗る場合、関西でとれた土を袋詰めにしたものを取り寄せるしか方法がなかった [5]。

土壁工法は関西圏において広く浸透し、土物砂壁や磨き大津壁は古来文化の中心として栄えた畿内で顕著な発展を遂げ、現在でもこの地方がその主の土壁工法の指導的地位を保っている。一方で、畿内のような良質の色土に恵まれない関東や四国地方では、石灰石が豊富に産出することから他の地方よりも高度な漆喰工法が行われてきた。しかしそれはあくまで仕上げ（上塗り）の種別であり、下塗り（荒壁など）から中塗りまでの材料はほぼ一定し、また施工方法も工事の程度によって異なるだけで、ほぼ共通している。土壁の下地としては小舞が最適であるが、工期・施工材料の枯渇からの制約で、近年は一部の地域を除いて使用されることが激減している。最近ではボード下地に粉土を使用するといった工法も取り入れられはじめている。

### (3) 漆喰塗

漆喰は消石灰に糊とすさを練り合わせてつくる日本の伝統的な塗り壁仕上げ材料である。安土・桃山時代に多くの城郭建築が進められたのを機会に、漆喰建築が多く施工されるようになった。下塗り・中塗りに塗る場

合は砂を入れて使い、色粉を加えて色漆喰にすることもある。建物全体を白く塗り込めた城や土蔵は漆喰作りの典型であるが、住宅の外壁や室内に、また瓦を固める屋根に漆喰が使われることも多い [6]。

漆喰には様々な種類のものがあり、鼠漆喰・卵漆喰・黒漆喰・木摺り漆喰・鹿の子漆喰・ちり漆喰・屋根漆喰・型抜き漆喰・南蛮漆喰・土佐漆喰・沖縄漆喰の「ムチ」・漆喰彫刻・鍍絵などがよく知られているもので、他にも様々なバリエーションが地域によって存在する。漆喰に関しては章をあらためて詳述する。

#### (4) セメントモルタル塗

近代現在の左官工事においてもっとも一般的に普及した工法である。材料はポルトランドセメントを使用し、各種の下地に施工可能で、建築における強度性能・防火性能・耐久性能などの諸機能の要求に十分に応えることのできる材料である。また、骨材の種類や粒度、混和剤の利用などによって多様な性質の変化を期待でき、表現力豊かな仕上げが可能となる。この近代的なポルトランドセメント (portland cement) は 1824 年のイギリスのアスペディン (Joseph Aspdin) によって発明され、それ以降都市構造物やインフラストラクチャーを構築しているコンクリートの結合材料として、世界中で生産されており、社会資本の充実・工業の発展を支えてきた非常に重要な基盤材料である。

セメントはほとんどの場合、砂利・砂・水を一定の割合で混合して、コンクリートとして使用されるが、砂利を使わないで砂だけを用いたものがセメントモルタルである。この場合の砂・砂利の基本的な役割は下記の 2 点である [7]。

- 1) 増量材として高価なセメントの使用量を減少させる経済的メリット
- 2) セメントと水の反応物であるセメントペーストの乾燥収縮を内部から拘束して収縮量を小さくし、ひび割れを小さくするという施工上のメ

## リット

砂利と砂の使用の差について述べると、どちらも増量材であるが、それに含まれる粒子の最大寸法が5mmより大きいか小さいかの点はその違いとなる。最大寸法が5mmより大きい増量材を使用するコンクリートは、粒子とセメントペーストとの接着性が得られにくく、モルタルと比較して強度を得にくい、多くの増量材を混入し易くなるというメリットがある。そしてその分だけ経済的で収縮が小さくなる。そういうわけで、構造体に用いられるのはコンクリートであり、仕上げに使うのはモルタルということになる。モルタルはコンクリートより高価であるが防水性が大きく、仕上げには適している。

セメントモルタル塗り工法は、品質の安定したポルトランドセメントを主材料として、もっとも普及した塗り仕上げ工法の一つであり、その一般的特徴としては以下の点があげられる。

### 長所

- 〈1〉 強度・耐水性・防火性に優れる
- 〈2〉 普及度・品質の安定性・経済性に優れる
- 〈3〉 混和剤・骨材を工夫することによって多様な性質の塗り仕上げが可能
- 〈4〉 鉄との複合に最適で、金物との組合せで多様な構法形態の展開が可能
- 〈5〉 防水性が大きく、躯体を各種の劣化外力より保護

### 短所

- 〈1〉 乾燥収縮性があり、ひび割れを起こし易い
- 〈2〉 比重が大きく、剥落時の危険性大
- 〈3〉 水硬性・常時含水性のため硬化時の乾燥による強度低下
- 〈3〉 作業性に劣るため混和材の混入が必要

## (5) 石膏プaster

石膏プラスターはヨーロッパにおいては古くから使用されていたが、日本では天然石膏が産出されないことや伝統的に漆喰工法が存在しているために普及しなかった。戦後 GHQ の指導のもとで導入され、昭和 20 年代後半に本格的に普及しはじめた。

石膏は、基本的には硫酸カルシウムで弱酸性であり、結水・鉱物形態によって多くの種類に分類できる。石膏は欧州・エジプトなどで古くから建設用の結合材料（広義のセメント）として使用されてきており、古代エジプトのピラミッド建設にも使用され、ヨーロッパでは永年にわたって左官材料として広く普及し、石膏を用いた各種の左官技法が発達してきている。なお、建築に用いられるのは  $\alpha$  型および  $\beta$  型半水石膏であり、主用途は石膏ボード・石膏プラスターである [8]。

石膏の特徴としては、電解質であり、水に溶ける性質があることがあげられる。この性質によって石膏の使用は、内装に限られることになる。石膏プラスターの化学反応は一種の水和反応でありセメントの硬化と同様のもので、消石灰やドロマイトプラスターが施工後初期において乾燥によって硬化する（気硬性）のと基本的に異なる。またこの反応はセメントが時間単位で硬化するのに対し、分単位で測定されるほどであり、硬化が早いことがその基本的性質の一つとなっている。これは工場で石膏ボードを生産するには好都合であるが、左官材料としては硬化を少し遅らせる工夫が施工現場において必要となる。石膏プラスターの性質としては、硬化・乾燥時の寸法安定性と優れた耐火性があげられる。

## (6) ドロマイトプラスター

ドロマイト ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ) は白雲石とも呼ばれ、炭酸カルシウム ( $\text{CaCO}_3$ ) と炭酸マグネシウム ( $\text{MgCO}_3$ ) の複塩で、性状的には石灰石とマグネサイトの間にあたり、製法は消石灰の場合と同様である [9]。

ドロマイトプラスターは、消石灰がカルシウムの水酸化物であるのに対して、カルシウムとマグネシウムの水酸化物の複合体であり、アルカリ性

で、塗り付け後に空気中の炭酸ガスを吸収・反応して硬化する点で消石灰と良く似ている。しかしドロマイトプラスターはその粒子構成の細粒分・粗粒分がバランスよく分布している点で消石灰と異なり、その結果消石灰よりも保水性・作業性に優れているとされる。それゆえに消石灰は鏝による作業性を改善するため合成樹脂などを混入して施工されることもあるが、ドロマイトプラスターの場合はその素材のみで十分な施工性を発揮できる。さらに、ドロマイトプラスターは適度な初期粘性があるために漆喰などのように糊材料を混入しなくても鏝伸びがよく作業性に優れている。戦後は大建造物の内壁に使用されることが多くなった。また、ドロマイトプラスターの利点として、硬化前の保水性の良さがあげられ、下地の吸水などによるドライアウトを減少させ、塗り層の下地に対する接着強度を向上させる点があげられる。

以上が伝統的な左官素材をまとめたものであるが、もともとこれらの湿式材料を使用した左官工法は、地域で産出する身近な材料が使えて、温度・湿度の調整ができる、日本の風土に合った優れた建築工法であった。しかし土壁などの湿式壁はどうしても工期が長くかかり、例えば、竹と縄で下地小舞を組んだ後、材料を調合し、下塗り、中塗り、上塗り塗装を重ねる毎に塗布と乾燥の工程を繰り返すことを必要とする非常に手間ひまのかかる工法であることが、土壁工法が廃れていった最も大きな原因である。

戦後は工期短縮の流れに沿って土に砂や糊、合成樹脂を入れた既調合の材料が普及し、調合の手間が省かれ、上塗りも薄く塗ることができるようになり、さらに下地は石膏ボード・メタルラスが主流になって施工期間は大幅に短縮された。しかし内装材としては塗壁に代わって壁紙が一般的になり、その後ビニルクロスが主流となって、高度な技術が求められることはなくなり、均一に大量の仕事がこなせる建築材料に移行してきているのが現状である。

### 3. 漆喰？ 高知県の地場資源の有効活用？

日本の伝統的な建物、城郭や神社仏閣そして古い民家や土蔵などの白く塗られた壁が漆喰である。従来石灰系の左官材として広く用いられてきたものであり、家屋の内外壁塗布用として消石灰を水で練ったもののことをいう。漆喰塗りは小舞い下地に土壁で中塗りまで塗った上に、漆喰仕上げとして塗られたものであり、土壁が砂混じり粘土を主材料にして塗るように、漆喰では石灰を主材料として塗る。漆喰は建屋の漆喰壁（白亜壁ともいう）、なまこ壁、ないしは装飾用の鍔絵を作成するための左官材料として日本各地で広く一般的に用いられてきており、またレンガの積み重ねや屋根瓦の接着用として強風時の瓦飛散防止などにも広く使用され、さらには土間・庭・簡易舗装・石積みの目地などの土木用にも一部使用されてきた。西洋でも石灰を用いた塗り壁は石灰モルタルとして使用されるが、日本の漆喰はやや趣の異なるもので日本独特の左官技術となっている。

漆喰の原料となる石灰石（limestone）は炭酸カルシウム（ $\text{CaCO}_3$ ）を主成分とする岩石で石灰岩ともよばれる。石灰石はその用途が非常に広く、大量に消費されているにもかかわらず建築物の内装材料として大理石が使われている以外には、一般の人々の目に触れる機会の少ない目立たない鉱物である。日本における石灰石は北は北海道から南は沖縄まで広く分布し、採掘鉱山も大小約 300 を数え年間の生産量も 2 億トンに達し、セメント・鉄鋼・石灰など素材産業の原料として利用される他、建設資材（骨材・ガラス・フィラー・寒水石など）、公害防止剤（排煙脱硫・水処理）、農業畜産資材（肥料・飼料・土壌改良・製糖など）などに使用されている。さらに重質炭酸カルシウム（重炭）は、製紙・ゴム・プラスチックなどの充填剤や食品・医薬品・塗料などにも使用され、その用途は広い [10]。

漆喰の調整方法は、セメントモルタルの調整と同様の、いわゆる左官工法がとられており、一般的に工事現場において混合・混練りし、鍔を用いて塗布するという手作業の方法がとられてきている。また漆喰の主原料である消石灰は鉱山より採掘した石灰石原石を約  $1,000^{\circ}\text{C}$  にて焼成し生石灰とし、さらに消化（水和反応）させることで得られるため、漆喰は普通ポルトランドセメントに比べて約  $400^{\circ}\text{C}$  も低い温度で生産できる。そのために燃料消費量はセメントの半分以下であり、比較的省資源・省エネルギー型の接着硬化材でもあるといえる。

しかし、漆喰は空気中においてのみ硬化し（気硬性）、水辺ないしは雨中など硬化前に大量の水と接すると硬化せずに自らは崩壊してしまう空気中硬化型であり、施工の迅速性に乏しいという大きな問題がある。さらに漆喰の強度は、空气中で硬化してもなお、28日経過後の圧縮強度は約8kgf/cm<sup>2</sup>という非常に小さい値であり、この値は同じ条件で調整したセメントコンクリートの数十分の一という強度にすぎない [11]。そういうわけで、強度を上げるためには必然的に補助材を用いたり、漆喰塗り自体の厚塗りを指向せざるを得ず、材料そのものの量的な不経済性も問題視されている。なにより、施工に熟練した左官工を必要とする点や、長い工期を要する点、また上述のごとく施工に関し材料の扱いが非常にデリケートな点などが、従来の左官工事の大きな問題点として指摘されている。

## 3.1 漆喰原料

### 3.1.1 石灰

#### (1) 左官用石灰の種類

漆喰に用いる石灰は、消石灰すなわち水酸化カルシウムである。これは石灰石を原料としてつくられる、いわゆる左官用消石灰の他に、原料として牡蠣殻・蛤・アサリ・赤貝・帆立貝等の貝殻を焼いてつくる「貝灰」や珊瑚を焼いてつくる「熊野灰」がある。

石灰については、我が国には全国的に良質の石灰岩が分布しており、各地で石灰の生産が行われているが、左官用消石灰の供給地は限られている。具体的には、栃木県葛生地区で生産される「野州灰」と呼ばれるものが北海道・東北・関東方面に供給され、岐阜県赤坂地区で生産される「美濃灰」が北陸・中部・近畿地方に、そして九州では福岡県の「筑前灰」、大分県の「津久見灰」場度が使用されている。なお高知の石灰（「土佐灰」）は慶長年間創業という古い歴史を有し、西日本において豊後や美濃と並び我が国有数の産地を形成している。特に高知県で産出される石灰石は火山活動

の影響を受けることが少なく、非晶質・緻密で、不純物が僅少であり品質的に世界のトップクラスと言われている。現在においても高知県の石灰石産出量は全国生産量の約1割を占め四国地方の80%以上に及んでいる[12]。原石は酸化カルシウム 54? 55%、良質で不純物が少なく、特に他の産出地のそれと比べて白色度が高いのが特徴である。その高知県における石灰産業の中心は南国市稲生（いなぶ）地区で、良質鉱床と下田川の水運に恵まれ、更に塩焼き製法に見られるような高度な焼成技術による石灰は、近世末期頃までに年産 70 万俵にも達した。上方へ出荷された通称「登灰」は大阪市場で美濃灰や近江灰を圧倒し、上質の白壁用建材や肥料灰として重宝されたという。後にこの製造技術は伊予へ継承され、四国地方の石灰製造の主流をなしてくる [13]。

この生石灰に水を注ぐか、または空気中に放置して自然に気中の湿気と反応させる操作が行われることにより、酸化カルシウムが水酸化カルシウムになる。これがいわゆる「消化」といわれるものである。この消化の過程で大量の熱が発生し、高温になりやすいが、左官用消石灰としてはできるだけ温度上昇を抑えた方が品質がよい。したがって上述の、空気中に放置したまま乾式で行われる伝統的な野積み消化法は高品質を得ることができるものの、消化期間に一年くらいかかるので現在ではなかなか行うことができない。

このようにしてつくられた消石灰に補助材を加え、練って壁に塗り付け、再び空気中の炭酸ガスとの反応で炭酸化が進むことにより、消石灰がもとの石灰岩の成分の炭酸カルシウムに戻ることになるが、この過程で硬化が始まるのである。つまり石灰岩や貝灰という固形物を、壁塗り材として使用するためにその原料から炭酸ガスを抜いて可塑化させ、薄い膜状に形を変えさせた上で、再び炭酸ガスを結合させてもとの原料と同質のものに戻し、新しい形を固定させるという作業をしているのである。焼成→消化→炭酸化というのはこのような石灰化合物の物質変化に伴って材料に形を変えさせるためのプロセスと考えられる。またこのプロセスにおける処理の方法や設備の差異による消石灰の品質の幅は相当なもので、製造された漆喰に多大な影響を与える。

十分消化された消石灰は、篩を通して未消化の粗粒を除いて出荷するか、さらに産地によってはこれをボールミルのような微粉碎機にかけて、出荷するところもある。未消化の粗粒が残っていると、漆喰として塗った後で、塗り層中で徐々に消化が進行し、いわゆるフケとか噴裂と呼ばれる故障（塗り壁面に消化した消石灰の粉末が吹き出す症状）が発生する。なお、消石灰の粉末度は様々であるが、たとえばセメントなどと比較するとはるかに消石灰のそれが粉末度が高い。粉末度が高いということは可塑性に富むということになるわけであるが、その反面、糊の混和について不経済の起こる可能性がある。すなわち石灰に糊を加えると、はじめに糊の分子の一部が石灰粒子の表面に層をなして吸着される。吸着された分の糊は糊としての機能を発揮せず、従って粉末度が高くなるにつれ、石灰粒子の全表面積は増すから、加えた糊の中で有効な部分の割合が減ることになる。

## (2) 石灰石の焼成

石灰石（炭酸カルシウム〈 $\text{CaCO}_3$ 〉が主成分）は、約 425kcal/kg (1,779kJ/kg) の吸熱反応によって分解し、生石灰（酸化カルシウム〈 $\text{CaO}$ 〉が主成分）と炭酸ガス〈 $\text{CO}_2$ 〉が生成する。石灰の焼成は、工業炉（石灰焼成炉）で石灰石の加熱条件を適切に保持して、目標とする焼成度の生石灰を生産することにある。

石灰石の熱分解過程は、低温域では結晶の骨格が保持されたままで二酸化炭素の放散が行われるため、比表面積が大でかさ密度が小さく活性に富み、逆に高温域に達したものは  $\text{CaO}$  の結晶の成長と収縮が進み、比表面積が減少し、かさ密度が大となり活性が低下する。

なお、前述のように日本で古くから行われている“塩焼き”と称する焼成方法があるが、これは 1? 3 kg/t-原石の塩（岩塩・食塩）を混合して焼成中の生石灰の収縮を防止する方法であり、還元雰囲気中で生石灰の不純分、特に酸化鉄を塩化鉄として揮発させることで生石灰の結晶そのものは粗大化するが、空隙率の高い生石灰粒が焼成されることが実証されている。



写真 3.1 田中石灰工業（株）土中窯

高知県においては、土佐独自の徳利型土中窯（図 3.1 参照）に小塊状の石灰石と石炭（無煙炭）を交互に投入し、これに工業塩を散布し、自然通風条件下でゆっくりと焼成する、いわゆる“塩焼き工法”（写真 3.1）が存在する。石灰石は徳利窯によって 900? 1,200 度の温度で焼成されるが、左官用としてはできるだけ低い温度で焼成されるのが望ましい。焼成の結果、原料の炭酸カルシウムが酸化カルシウムと炭酸ガスとに熱分解されて生石灰がつくられるが、低温で焼くことで原石の中のカルシウムのままの部分が残るくらいの焼き方が左官用途としては適しているとされる。

現在 国内にて主流の、重油を燃料として焼成する“重油焼き生石灰”と“塩焼き生石灰”の性状と物性特徴の差異を述べると、23 ページ写真（写真 3.2、写真 3.3 参照）にあるように、走査型電子顕微鏡で比較した場合、塩焼き生石灰の CaO 結晶は著しく発達し、10  $\mu\text{m}$  以上の粗大な球状結晶が発達し、その周辺に大きな空隙気孔が存在する。また全気孔率は 50% 以上の多孔組織体でかさ比重は小さい。それに比べて重油焼き生石灰は、1? 1.5  $\mu\text{m}$  程度の CaO 結晶を示し、1  $\mu\text{m}$  以下の気孔が存在し、かさ比重は特に大きく 2 g/? 程度を示す。

この結晶構造の差から、特に気孔の形態の違いがそのもっとも大きい要因であるが、生石灰の水和反応速度において、塩焼き生石灰の初期反応が誘導期間を経て徐々に反応が始まりその後の急激な反応と水和完結も速いのに対比、重油焼き生石灰は水中に投入直後、より激しく反応するが水和

完了までは時間を要する。

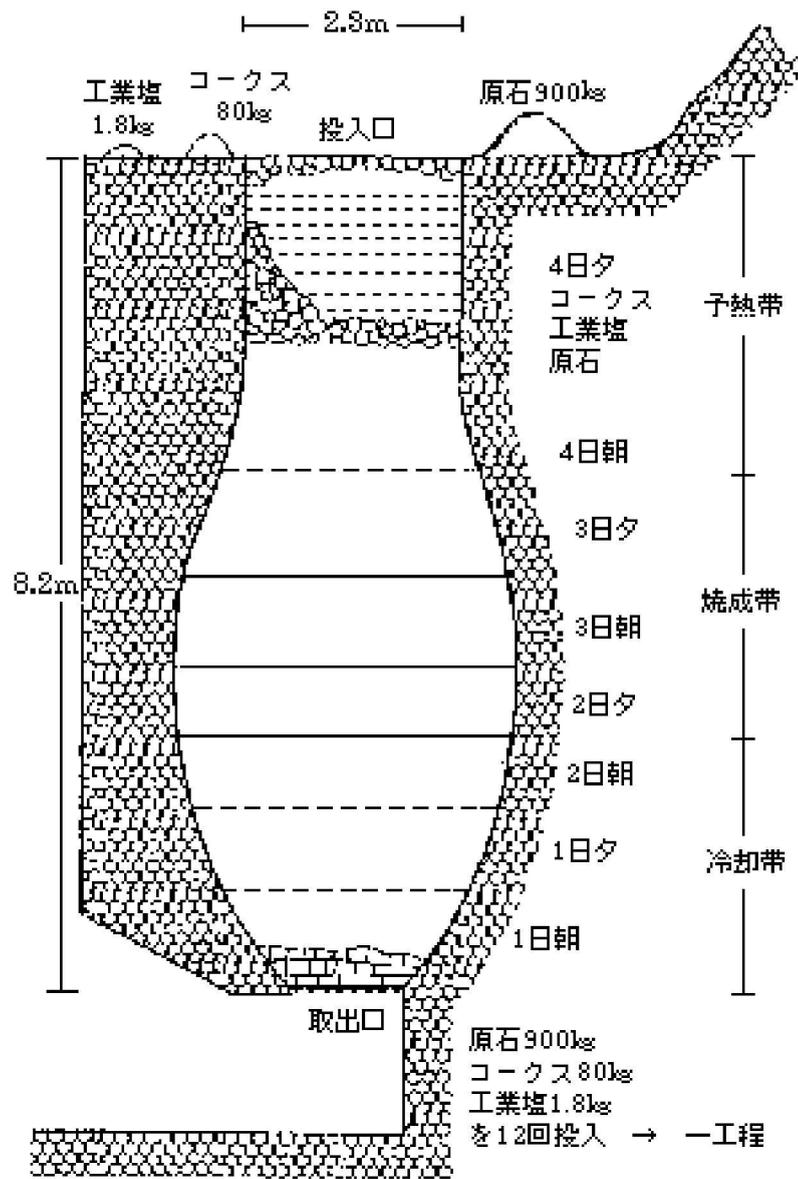


図 3.1 德利型土中窯断面図

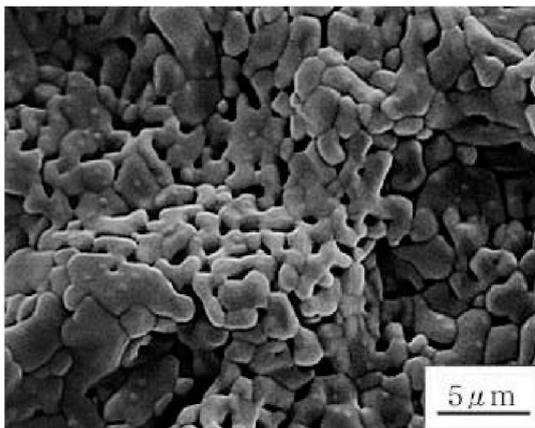


写真 3.2 重油焼生石灰 SEM 写真  
高知県工業技術センター撮影  
(田中石灰工業(株)提供)

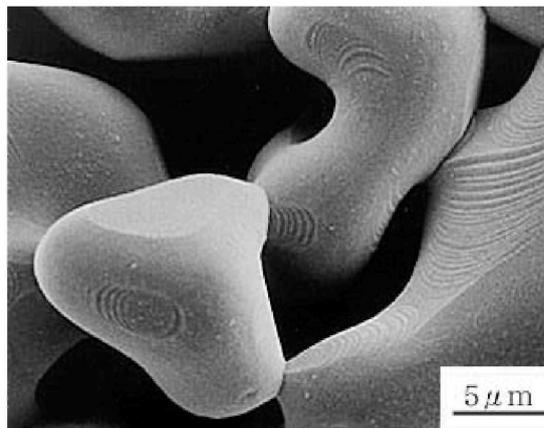
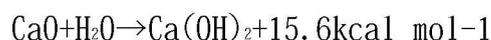


写真 3.3 塩焼生石灰 SEM 写真  
高知県工業技術センター撮影  
(田中石灰工業(株)提供)

### (3) 生石灰の水和・消化

消石灰は生石灰の水和 (hydration)・消化 (slaking) によって得られ、この結晶は主に生石灰の焼成条件と水和条件によって左右される。例えば、生石灰の物性は原料である石灰石の成因・成分などによっても影響されるが焼成温度による影響が著しく大きい。焼成温度が高くなればなるほど生石灰の粒形・密度は大きくなり、逆に比表面積・気孔率は低下する。生石灰は水と容易に反応・発熱して下式のように消石灰になる。



生石灰の水和は、比較的少量の水を添加して直接消石灰粉末を得る“乾式水和”と、多量の水によって消石灰スラリーとする“湿式水和”に大別される。低温焼成で得た生石灰を湿式水和して消石灰をえた場合には、消石灰の粒形は小さく、その分布幅もせまいが、生石灰の焼成温度が高くなるほど消石灰の粒形が大きくなるとともに、その分布幅も大きくなる。なお、生石灰 (16.49 ? mol<sup>-1</sup>) と水 (18 ? mol<sup>-1</sup>) の体積と水和後の消石灰 (33.22 ? mol<sup>-1</sup>) の体積を比較すると 5.2%減少することになるが、実際には、水和によって大きな気孔が形成され、見かけの体積は 7? 8 倍まで大きくなる [14]。

#### (4) 消石灰の炭酸化

消石灰の炭酸化”は石灰を建築素材として使えるようにする化学変化の過程のことである。水硬性でない（気硬性）としての最終凝固をさせるために必要な過程が“炭酸化”である。生石灰が消化されるとすぐに空気中の二酸化炭素と反応しはじめ、その結果 水和した石灰は本来の化学状態、すなわち炭酸カルシウムに戻る。炭酸化の過程は非常にゆっくりしたものであり、水和した石灰の量が多い場合は完全に炭酸化するまで何年もかかることになる。この炭酸カルシウムはとても安定した化合物であり、完全に炭酸化がなされた石灰モルタルや漆喰などは長期間、その質を変えることなく存続することが可能である。消石灰の炭酸化は沈降炭酸カルシウムの製造・石灰プラスターやコンクリートの中酸化及び CO<sub>2</sub> ガスの有効利用とも関連して大きな問題である。

消石灰の炭酸化反応は CO<sub>2</sub> ガス濃度・湿度などによって左右される。一般に CO<sub>2</sub> ガス濃度は室外で 0.02? 0.05%、室内で 0.1? 0.3%とされている [15]。室温における湿度中での炭酸化は、消石灰表面にまず炭酸カルシウム微結晶が析出するために、炭酸化には長時間が必要である。漆喰などの消石灰をベースとする湿式建材が、完成（硬化）までに時間を要する所以である。なお、漆喰の硬度の観点からは、炭酸化によって再び炭酸カルシウムになる過程で硬化をすることから、材料すべてが水酸化カルシウムであることが望ましいと考えられるが、すべてが水酸化カルシウムではアルカリ量が多くなり、アルカリの影響で練り混ぜた海藻糊の消耗が激しいので、むしろ一部は炭酸カルシウムのままがよいとされている。

#### (5) 消石灰の種類と製法

##### 〈1〉 工業用消石灰

工業用消石灰（重油焼消石灰）は、近代的な大型焼成炉において、強制通風環境下で、重油専焼フレームにて焼成した生石灰を原料に造られる [16]。重油焼消石灰は 1? 1.5 μm 程度の CaO 結晶を示し、1 μm 以

下の気孔が存在し、嵩比重は大きい。(写真 3.4 参照)

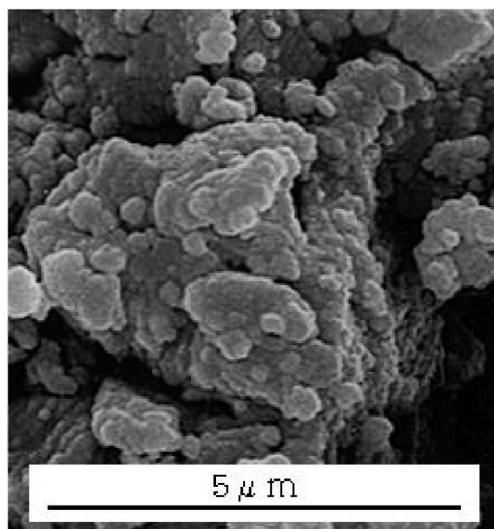


写真 3.4 重油焼消石灰 SEM 写真  
高知県工業技術センター撮影  
(田中石灰工業(株)提供)

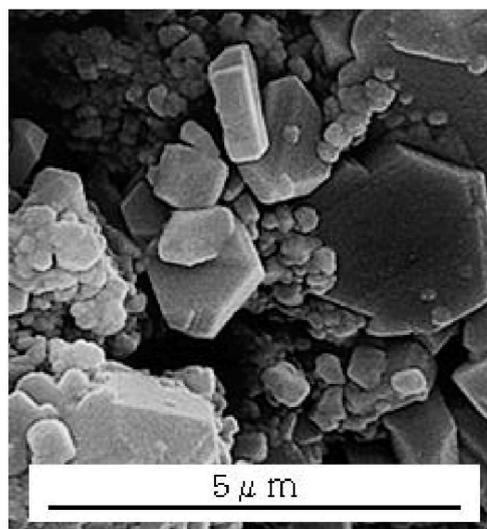


写真 3.5 塩焼消石灰 SEM 写真  
高知県工業技術センター撮影  
(田中石灰工業(株)提供)

## 〈2〉 塩焼き消石灰

左官用消石灰（塩焼消石灰）は、土佐独特の徳利型土中窯（22 ページ参照）に小塊状の石灰石と石炭（無煙炭）を交互に投入し、これに工業塩を撒布し、自然通風条件でゆっくりと焼成する [16]。塩焼生石灰の CaO 結晶は著しく発達し、10 μm 以上の粗大な球状結晶が連結し、その周辺に大きな空隙気孔が存在し、全気孔率 50% 程度の多孔組織体で嵩比重は小さい。(写真 3.5 参照)

### 3.1.2 牡蠣殻貝灰

石灰石ではなく、牡蠣殻や蛤などの貝殻を焼いてから消化して消石灰を得る方法があり、これを貝灰という。古くから漆喰塗には消石灰と貝灰を 5:5 あるいは 6:4 などの割合で配合し使用することがあったが、灰粉末の程度が粗粒のため貝灰の混入によって、塗壁の収縮亀裂が減少する効果があると言われている (写真 3.6 参照)。

貝灰は我が国においては歴史的にもっとも古い時代から製造された石灰であ

り、全国各地で焼かれたようである。現在の貝灰の産地は北海道では帆立貝を原料とした帆立灰の北見、他の千葉・神奈川・広島・長崎などである [18]。石灰石や貝を原料としてつくるこういった灰は、古くは地面を少しくぼませた場所で焼く、いわゆる“谷焼き”と呼ばれる焼き方であったが、明治中期頃からは“徳利窯”と呼ばれる、縦断面の形状が徳利のような形をした窯で焼かれている。左官用消石灰としてはこの徳利窯で焼かれたものが品質的にも適しているとされている。

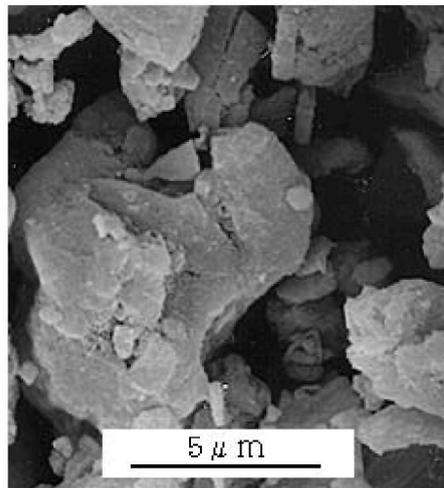


写真 3.6 貝灰 SEM 写真  
高知県工業技術センター撮影  
(田中石灰工業(株)提供)

### 3.1.3 すさ

「すさ」とは漆喰壁や土壁の亀裂を防ぐために用いる繊維質の材料である。かつては本麻の上等なものや漁網などからつくられたものもあったが、現在では主にマニラ麻やロープの古物からつくられるものが白毛すさと呼ばれ、下・中塗りに使用されている。上塗りに用いられるものとしては、ジュート麻の袋の古物を切断・洗浄して漂泊したさらしすさがある。純白に近いものとしては和紙の原料を使用する紙すさなどが用いられる。最近ではセメントの補強材料として炭素繊維や鋼繊維、またガラス繊維なども用いられている。

“すさ”は壁を構成する粒子の“つなぎ”の役目を果たすために混入される

ものであり、表現の手段として用いられることは多くなかった。一部の特別な例として、茶室の土壁に10センチメートル以上の長すさを使って荒壁風の仕上げが行われたり、稲穂が付いたままの稲藁を意匠的に埋め込んだ壁がある。なお、(藁)すさは表面に凹凸がみられ、天然繊維ということから均一な表面ではなく、漆喰の付着力に優れ、またすさの含水力により保水効果を期待できる。特に後述する土佐漆喰においては、腐食したすさがバインダの役目をも担わされている。

### 3.1.4 のり

漆喰に入れる糊については、膠・うるち米・こんにやく糊・布海苔などが使われてきた。これらの糊材は非常に高価であったため、奈良時代から室町時代末頃までは漆喰を塗ることが権力や富の象徴であった。これが桃山時代に入って城郭建築などの大規模の建築が盛んに行われるようになると、それまでの糊材に比較して安価な海藻糊の使用が始まり、それが契機となって大量の漆喰の需要に応じられるようになったことが知られている。しかし現在でも漆喰の材料の中でもっとも高価な部分を占めるのが糊である。海藻糊の上等なものとしては、角叉とぎんなん草がある。このうち角叉は東北の東海岸すなわち三陸地方が産地であり福島県・茨城県あたりのものがこれに次ぎ千葉・神奈・静岡三県の近海物は低級の物とされている。ぎんなん草は北海道日高海岸あたりが産地である。これらは所定量の水を入れた釜の中に所定量の海藻糊を入れ、糊の成分を煮出し、その煮かすを篩い取った後で、糊液として石灰を練るのに使われる。

以上の海藻糊は、天然品であるがために品質が一定しないといった問題もあるが、一方では鏝の滑りが軽いなど、海藻糊独特の作業性の良さがあって、上等な漆喰塗りとしてはやはりこの海藻糊を用いた漆喰が使われる。この他、天然の糊であって煮ずに使える糊がある。粉角叉と呼ばれるもので、海藻糊を乾燥し微粉碎したものである。最近では、化学合成品のポリビニールアルコールとかメチルセルロースなどが、化学糊と呼ばれて使用されている。これらは合成品であるため品質が一定しているし、石灰のアルカリ性に耐えられる等の利点

もあるが、一方作業性の点で海藻糊に劣る部分がある。ただしこれらも煮ないで使用できるので材料のから合わせの段階で石灰に混ぜることができるし、このことから既調合漆喰の糊材としては適している。

左官材料に糊を入れて塗るのは、材料の接着強度を増すという意味合いよりも水持ちをよくして施工性（保水性）の向上を図るためである。糊を入れると糊のコロイドが下地の小穴を防いで吸水を防ぐ作用があるので乾燥時間が延び、結果として仕上げに時間をかけることができる。ただ、水捏ね仕上げの土もの壁にしても、土佐漆喰や沖縄の「ムチ」と呼ばれる漆喰壁にしても、糊が入らない方が水などに対して強い壁に仕上がる。砂やすさはバランスによって材料の強度を高める働きをするが、単に糊を多くして粘土分の少ない色土や色砂を仕上げても耐久性の悪い壁となってしまう。

日本の漆喰は糊を使用することで、西洋の塗り壁技術と比較して独特な技術に成長した。消石灰は水のみで練っても時間が経つとある程度の可塑性が出てくるものであるが、それでも到底満足な作業性の得られないところを糊の混和で作業性を確保したのである。ところで海藻糊は、石灰中のアルカリ分によってしだいに糊としての機能を失うので、これは塗り作業時の作業性付与材ということがいえるわけで、また硬化初期におけるある程度の膠着効果を得られることがその機能である。しかし次第にこの膠着力は失われていき、以後石灰の炭酸化によって塗り面は長い時間をかけて硬化していく。

### 3.2 漆喰の機能と用途

材料の実際の練り方や塗り方で差異があるものの、種々の材料を練り上げて塗り付けられた後に硬化した漆喰壁というものは、石灰自体が乾燥して収縮するところを、混入されているすさが ある程度収縮を拘束すると同時に、収縮によって必然的に生じるひび割れを微細なものに分散して目立たなくし、仕上げられた塗り面は美しい白色の肌が得られる。ただその塗り表面の質は仕上げの鏝のかけ方によって相当の違いが生じるものであり、左官工の技量は当然、材料自体の善し悪しも関係してくる。

ただ、一般的に言えることは、セメントモルタルなどと比べると、漆喰は固まる強さは小さなものであるが、それでも塗り壁の表面として必要な硬さは持っている。特に糊を使わない土佐漆喰のような漆喰では、水による影響が少ないため屋外の壁面にも用いられる。また石灰そのものが高温で焼かれてつくられる材料であるため この材料自体は火に強い。特に小舞い壁のような断熱性の高い土壁の上に塗られている場合には、この壁自体が相当の防火性能を有している。また最近では新建材などによる室内の湿度調節や結露防止問題などに関連して壁面の湿分呼吸性が話題となっているが、特に塗厚の大きい土壁の上に漆喰で仕上げたような壁面は土壁の断熱性とも相まってその湿分呼吸性は優れているとされる。漆喰はまた単に塗壁材に止まらず、調合を変化させることにより、可塑性の程度を調節することが比較的自由に行え、また硬化に時間がかかることから、彫塑材料（鏝絵・フレスコ画）としても利用されている。

### 3.3 漆喰の地域性について

漆喰を構成する各材料について選択の幅、すなわち消石灰となる石灰石原石の産地、その焼成方法、消火方法、添加する糊・すさの選択などについては、その選び方によって地域的な偏りがある。さらに各地の左官の技能の間にそれぞれ調合や練り方などの技術、それから塗り上げる技術についても地域的な細かい差異というものが当然存在する。その意味では、細かく見れば漆喰壁の質には幅があるのは当然と考えられるが、しかしそれらは通常の漆喰の常識内の範囲に止まるものであり、そういった通常の漆喰とは画然と異なる漆喰も製造され使用されている。その代表的なものが、高知県の“土佐漆喰”である。この土佐漆喰と通常の漆喰の差異については後章で詳述するが、土佐漆喰の大要は、消石灰に糊を加えることをせず、代替として半ば発酵させた藁すさを消石灰に混ぜ合わせ、この藁すさの持つ成分で十分可塑性のある漆喰が練り作られるというものであって、糊を用いないことによって、防水性や防火性の優れた、しかも塗面の外観の見事な漆喰が得られるという技術である。

漆喰はその生産される地域や使用方法によって様々な特性があり、以下に代

表的なものをあげる。

“糖蜜漆喰	台湾で行われているもので、消石灰に糖蜜や粘土を混ぜたもの
南蛮漆喰	下塗り用の漆喰で、濃い糊を用いた粘り気が多い漆喰
天川漆喰	長崎県地方で行われているという三和土（たたき）の一種。安山岩の風化した土に消石灰を混ぜてたたきあげる。
屋根漆喰	瓦ぶき屋根で、雨漏りを防ぎ、また瓦を安定させるための瓦のなじみ取りや面戸塗り用の漆喰 南蛮漆喰や土佐漆喰が使われる
ノロ漆喰	仕上げに使うきめの細かい漆喰
狸石灰	消石灰・糊・すさ及び砂以外に粘土を混ぜたもの
型抜き漆喰	額縁の模様や人形の型抜きに用いるもの
手作り漆喰	漆喰彫刻や鍍絵など漆喰の細工物用のもので、砂は混ぜずに糊やすさもそれほど多く居れない すさは短く切り、顔料を混入して色物漆喰として使用されることもある
灰土	消石灰と粘土を混ぜ合わせたもので、糊を入れないもの

表 3.1 (左官なるほど辞典 抜粋/大澤清八)  
建築知識、1989年5月号 P111、(株)建築知識)

## 4. 土佐漆喰？ 高知県の伝統的左官材？

古くから土佐では、伝統的な建造物の内外壁や土練り塀の上塗り、日本瓦の目地用途（屋根漆喰）など、その殆どを土佐独特の“漆喰”で施工してきた。この漆喰がいわゆる“土佐漆喰”で、これは材料そのものも、その工法も通常の漆喰とはまったく別物である。“土佐漆喰”の最大の特徴は、他の一般の漆喰のように原料の消石灰に糊分を添加しない点である。糊分が不用な理由は以下のごとくである。すなわち、当地（高知県）は消石灰の原石である石灰石の埋蔵量が全国有数であり、また石灰の白色度合いに関係する不純物焼成・不純物消化などの悪影響を及ぼす成分の非常に少ない良質の石灰石が賦存しており、“土佐漆喰”はその高品質の石灰石を土佐独自の徳利型土中窯で塩焼き焼成に

よって製造する。前述したように、通常の工業灰は重油焼成される。塩焼き焼成とは、石灰石と石炭とを交互に投入しこれに工業塩を加えるものである。塩焼き焼成された生石灰は重油焼成されたそれに比べて体積の膨張が大きく、結晶そのものは大きくなるが空隙率が高くなる。この気孔の形態の違いが水和反応速度の差となり、塩焼き焼成された生石灰においては、ゆっくりと水和反応が行われ、標準混水量が少なくなり、その結果左官の鏝さばきに好影響を与えることになる。また収縮率も少ないため収縮クラックが起きにくい。さらにすさには発酵させた稲藁を使用するため、これに含まれるリグニンなどにより、“土佐漆喰”に粘性が付与されることにもなる。こういった理由から、“土佐漆喰”は、糊を入れなくても従来の漆喰以上に鏝さばきが容易で施工性が高く、そのために厚塗りが可能となり、より風雨に対して強度が発揮できる耐久性のある左官材となっているのである。通常の漆喰は糊材を加えるが、その糊材が有機物であることが多いため、雨水等の水に濡れると糊がもどって剥げ落ちたりカビの班を出したりするが、そういった有機物を一切用いない“土佐漆喰”は、土佐の過酷な風雨に晒される外壁にも使用できる耐久性に富んだ建築素材となっている。この“土佐漆喰”は古くは藩政時代より「土佐灰」として全国に出荷され、文化財や建造物の補修に、また農家・商家の土蔵などに使用され、その耐久性・防火性・美しさにおいて賞賛されている。

上述のように、“土佐漆喰”は、水に強く、割れにくく、厚塗りができるので、段の付いたよろい壁など多様な表現が可能で、また磨き仕上げや色付け仕上げなどの特別な仕上げ工法の素材としても十分使用に耐えることができる。さらに、日に晒されると時間とともに白く変化していく点もこの材料の大きな特徴である。高知県における“土佐漆喰”の標準的な納まりは、外壁をよろい壁として仕上げるものであり、仕上げ方法としてはそのまま押さえても、藁すさを加えて撫でてよく、引き摺り仕上げなども可能である。下塗り材である漆喰に、中塗り土を加えた素材が“はんだ”であるが、この“はんだ”は、水に強く、ムラ引きもなく、磨きやすく、仕上げとしても多様な表現の可能性のある材料である。もともとローカルな材料だけに、使用にあたっては現地での使用状況を具体的に参考にしていくことが必要である。なお、“土佐漆喰”の仕上げ塗りは、下ごすり、本上塗りと合わせて7 mm程度のの厚さに塗り付けて押さえ込んでいく。通常の糊入り漆喰を上塗りする感覚で、所定の厚みを取らずに薄塗り仕上げを施すと、剥離などの故障が発生する。また下地の水引き具合

が安定していない場合、むら乾きが発生するが、プラスターやモルタルの上に直に塗らず、中塗りとして中塗り土や砂漆喰を塗って上塗りをかければ均一に仕上がる。

“土佐漆喰”はその優れた性能により台風銀座といわれた高知県で現在まで残ってきた建築材料であり、生活スタイルが変化し、居住環境が機械や設備で制御される時代になっても、その地方の気候風土までが変わるわけではなく、やはり地域にあった形で存在し続けていく。現在、地域の風土に育まれ残ってきた材料や工法が再び見直される気運が全国的に高まっているが、これは環境と共生する伝統の知恵を引継ぐという意味合いが含まれているのである [19]。

## 4.1 土佐漆喰の特徴

- (1) 水に強い（外壁への使用が可能）
- (2) クラックが入りにくい
- (3) 長期間性能が維持される

- (1) 水に強く外壁に使える

一般に普通の漆喰の外壁仕上げが雨に打たれて部分的にカビが発生したり剥落したりしているのは、有機質の糊を加えているからである。通常の漆喰で糊を混入するのは、

- 〈1〉 保水性を保つ
- 〈2〉 粘性を確保する
- 〈3〉 初期の強度を生み出し作業性の向上に寄与

などのためであり、こうした糊分の添加を必要としない“土佐漆喰”は普通の漆喰に比べると水に強く、水に濡れてももどりにくいために、外壁に使用しても長期間の強度が期待でき、耐久性に富んでいるのである。

それは原料となる石灰石の焼成方法の差と、発酵させた藁すさを混入させていることによるものである。

- (2) クラックが入りにくい

また、“土佐漆喰”の特徴として標準混水量が少ない点があげられる。標準混水量が少ないということは、すなわち作業性が確保できる粘性を出すための必要混水量が少なく済むということである。混ぜ込む水の凌駕が少ないので乾燥後の収縮率も小さくなり、その結果クラックが入りにくいということになる。なお、ここでは”地灰（ちばい）”と呼ばれる土佐漆喰用消石灰を使用した場合のことをさしており、ちなみに普通の消石灰（工業用消石灰）を使用する時に比べて約 75%の混水量となる。この混水量の差が、ペースト粘度の安定性にも関係し、さらに硬化速度が遅いということや、稲藁が補強材の役割を果たしていることもクラックが入りにくい理由といえる。

### (3) 長期間性能が維持される

“土佐漆喰”は、初期性能よりも、時間が経過するとともに性能が向上していくという傾向があり、これは石灰の高い品質に依存している側面もあるが、前述したように硬化速度が遅く、糊も使用していないために、時間の経過とともに本来の性能を発揮するようになるのである。

## 4.2 土佐漆喰の製造方法

まず、地灰（じばい）を製造する。最初に石灰石（ $\text{CaCO}_3$ ）を焼成して、生石灰（ $\text{CaO}$ ）をつくるが、この製造工程に“土佐漆喰”の大きな特徴がみられる。それは大量の工業塩を混入して焼成する点である。具体的には石灰原石と燃料（石炭・コークス）と工業塩を混ぜ、還元雰囲気の中、1,000? 1,100 度で焼成する。このとき、徳利窯と呼ばれる土中窯を使用し、その結果 工業塩が作用して粒子が粗くポーラス（気孔率が大）で、粒子表面に塩分が付着した生石灰が製造されることになる。ちなみに普通重油を使用して焼成する普通の生石灰の焼成温度は 1,200? 1,300 度である。このようにして焼成された生石灰をコンクリート床の上に広げて撒水し、水和反応を促し、消石灰（ $\text{Ca(OH)}_2$ ）を生成する。ただこの消化方法では反応速度が遅いため、消石灰の結晶核はその数が少なく、また大きいものになる。このことが前述したような“土佐漆喰”の特徴を生み出すことになるのである。藁すさの製法は、水稻藁を湿らせ、チップ状に切断し、

発酵室に積み込み密閉しておくこと、2? 3 週間後には非繊維質が分解し、堆肥のような茶褐色をした藁すさが出来上がる。この稲藁と水を、上記の製造方法による消石灰（地灰）に混合し、一日放置した後にビニール袋に詰めてさらに一ヶ月放置することで、“土佐漆喰”ができる。この熟成工程において茶褐色の発酵稲藁チップは、アルカリ作用を受けて繊維束の解離が進み、微細な単繊維となり、茶褐色の非繊維質は“土佐漆喰”に滲出し淡黄褐色の製品となる。この発酵稲藁が、施工後の落下防止や亀裂防止、さらに曲げ強度向上という役割を果たすことはもちろんのこと、漆喰に粘性を与えることによって糊を不要とする効果を与えている点は前述の通りである。

## 5. 環境問題の高まりと伝統的左官材の復権

### 5.1 健康住宅

建物を建てる際に使用する材料が限られていた時代では、その地域で採れる材料が建築材料であった。共通しているのは、木と石と土であり、これらの素材は天然品で、加工することはあっても自然の素材の範囲を逸脱するものではなかった。天然素材はまたその土地の気候風土に調和しており、従って地場の建築材料で建てた家屋に住む人間にとっては、いわば共生関係にあるようなもので、吸放湿や調湿といったように湿度をことさら意識せずとも生活することが可能であった。前章の“土佐漆喰”などが、その地域限定型・共生型建築材料の最たるものであろう。しかし、現代のような高度工業化社会にあっては、我々の身の周りには多種多様な建築材料や様々な工法があり、“建築”そのものを考えると非常に便利になってはいるが、生活する場としての建物（空間）を考えると色々と問題が生じている。シックハウス症候群といった化学物質の室内空気汚染による健康障害に代表されるように、人間がつくり出した様々な材料・物質に囲まれた空間が問い直されているのである。人間がその中で生活を営んでいくことを考えた場合、“建築にとって良い材料とは何か”を見つめ直すことこそが、今まさに求められている。その意味では、化学物質を含まない無機質系建材や吸放湿性をもつ調湿建材が注目を集めていることは非常にタイム

リーであり、当然のことであろう。

最近の住宅の特徴を室内環境という側面から捉えると以下の三点に大きく分けることができる。

- (1) 断熱材の普及と気密性の向上が相まって、以前に比べて格段に省エネルギー型の住宅になっている点
- (2) 気密性のよい RC 構造や対風圧性能・遮音性能に富む高性能のアルミサッシが多用され、その結果気密性が格段に向上し熱損失の低減の点ではプラス面があるものの、結露や汚染空気の蓄積の原因となっている点
- (3) 新建材と呼ばれる化学製品の建材の普及が進んだ点（それ自体が健康を阻害する恐れのある汚染物質の発生原因となるだけでなく、廃棄の際に焼却などで有害物質を発生させ、自然環境に回帰する可能性もない）

以上、最近の住宅は室内環境の視点から見れば積極的に評価できる点もあるが、全体的には大きな問題点を孕んでもおり、こういった状況において良好な室内環境、住人の健康に悪影響を及ぼさないいわゆる「健康住宅」を推進し保持していくためにはどうすれば良いのかを真剣に考える必要が出てきている。

ここで、「健康住宅」として考えられる特質を列記すると

- 〈1〉 化学物質による室内空気汚染を低減させる
  - ・ 化学物質の含有量／放出量が少ない建材を使用する
  - ・ 換気量を確保する
- 〈2〉 生物による健康被害を低減させる
  - ・ 細菌への対応
  - ・ カビへの対応
  - ・ ダニへの対応
- 〈3〉 温熱環境を快適にする
- 〈4〉 湿度環境を快適にする
  - ・ 調湿性を有する建材を使用する
  - ・ 断熱性能に配慮する

などが考えられる [20] が、この中で急速にその言葉が指し示す意味として捉えられ始めてきた特質が、「化学物質による室内空気汚染」と「湿度環境調節性能」である。この章では以上の二点に絞って、特に建材との関係において論じ、その中で漆喰をはじめとする伝統的左官材料の可能性についても触れていきたい。

## 5.2 化学物質による室内環境汚染と建築材料

我が国で何故化学物質による室内空気汚染問題が生じてきたかという、まっ先に考えられることが、エネルギー消費量削減のために室内の気密性が格段に向上してきたことがあげられる。その他に、人口に対して新築住宅着工数比率が欧米に比べて非常に大きいことや、同一品質のものが簡単にしかも安価に確保できるいわゆる“新建材”に対する需要が高いこと、また、除虫・防蟻のために家庭内農薬・除虫剤が使用されること、などがその大きな原因である。さらに建築生産・住宅建設における熟練労働者の不足がもたらす建築生産工法の簡略化は、化学物質放散の危険性のある建材や施工材の使用を促進する傾向があるといった、経済的・社会的状況も考えられる。中でも高气密化と新建材の増加による化学物質の問題が顕在化してきており、住宅内における人体と様々な空気汚染物質との関係は非常に厳しいものになってきている。

### 5.2.1 室内環境汚染

アトピー性皮膚炎、気管支ぜんそく、アレルギー性鼻炎、それに新築住居における健康障害、シックハウス症候群などの、「室内環境汚染による健康障害」が近年増加しており、社会的に強い関心を集めている。「室内環境汚染による健康障害」の中で最近得に話題になっているのが、ホルムアルデヒドや揮発性有機化合物（VOC/Volatile Organic Compound）などによる化学物質汚染によるもので、アレルギー疾患や化学物質過敏症患者増加の原因とされている。ただ、上記の症状は、さまざまな要因が絡み合い、誘発されて発症することがほとん

どであるため、個々のケースについて原因を追究することはむずかしい。日本固有の住宅事情や、室内生活習慣などの理由もあり、この問題はなお一層深刻化する可能性がある。

現代の（特に）都市生活者は、冷暖房設備の備わった建物のなかで過ごす時間が長くなったので、温熱に対する快適性は高まった。だがその一方で、このような環境が人間にとって健康的であるのかという根本的な疑問も出ている。人類は環境の変化に対して優れた適応能力をもち、その適応能力はくりかえし刺激を受けることによって発達し、刺激を受けないと減退するという特徴をもっている。そのため、冷暖房が完備されているため、暑さや寒さの刺激が少ない室内環境で暮らしていると、外気温の変化に対する適応能力や抵抗能力が減退し、自律生理系失調などの健康障害が起きる可能性も否定できないのである。

また近年の都市部では、人口の増加、都市開発、エネルギー消費増加とともに増え続ける廃熱量などによって、温度が上昇し、湿度は低下している。快適性を求めて住宅が気密化、断熱化、高層化し、冷暖房施設が普及するにつれ、室内環境も温暖乾燥化するようになってきた。住宅の近代化（冷暖房の普及、気密化、断熱化）によって、室内の気候の変化はゆるやかになり快適性は高まったものの、逆に高气密化による換気の不十分さや新建材の増加による化学物質増加などの副作用とでもいうべき問題を抱えることになってきている。住宅・建物中の気中化学物質濃度増加は、その背景として化学物質使用を甘受する経済的社会的状況と、暖冷房エネルギー削減のため、建物の気密性を向上させ換気熱負荷を低減させたことに起因しているといえよう。今後、地球温暖化防止・炭酸ガス排出抑制との兼ね合いで、建物内換気量を極小化させること、少ない換気で室内汚染物質の除去を図り、生活者が吸引する化学物質量を増大させないこともしくは減少させることが絶対的条件となってくる。

## (2) シックハウス症候群

気密性や断熱性の高い新築住宅で発生する健康障害がいわゆる「シックハウス症候群」である。シックハウス症候群には明確な定義はまだないが、一般的には居住環境に関する何らかの原因で〈1〉目や鼻の粘膜、皮膚などの刺激症状〈2〉粘膜の乾燥、〈3〉ジンマシン・湿疹、などの症状を指

すことが多い。シックハウス症候群の原因物質としては、接着剤、白蟻駆除剤、殺虫剤、建材などから発生する揮発性有機化学物質や大気汚染物質が推定されている。この「シックハウス症候群」という言葉は、シックビル症候群(sickbuilding syndrome) から派生した和製英語だといわれている。日本では、ビル管理法というオフィスビルを対象とした衛生管理を規定する法律があり、シックビルビルディング自体は少ないとされており、住宅における化学物質空気汚染に対する概念が少ないために、個人住宅に限定して同問題がクローズアップされたものと思われる [22]。シックハウス症候群は、複数の汚染物質がいくつかのその他の物理的、心理的要因と結び付いて、様々な症状となって現れる。そのため再現性が確認され、原因物質との因果関係が疫学的に立証されることは難しい場合が多いといわれている

## (2) ホルムアルデヒド

上記のシックハウス症候群の原因としてよく知られている室内空気汚染物質がホルムアルデヒドである。

影 響	ホルムアルデヒド濃度 (ppm)	
	推定中央値	報告値
におい検知閾値	0.08	0.05? 1
目への刺激閾値	0.4	0.008? 1.6
のどの炎症閾値	0.5	0.08? 3
鼻・目への刺激	2.6	2? 3
流涙 (30分間なら耐えられる)	4.6	4? 5
強度の流涙 (1時間しか耐えられない)	15	10? 21
生命の危険・浮腫・炎症・肺炎	31	31? 50
死亡	104	50? 104

表 5.1 短期間曝露後のホルムアルデヒドの人体影響 (ECA:欧州共同研究)

この化学物質は合板やパ? ティクルボードなどの建材や壁紙を張る際の接着剤に含まれ、また家具など身近なものによく利用されている無色で強い刺激臭のある物質である。また、家具・カーテン・カーペットや暖房・

厨房などの燃焼機器、喫煙などからも発生する。ホルムアルデヒドの健康への被害については、急性の影響では目がチカチカしたり喉がいたくなるといった症状のほか高濃度での呼吸困難等が報告されており、また慢性的な影響では、アレルギーの症状に影響があると報告されている（表 5.1 参照）。特に、建材や家具などの新しいものほど、ホルムアルデヒドが室内に多量に放散される傾向がある。

機関・国名	規制値・ガイドライン値
ノルウェー	<0.05ppm
WHO	<0.08ppm
日本（厚生省）	<0.08ppm
オーストリア	<0.08ppm
カナダ	<0.05ppm
オーストラリア	<0.10ppm(当面) <0.05ppm(目標)
ドイツ	<0.10ppm
アメリカ合衆国	<0.10ppm(EPA) <0.40ppm(連邦政府)
イタリア	<0.10ppm
オランダ	<0.10ppm
スウェーデン	<0.17ppm(最低レベル)
デンマーク	<0.13ppm
フィンランド	<0.13ppm(1981年以降の建物) <0.25ppm(上記より古い建物)
スイス	<0.20ppm
スペイン	<0.040ppm

表 5.2 ホルムアルデヒド規制値及びガイドライン値（ECA:欧州共同研究）  
原典でmg/? 表示のものは1ppm=1.2 mg/? として換算

住宅内の影響については、1997年5月、厚生省が事務局となって「快適で健康的な住宅に関する検討会議」が設置され、化学物質の指針値等を策定する作業が進められ、同年6月には、WHO 世界保健機関(世界保健機関)のガイドラインに従い、30分平均で0.1 mg/? 以下（23℃換算で0.08ppm）というホルムアルデヒドの室内濃度指針値が提案された（表 5.2 参照）。しかし、実際は新築の住宅でこの値を超えるものが少なからずみられる。1998年に国民生活センターにより公表された「消費者被害注意情報 No20」によると、住宅の新築・着工件数が多い県ほどシックハウス症候群の被害

件数が多いという傾向が指摘されてもいる [22]。

## 5.2.2 室内環境汚染による被害の予防

このシックハウスを予防するためにまず考えられることが、室内に発生する汚染物質を屋外に排出するため、十分に換気を行うことであるが、最も有効で根本的な対策は、住居内に室内空気汚染物質を溜めないことである。そのためには、住居内において空気汚染物質の発生源となるものを極力用いないことであり、ホルムアルデヒド等の化学物質を放出しやすい合板や壁装材を使用しないようにすること、さらにそういった建築材料を自然素材を用いたものに置き換えていくことが重要である [23]。健康影響の少ない建材を利用する目安としては以下のような材料の規格がある。

- (1) 合板類に関する日本農林規格 (JAS)
- (2) ミディア・デンシティ・ファイバーボード (MDF) 及びパーティクルボードに関する日本工業規格 (JIS)

また (社) 住宅生産団体連合会では、これらに基づいて、(下表) のような指針を発表しており、この指針が当面の目安として考えられよう。

合板・複合 フローリング (JAS 規格)	F1	平均 0.5 以下最大 0.7 以下
	F2	平均 5 以下最大 7 以下
	F3	平均 10 以下最大 12 以下
MDF・ パーティクルボード (JIS 規格)	E0	0.5 以下
	E1	1.5 以下
	E2	5 以下
壁紙 (JIS 規格)		2 以下
壁紙施工用澱粉系接着剤		1 以下

表 5.3 ホルムアルデヒド放散量に関する規格表参照 (単位 mg/? )

空気汚染物質の発生源として考えられる建材や施工材に対する消費者の意識の変化も日をおうごとに大きくなってきている。ホルムアルデヒドや VOC の主となる発生源は粗悪な床材や壁装材料およびその接着剤であり、床材に関しては放散量が少ない F1 相当品への転換が必要で、F1 や E0 の合板やパーティクル

ボードの市場流通量も徐々に増加傾向にある。壁紙にしても悪質な接着剤を忌避する姿勢が消費者間に広がっており、施主の意識が変化しつつあることが伺える。また壁紙自体の90%近くが塩ビ製品であるため、焼却時のダイオキシン問題や廃棄物問題で徹底したマニフェスト制度が実施されれば、さらに急速な市場構造の変化が始まるであろうし、防蟻剤にしても毒性の低いものへの転換が進んでいる。こういった建築主のみならず、住宅供給側の建築業者や設計者までの意識の転換が、室内における自然素材使用への回帰を促しつつあると考えられる。

使用部位	使用材料レベル
内装仕上材	F1・E1レベルまでのもの またはF2・E2レベルのものに表面塗装等で被覆したもの
収納や建具類	F1・E1レベルまでのもの
壁紙	ISM（壁装材料協会〈Interior Safety Material〉の自主規格） または同等のもの
壁紙の接着剤	ホルマリン不使用を明記したもの
内装工事の接着剤・塗料	ホルマリン不使用のもので、トルエン・キシレンの放散が極力小さいもの

表 5.4 (社)住宅生産団体連合会の指針(抜粋)

### 5.3 無機質系建材の吸放湿性能と調湿材

建材の多くは多孔質であり 湿気を吸収したりまたは放出したりする。その中で一般に「呼吸する材料」と呼ばれる建材があるが、それは湿度が高い時には空気中の水蒸気を吸着し、湿度が低い時には吸着した水分を放出する機能を有する材料のことである。

実際に吸放湿機能を持つ材料は、直径わずか  $10 \text{ \AA}$  ( $10^{-8} \text{ cm}$ ) という微少な孔を多数有する多孔体に限られるが、この微細孔に室内の相対湿度に応じた量の空気中の水分子が毛管凝縮水という形で吸着される。この毛管凝縮水は液水ではなく水蒸気であり、吸湿のメカニズムは材料が水を吸い込む吸水とは全く別のメカニズムである。水蒸気はカビの菌糸が入り込めない微細孔に吸着するので、

吸湿によるカビの発生はない。この微細孔は水分子以外にも炭酸ガスやホルムアルデヒドなどのガス類も同じメカニズムで吸脱着する。したがって、調湿材は換気と同じ働きをしてくれ [24] である。それゆえシックハウスの予防にも有効とされている。

この調湿材として期待できる建築素材が自然素材である。木材はその種類によって差があるものの調湿性能は一般的に高い。特に優れているのは桐・杉などの柔らかい樹種である。伝統的な左官材料もおしなべてこの調湿性が高い。材料の中でも壁土には、人間の快適性に影響のある相対湿度 50? 80%の範囲で湿度を調節するのに役立つ 10? 60Åの孔が多く分布している。また近年話題の珪藻土や生石灰クリームも調湿性に優れている。珪藻土は珪藻類の死骸であり、土粒子そのものが多孔質であるため調湿性能は優れているものの、それ自身では固化せずバインダーの使用が前提となるが、このバインダーに樹脂系のものを用いた場合はその調湿性能はかなり落ちる。生石灰クリームや漆喰などの石灰系左官材も調湿性に富んだ材料であり、その素材である消石灰が炭酸ガスや酸性物質を化学反応で吸着することもできる。しかし両者とも基本的に薄塗り材であり、それ自体の調湿性はさほど大きいわけではなく下地の調湿性に左右される割合が多い。同じ石灰系左官材でも、土佐漆喰は厚塗りが基本であるため、そのもの自体の調湿性は非常に優れているといえる。なお、石膏ボードや非耐火性の珪酸カルシウム板、レンガなどは多孔質だが孔が大きすぎて調湿性はない。

この調湿機能を有する建築材料を内装材に使用する目的は

- (1) 高温時に湿分を吸着し、結露を防ぐとともにカビ・ダニなどの発生を抑える
- (2) 乾燥時に湿分を放出し、乾燥しすぎによる健康への悪影響を抑え湿分の吸放出を繰り返すことで自然の湿度調整材・換気システムとして機能する

などである。そしてその調湿能力の評価に関しては、「湿気の吸放出速度が早く、さらになるべく多くの湿分を吸放出する力をもったもの」が求められる。

機械による冷暖房、除湿・加湿に頼る構造の現代建築に対して、伝統的左官材

による建築の機能が再評価されている点の一つは、この壁の放湿性能と吸湿性能の高さなのである。

### 5.3.1 調湿建材（吸放湿材）としての必要な条件

#### (1) 吸湿の絶対量が多いこと

吸放湿性のよい材料とは、まず容積含水率が高くなければならない。これによって湿気を吸収することのできる絶対量が決まり、容積含有率が高いほど室内の湿度調整に対応することが容易になる。

#### (2) 吸放湿速度が速いこと

さらに吸放湿材として必要な能力にあげられるのが、吸放湿の速度である。

(1) に述べたように含水率が高くても、応答速度が遅いならば室内の湿度調整には不向きである。

以上のような条件について性能をみるのが調湿建材の吸放湿性能の評価ということになる [25]。しかし要求される吸放湿性の能力は様々な条件によって評価が変わり、一概にその良否を判断できない面がでてくる。つまり、一年という周期を考えると我が国の気候風土では湿気の多い夏季に吸湿し、乾燥する冬季に放湿することが望ましく、この場合は吸放湿速度の速さはそれほど重要ではない。しかし一日という周期で見れば、短時間での吸湿・放湿性能が無ければ室内の調湿の役割を果たさない。さらに湿度状態によっても要求される吸放湿性は変わる。従って建材の吸放湿性を論じる場合には、その建築材料の目的と使用される条件に応じた評価というものが重要になってくる。

### 5.3.2 調湿建材の今後の展望と課題

調湿建材は、健康志向と相まって、時代のニーズに適合した商品と言える。しかしその性能は的確に、すなわち定量的に評価しなければその良否を判断することはできない。吸放湿建材の素材をみると、その大半は土や石や木であり、その意味では天然回帰であると言える。いろいろな建築材料やそれに使用して

いる接着剤等が、ほんの微量でありながらも人体に悪影響を与えるということが認識されつつあり、以上のようなことを考慮すれば、今日、内装材としての調湿建材は最も使用されるべき建築材料であるといってもよいのではないだろうか。これまで述べてきた伝統的な左官材料は、やはりそのほとんどが土や石であり、特に伝統的な左官材料である珪藻土や漆喰系塗壁壁材等は、この点で大きな可能性を感じさせるものである。ただ、現実的には、調湿建材として伝統的左官材が認知されるためには、幾つかの課題をクリアする必要がある [26]。

(1) 定量的な性能評価

湿度変化に対する応答性の他に、湿度に対する評価も必要。基本的には湿気伝導率（透湿抵抗）や平衡含水率曲線のデータ等も調べる必要がある。

(2) 設計法の確立

ある調湿材料の使用量とその効果の相関関係を示す正確なデータに基づく設計法の確立が必要。

(3) 汚染物質の吸着の問題

湿度の吸収・吸着と同時に吸着される汚染物質は放湿されないので吸着されていくが、その汚染物質の経時変化が不明瞭。

(4) 施工方法及び仕上げ

調湿建材は建材単味、すなわち裸で使用されることが原則であるが、その場合の仕上げの意匠性も考える必要がある。内装材なのでテクスチャーや耐汚染性が問題となるであろうし、吸放湿させるということは、材料の含水率を変化させることであり、その場合材料自体が寸法変化を起こすことになるが、このような現象に工法上どう対応するか、仕上げ工法の検討も必要となる。

室内のカビやダニは、それらが繁殖する条件として、湿気（水分）の影響が大きい。室内の湿度環境を安全で快適なものとするためには、建築工法や機械設備によるものなど幾つかの解決方法が考えられるが、建築材料自体の吸放湿性を利用した建築工法状のアプローチが最も有効である。

## 5.4 伝統的左官材料の可能性とサステナビリティ

前述のように、健康ブームを追い風とする健康住宅は今や社会現象ともいえる状況になっており、「人に優しい建築」を声高に謳った建材や住宅が建築市場に出現してきている。それはそれで結構なことであるが、ただ気をつけておかねばならないことは、建築物が人にやさしいことが必ずしも地球にやさしいことには繋がらないということである。建設に関する健康や安全の問題は、人のための健康住宅だけを考えるのではなく、地球環境に対する負荷を減らしていく住宅をも考えることがあわせて重要となってくる。現在非常に問題視されている地球温暖化への建築業界からの対策は、二酸化炭素をはじめとする温室効果ガスを如何に削減するかという基本的な課題もさることながら、それぞれの建築素材を検討する時点で、その建材自体の生産段階から使用→廃棄に至るまでの全行程において、二酸化炭素をはじめとして有害物質などの環境に影響を与える負荷の低減を考慮に入れるという、いわゆるライフサイクルアセスメント（LCA）の考え方が重要視されるようになってきている。これからの地球環境時代には、すべてに資源循環の考え方が重要となってくることは確実であり、建築材料についても循環型の視点で取捨選択が行われる。この視点に立って見た場合、「土」や「石灰」といった伝統的な左官材料は、他の新建材に比べて強度の点で差異はあるものの、居住レベルで考えれば十分使用に耐えうる建築材料であり、一度使った後のリサイクルも容易に可能な材料であるという点、時代の要請に合致した材料であるといえる [27]。

「石灰」に関しては、それが環境にやさしい建設材料として優れているのは、一般に広く知られているように、自硬性と接着性を持つ無機質の素材だからであり、その上「石灰」の主成分であるカルシウムは人間や動植物など生物にとって極めて身近な物質で、骨や歯・殻などの主要成分となり、生体を維持していくために重要な役割を果たす。以上のように、カルシウムは人間にとって非常に親和性の高い物質であるが、これに反し人為的に合成された化学製品は人や生き物に様々な害を与えている。「石灰」は昔から人の生活全般に関わりが深く、セメントなどの建設用に使われる他、農業・食品・医薬など多くの分野で欠くことのできない貴重な材料となっている。これまで述べてきたように、「石

灰」は石灰岩（炭酸カルシウム）を焼成して生石灰（酸化カルシウム）をつくり、これを水と反応させて消石灰（水酸化カルシウム）とするのだが、この消石灰は水や補助材と練り合わせられ漆喰となり、施工後は空気中の炭酸ガス（二酸化炭素）と反応して再度固まり、元の石灰岩と同じ炭酸カルシウムに戻る。その過程で石油等の燃料その他のエネルギーを消費し、炭酸ガスを発生させる。最終的にはその一部を再回収することになるものの、環境への負荷の発生にも一定の関わりを有していることは事実である [28]。とはいえ、現代建築の主力建材であるセメントに比べれば、製造負荷のはるかに少ない資材である。原料の石灰岩は、日本において様々な場所で採取できる鉱物であり、輸入に頼らないですむ数少ない地下資源の一つである。ただ、この豊かと思われていた石灰岩も採掘可能な量が限られていることが明らかになっており、さらに採掘場所の環境保全もますます重視されるようになり、可能採掘鉱量が極めて限られたものとなってきている。限りある資源を保全しつつ、持続的に使用して方法としていかなるものが考えられるのか、限りある地下資源のサステナビリティを真剣に考えていく必要がある。

サステナビリティとは、「持続可能性」あるいは「永続可能性」といった意味であり、国連における「環境と開発に関する世界委員会」（ブルントラント委員会、1972年？1987年）の報告書「Our Common Future(我ら共有の未来)」の中で”サステナブル・ディヴェロップメント”という言葉が登場し注目を集めた。これは循環的なプロセスをもたない「大量生産→大量消費→大量廃棄」という現在の産業システムを批判し、環境の危機を訴え、地球的規模での恒久的対策をとる必要を提唱した報告書である。そしてその中で使用された”サステナブル・ディヴェロップメント”という語句は、地球資源の枯渇が近づいており、人間の営みが生態系のループにどうしたら乗れるかという思考の方法を示す言葉である。

これに関して建築分野においては、「環境共生住宅」や「エコ建築」など素材・環境・経済に総合的に取り組む建築のあり方が模索され、これは”サステナブル・デザイン”と呼ばれている。”サステナブル・デザイン”は現時点ではある特定の分野にカテゴライズされたものを指すのではなく、経済活動・生活態度を含めた地球環境問題を前提とした社会全体の動きの中で、今後の建築の方向性全体を指し示す概念として多義的な内容を含んでいる。「地球環境」とい

う言葉・概念は、それまで一般に使われてきた「環境」という言葉とは一線を画すものである。地球環境時代に入ったのは、1992年の地球サミット（環境と開発に関する世界会議）以降といわれているが、この時点から気候変動に関する枠組み条約や生物学的多様性保護条約、森林の保護に関する原則、行動計画としてのアジェンダ 21 など多くの約束事が決まった。こうした課題を踏まえ、建築においても”サステイナブル・デザイン”が注目され、エコロジー・ブームから一歩進んだ考え方が求められるようになってきている。

1997年にはCOP3（第3回気候変動枠組み条約国際会議）京都会議があり、環境問題が一般市民の耳目を集めるとともに、CO<sub>2</sub>やフロンなどの温室効果ガス規制が強化され、脱塩ビの議論が避けて通れなくなってきつつある。破滅のシナリオを避けるため、政治決着とはいえ、CO<sub>2</sub>の排出量を1990年レベルの6%減とする日本に課せられた責任は、建築にも大いに関わりがあるのである。それは産業構造の転換を迫られるほどに根本的な対応が迫られる課題である [29]。

これからの地球環境時代には、すべてこのサステイナビリティという概念が非常に重要視されるようになる。それはものをつくる上での必要条件となり、従ってそれを選択するか否かではなく、誰もが常に心掛けるべき性質の考え方である。あらゆる産業において循環型の資源活用が重要となり、建築材料の製造や使用についても一方通行ではない循環型の考え方が望まれることになってこよう。これは「土」や「石灰」をはじめとする伝統的な建材においても同様である [30]。なお、漆喰や後述する生石灰クリームなど、建築で使う「石灰」製品はその用途によって必ずしも高品質である必要はなく、そのグレードに応じた使い方があり、賦存している石灰石のすべてのグレードのものを余すところ無く使用することが可能である。また一度使用した石灰のリサイクルも可能であり、循環的な使用に耐えうる非常にサステイナブルな材料であるといえよう。こうした材料自体の特性や性能を見きわめながら、貴重な資源を有効に使用していく工夫を絶えず進めていくことが、サステイナブルグロース実現のために特に必要となる。

## 6. 新しい左官材料の開発

## 6.1 住環境問題と無機質系建材

近年、集合住宅は開口部廻りの部品、施工精度の向上などにより高气密化が進行しており、更に水廻りを住戸プラン中央に置く設計から、高密度化しやすい環境となっている。従って住まい方に注意をしないと結露やカビ・ダニの異常発生、建材や家具から放出される揮発性化学物質等の滞留などで、健康への影響が懸念される事態となっている。このような中で土壁や漆喰、珪藻土といった従来からある左官材を使用した建築工法が見直されていることは前述した通りである。下地の土材も同様であり、これらの純粋に伝統的な左官材料は、今日の有機化学系建材とは異なり無機質系材料であるため、問題となる化学物質がまったく含まれておらず、室内空気を汚染することがない（表 6.1 参照）。またこれらの材料が持つ吸湿放湿性能は、室内空気中水分の調整池のような働きを期待でき、建物内部の湿度を適度に保ち、快適な室内空間を提供してくれる天然の空気清浄機の役割を果たすことになる [31]。

	ホルムアルデヒド	溶剤			可塑剤		防腐剤 防カビ剤			防虫剤 防蟻剤			難燃剤			樹脂 モノマー
		トルエン	キシレン	他	フタル酸エステル	有機リン	有機リン	ピレスロイド	他	有機リン	ピレスロイド	他	有機リン	ハロゲン	他	
珪藻土	U	N	N	N	U	U	U			U			U			B
伝統的左官材	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N

B：一部の材料（商品）に含まれていることがわかっているもの  
 U：判定できないもの（ほぼ含まれている可能性がないと思われる）  
 N：含まれている可能性がないもの

表 6.1（建材×化学物質評価シート 左官材 抜粋/野池政宏  
 建築知識、1998年9月号 P158、（株）建築知識）

## 6.2 生石灰クリームとは

無機質系材料を用いた左官材料としては、日本建築において従来より使用さ

れてきた”漆喰”がポピュラーである。この消石灰をベースに水、すさ、糊等を配合・混合した漆喰は、前述のごとく混合・混練りに時間と労力を要するという問題があるとともに、十分な強度を得ることが難しく、施工性においても問題が残る。また従来の左官材を用いた工法では、熟練工の確保や複雑な工程、コスト等にも障害があった。そこで、施工現場にて生石灰に大量に水を配合して沸化させ、生石灰クリームとした塗り材料を使用することで、色土・砂・砂利などを混ぜ合わせて様々なテクスチャーを創り出すような意匠性に富んだ、さらに作業性の向上と多能工による 1day finish を可能とするような、施工省力化を実現できる 塗り壁工法を目指す手法が試されてきている。しかし、この場合 消化の不十分な物ができやすく、使用後に膨張性亀裂を生じたり 痘状剥離の発生を生じることがあるために、逆に消化に一週間以上の日数を要することがある。また作業上は塗りやすいが、塗り材を鏝で塗る時に抵抗感がないため整面しにくいという問題点や、乾燥による収縮が大きいなどの問題点がある。とはいえ、付着力が強く多種多様な下地に対応できるという応用性や、鏝やローラーの他 刷毛でも塗ることのできる施工の容易性、さらには薄塗りを可能にする硬度の優位性など、生石灰ベースのクリーム状塗材が従来の漆喰を超える性能を発揮できることが再評価されつつある。

ここで、従来のように左官工まかせの現場調合に頼る材料ではなく、「生石灰の炭酸ガス含有量」・「生石灰の消化温度」・「生石灰の粒度」・「水の配合量」などの基礎的性質を究明・分析することで、消化時間を短縮でき かつ塗布・乾燥後の漆喰表面硬度を一層高質化できるようにしたクリーム状の左官材製品を創り出すことが可能となる。さらに その左官材料が壁仕上げ材として必要十分な性能を有していることを明らかにすることにより、従来の湿式左官材料の工法上のデメリットを克服し、さらには次代の住環境問題にも対応できるような新しい左官材料を開発するための指標を得ることができると考える。

## 6.3 生石灰クリーム性能評価項目と試験方法

### 6.3.1 性能評価項目

壁仕上げ材の性能評価項目として考えられるものは次にあげるような項目である [32]。

- (1) 単位容積質量
- (2) 軟度変化試験
- (3) 初期乾燥によるひび割れ抵抗性試験
- (4) 標準時付着強さ試験
- (5) 乾湿繰返し後の付着強さ試験
- (6) 乾湿繰返し試験
- (7) 耐摩耗性試験
- (8) 対衝撃性試験
- (9) 難燃性試験

(1) 単位容積質量

単位容積質量は、粉体または混練り後の見掛け比重を知るための試験で、今回の場合は混練り後の見掛け比重を測定した。すなわち、軽量骨材を使用した製品と重量骨材を使用した製品を判断するために試験を行う。試験は JIS A1174 〈まだ固まらないポリマーセメントモルタルの単位容積質量試験方法及び空気量の質量による試験方法〉に規定する方法による。

(2) 軟度変化

軟度変化は、施工中における塗材の軟度変化に伴う施工上のトラブルを少なくすることを目的とした試験である。結合材を無機質系材料で構成した製品では、練り混ぜ後の時間の経過に伴い軟度が増加し、施工性に支障を来すので、ポットライフ（可使用時間）の設定を考慮する必要がある。

(3) 初期乾燥によるひび割れ抵抗性試験

初期乾燥によるひび割れ抵抗性試験は、施工直後の通風などによるひび割れのトラブルをなくすための試験である。すなわち、塗材組成中の骨材の粒度分布が悪かったり、保水性の不足した製品はひび割れが発生しやすい。

(4) 標準時付着強さ試験

(5) 乾湿繰返し後の付着強さ試験

(6) 乾湿繰返し試験

該材の最大要求性能として、吸放湿性能があげられる。このような環境条件下では、乾湿繰返しによる性能低下が考えられるため、標準状態の付着強さ並びに乾湿繰返し後の付着強さ及び外観を検証する必要がある

(7) 耐磨耗性試験

吸放湿性を向上させるために、組成上からは表面強度が弱くなる傾向となるが、乾燥においてブラシで擦る方法で、剥がれ及び磨耗による基盤の露出の有無を目視により調べる。JIS A6909 内装薄塗材Wのように、繊維質や耐水性の弱い塗材に採用されている試験方法である。

(8) 耐衝撃性試験

この試験は、器物による衝撃的な加力のため、基材との付着性の損傷傾向を判断する試験である。

これらの試験方法、及び品質基準の設定値は JIS A6909（建築用仕上塗材）において求められる数値を参考に設定した。

### 6.3.2 品質性能実験

本実験の対象とする生石灰クリームは、田中石灰工業(株)製の生石灰クリームを使用し、従来行われてきた該材に関する試験結果及び関連 JIS 等を検討し、それらを通じて得られた知見を基にして、品質判定する場合に必要な性能を取り上げ、試験方法を定め実験室実験を行った。

(1) 試験の条件

試験は、特に指定しない限り、湿度 20±2℃、湿度 65±5%の標準状態で行う。試験に使用する材料及び器具類ならびに試験用下地板は、試験実施の24時間以上前から標準状態下に保存しておく。

(2) 試験用下地板

各試験に使用する試験体用下地板は下記表 6.2 に示す通りである。

試験項目	下地板の種類	サイズ（横×縦×高さ）	試験体数
初期乾燥によるひび割れ抵抗性試験	フレキシブル板	300×150×4	3
標準時付着強さ試験	モルタル板	70×70×20	5
乾湿繰返し後の付着強さ試験	モルタル板	70×70×20	5
乾湿繰返し試験	フレキシブル板	300×300×4	3
耐摩耗性試験	フレキシブル板	430×70×4	3
対衝撃性試験	フレキシブル板	300×50×4	3
難燃性試験	石綿パーライト板	220×220×10	3
試料塗り厚設定用ガイド	片面接着剤付きバッカーとし、厚さ 2 mm、幅 15 mm のものを使用する		

表 6.2 試験体用下地板

### (3) 供試材料

供試材料の主要構成材は下記表 6.3 に示す通りである。

材料	種類
結合材	生石灰
無機質系混和剤	炭酸カルシウム粉
骨材	石灰石系
その他添加材	-

表 6.3 生石灰クリームの主要構成材料

### (4) 試料の練り混ぜ及び供試体作成・養生

試料の練り混ぜは JIS A 1171「試験室におけるポリマーセメントの作り方」の「5.」にしたがって行う。

## 6.3.3 試験方法

### (1) 単位容積質量

試験は JIS A 1174「まだ固まらないポリマーセメントモルタルの単位容積質量試験方法及び空気量の質量による試験法（質量方法）」に従って行う。ただし、練り混ぜてから 5 分以内に測定する。

### (2) 軟度変化試験

試験は JISA6909「建築用仕上塗材」の「6.8 軟度変化試験 B 法」に従って行う。【参照；JIS R 5201「セメントの物理試験方法」に規定する「フロー値」の測定】

(3) 初期乾燥によるひび割れ抵抗性試験

試験体は JIS A 5403「石綿スレート」に規定する厚さ 4 mm のフレキシブル板を 300×150 mm に切断したものを下地板とする。この下地板に練り混ぜた試料を金鏝にて厚さ 2 mm に平滑に塗り付けたものとする。試験は JIS A 6909（建築用仕上塗材）の「6.9」に従って行う（図 6-1 参照）。

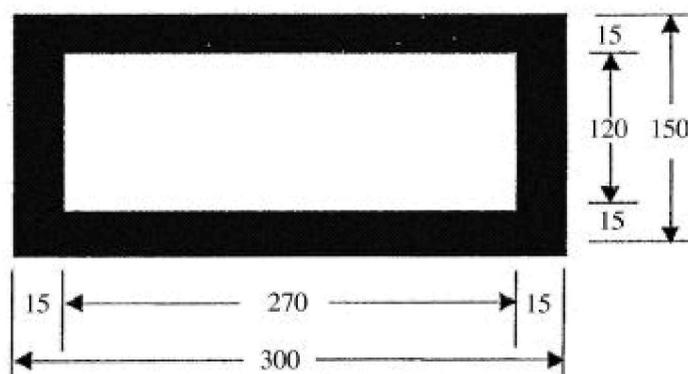


図 6-1 ひび割れ抵抗性試験用供試体（単位：mm）

(4) 標準時付着強さ試験

試験体は JIS A 6909「建築用仕上塗材」の「6.10 (2) 軽量骨材仕上塗材の試験体」に準じて作成（塗厚さ：2 mm）する。

試験は材齢を 28 日とした試験体を JIS A 6909「建築用仕上塗材」の「6.10.2 (1)」に従って行う。

(5) 乾燥繰返し後の付着強さ試験

試験体は「標準時付着強さ試験」と同様にして作成し、標準状態で 28 日間養生したものを試験に供する。

試験体を温度：20±℃、湿度：65±%の室内（乾燥状態）に 24 時間放置した後、直ちに温度：20±℃、湿度：90%以上の室内（高湿状態）に移動し、24 時間精置する。この操作を 1 サイクルとして 10 回繰り返した後「標準時付着強さ試験」と同様の付着強さ試験を行う。ただし、乾湿繰返しを中断する場合は、乾燥状態後とする。

(6) 乾燥繰返し試験

試験体は JIS A 5403 「石綿スレート」に規定する厚さ 4 mm のフレキシブル板を 300×150 mm に切断したものを下地板とする。この下地板に練り混ぜた試料を金鋺で厚さ 2 mm に平滑に塗り付け標準状態で 28 日間養生したものを試験に供する。試験方法は「乾燥繰返し後の付着強さ試験」と同様の乾湿繰返し条件及びサイクル数を行った後、膨れや剥がれ等の表面異常の有無を目視にて観察する（図 6-2 参照）。

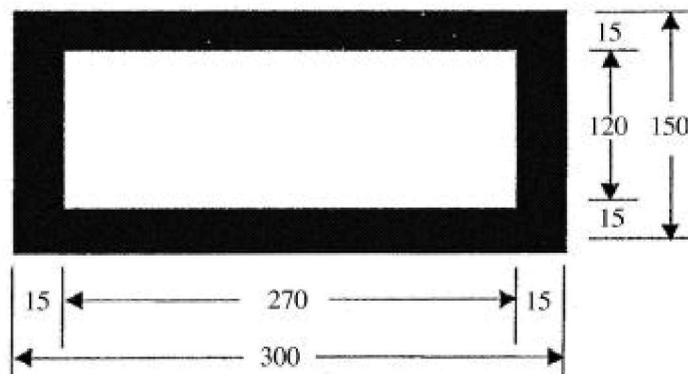


図 6-2 乾湿繰返し試験用供試体（単位：mm）

(7) 耐摩耗性試験

試験体は JIS A 5403 「石綿スレート」に規定する厚さ 4 mm のフレキシブル板を 430×170 mm に切断したものを下地板とする。この下地板に練り混ぜた試料を金鋺で厚さ 2 mm に平滑に塗り付け、標準状態で 28 日間養生したものを試験に供する（図 6-3 参照）。

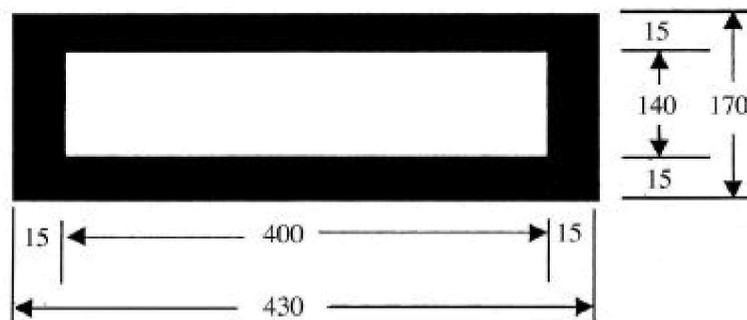


図 6-3 耐摩耗性試験用供試体（単位：mm）

### (8) 耐衝撃性試験

試験体は JIS A 5403「石綿スレート」に規定する厚さ 4 mm のフレキシブル板を 300×150 mm に切断したものを下地板とする。この下地板に練り混ぜた試料を金鋺で厚さ 2 mm に平滑に塗り付け標準状態で 28 日間養生したものを試験に供する。試験は JIS A 6909「建築用仕上塗材」の「6.15.2」に従って行う（図 6-4 参照）。

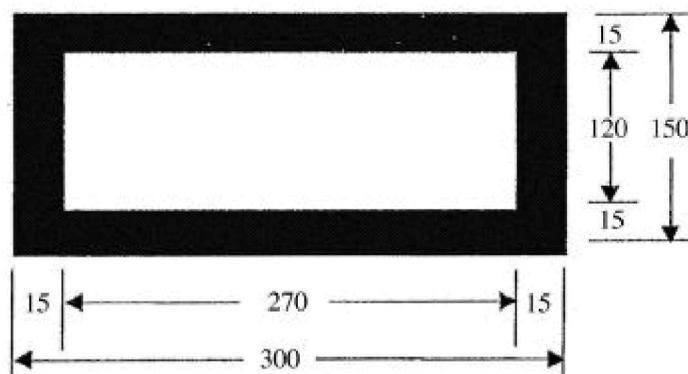


図 6-4 耐衝撃性試験用供試体（単位：mm）

### (9) 難燃性試験

試験体の作成及び試験方法は JIS A 6909「建築仕上塗材」の「6.24」に従って行う。ただし、試験時の試験体材齢は、28 日以後で 49 日以内とする。

## 6.4 試験結果と考察

### 6.4.1 試験結果（試験結果のまとめを下記の表 6.2 に示す）

試験項目		試験結果
単位容積質量試験 (kg/? )		1.60
軟度変化試験 (軟度変化率) (%)		2.81
初期乾燥によるひび割れ抵抗性試験		○ (注 1)
接着強さ試験 (Av)	標準時	8.4 (kgf/? )
	乾湿繰返し後 (10 サイクル)	9.8 (kgf/? )
乾湿繰返し試験 (10 サイクル概観)		○ (注 2)

耐摩耗性試験	○ (注 3)
対衝撃性試験	ひび割れ、著しい変形及び剥がれ無
難燃性試験	難燃 1 級合格

- ・ 基盤表面に調整した生石灰クリームを 2mm 厚に塗り付け、直ちに風速 3m/s±0% の風洞内 (20℃、65±0%RH) に入れ、試験体を気流に平行になるように置き、6 時間後に試験体を取り出し、表面にひび割れが発生したか否かを目視にて観察した結果、供試材すべてにひび割れを生じなかった。
- ・ 乾湿繰返し後の外観試験結果は、塗材の膨れ・剥がれ等の異常は認められなかった。
- ・ 耐摩耗性試験結果は下表 6.3 に示す通りであり、異常は認められなかった

試験体の種類	試験前の質量 (1) (g)	試験後の質量 (2) (g)	差異 (g) (1) - (2)	平均値	判定
T-1	659.830	659.350	0.48	0.41	合格 剥がれ及び磨耗による基盤露出なし
T-2	682.510	682.280	0.23		
T-3	665.970	665.450	0.52		

表 6.3 生石灰クリーム性能 (耐摩耗性試験結果) まとめ  
(建築仕上性能研究所・田中石灰工業(株)共同研究報告書より)

## 6.4.2 考察

供試材の生石灰クリームは新規開発商品であり、工法的には施工省力化をその第一目的とするもので、素地拵えを兼ねた 1 coat finish で仕上を終える。

### ? 単位容積重量について

単位容積重量は、塗材の混練後の見掛け比重を知るための試験で、その結果は 1.6 kg/? である。

ちなみに仕様上の標準塗布量を 3 kg/m<sup>2</sup> とするとウェット時の塗付厚は下のようになる。

$$3 \text{ kg/m}^2 \div 1.6 \text{ kg/?} = 1.9 \text{ mm}$$

### ? 軟度変化試験 (軟度変化率) について

試験の結果、生石灰クリームの軟度変化率は 2.8% であった。該材の硬化機構は気硬性であって空気中の CO<sub>2</sub> との反応時間は短時間では進行しない。従って軟度変化率としては小さな数値となる。

ちなみに施工上、該材類似の JIS A 6909 厚付け仕上げ塗材の品質基準は、軟土変化率: -15? 15% となっており、これと照らし合わせて問題無し。

? 初期乾燥によるひび割れ抵抗性試験

試験結果は全てひび割れを起こさず、この点問題無し。

? 標準時付着強さ試験

標準時の付着強さは、JIS A 6909（内装薄塗材）の基準値である 3.1 kg/? 以上を確保している。ただ、調湿性とのバランスをもあわせて考えることが必要である。

? 乾燥繰返し後の付着強さ試験

乾燥繰返し後の付着強さ試験においては供試材すべて、剥がれ及び磨耗による基板の露出がみられず、問題無し。

? 乾燥繰返し試験

試験結果、供試材は全て剥がれ・膨れ・ひび割れ等なく問題無し。

? 耐摩耗性試験

試験結果、供試材は全て剥がれ及び磨耗による基盤の露出がまったくなく問題無し。

? 対衝撃性試験

試験結果、供試材は全てひび割れ、著しい変型及び剥がれがなく問題無し。

? 難燃性試験

難燃性の試験結果、難燃 1 級に合格。当該材料は燃えない材料であり、厚塗りすることで建築物の防火性を高めることも可能である。

以上の結果より、該材（生石灰クリーム）は環境に配慮した自然素材として、内装材の要求性能を目標としてまったく新しい材料設計がなされたものであり、その目的は実用上達せられたとしてよいと考えられる。なお、生石灰クリームを内装用建材の主流であるビニールクロスに代わる素材として考えるためには、さらに次の要求をクリアすることが条件となる。すなわち、

1. コストはビニールクロスと同等

2. メンテナンスが容易（欠損部はタッチアップ可能で、汚れはサンドペーパーがけが効く、など）

## 6.5 生石灰クリームの市場性

「土」や「石灰」といった伝統的な左官材料は、施工中のみならず施工後も無害であり、通気性・調湿性を備え、空気中の汚れた成分を吸着する能力を持ち、蓄熱性・断熱性に優れ、火災時の危険性もなく、その土地で産出されるものを必要な量だけ使用し、部分が壊れたら補修を施すことができ、無用になれば環境を汚さずそのまま自然に還る。新建材に欠落している性質のことごとくが網羅されている。工法が湿式であるというハンデさえなければ、新建材時代にとって代わる優れた材料として再び日の目を見ていることであっただろう。施工効率と経済合理性で敗北した伝統的な左官材料が、健康ブームという時代の必然性や少子化高齢化といった社会環境の大きな変化にどのように対応していくべきなのか。この問いに対する回答如何にこれからの左官工事の浮沈がかかっている。

### 6.5.1 新建材（ビニールクロス）の代替

これまで述べてきたように、健康素材という視点から左官材料全体が再評価される傾向が近年顕著であるが、特にビニールクロスの代替として左官材が見直されるようになってきている。日本でビニールクロスが多く使われるようになったのは、かつての住宅公団が導入してからだと言われているが、現在我々の身の周りには塩化ビニール製品が溢れており、建築材料だけでも壁紙や床シート、配管類をはじめとして至る所で使用されている。その塩ビが使えなくなるとすれば日常の生活や産業に大きな影響が出ると思われるが、欧米では数年前から脱塩ビ・脱塩素の議論がされてきている。例えばドイツでは、塩化ビニールの建築材料は地球環境を破壊するとして使用禁止運動が起き、地域によっては公共建築物への使用が禁止されたところもある。スウェーデンでは、ポリ塩化ビニールを全廃することを目指す運動も起きている。いくら生産コストが安くても、塩化ビニールは製造過程で労働者の健康を脅かし、使用中も周囲の

環境や住む人の健康を蝕んでいる。その上燃えるとダイオキシンが大気中にまき散らされ、リサイクルができず、廃棄処分費用は高価になる。エコロジーや健康に負担をあまりにかけ過ぎる製品であるということが広く知られてきているのである。

同様の議論は、ここに来て日本においても始まりつつある。室内環境汚染の最大の元凶といえるのがこの塩化ビニール製のビニールクロスである。住宅業者にとってビニールクロスは、大量供給が可能で施工しやすいためにコストが低く抑えられる。我が国の住居においては戦前まで家屋内部を仕切ることをしなかったが、徐々に壁紙が使われるようになり、その内消費者にとっては安く、見栄えが良く、手入れが楽という理由から今では壁紙の90%以上をこの塩化ビニール製品が占めている。壁紙の9割以上がビニールクロスという国は日本以外にない。当初、ビニールクロスが問題とされたのは、廃棄事に焼却するとダイオキシンなどの有害物質が発生するからであったが、このビニールクロスそのものが有害化学物質の固まりであり、その後接着剤や可塑剤からのホルムアルデヒドなどの揮発性有機物質（VOC）が問題となり、健康住宅ブームにつながっている。もともとビニールクロスの原材料であるポリ塩化ビニールは硬いので、それを柔らかくするために大量の可塑剤が使われている [33]。この可塑剤には発ガン性・催奇形性が確認されているフタル酸化合物（DOP、DBP 等）が使われる。さらに難燃剤として、やはり発ガン性をはじめ、さまざまな健康への影響が確認されている有機リン系の化学物質が、加えて防カビ剤としても発ガン性や催奇形性のある VOC が使われているのである。そのうえ、このビニールクロスを貼る接着剤にも、前述したホルムアルデヒドや防カビ剤として有害な VOC が含まれているのである（下表 6.4 参照）。

	ホルムアルデヒド	溶剤			可塑剤		防腐剤 防カビ剤			防虫剤 防蟻剤			難燃剤			樹脂モノマー
		トルエン	キシレン	他	フタル酸エステル	有機リン	有機リン	ピレスロイド	他	有機リン	ピレスロイド	他	有機リン	ハロゲン	他	
塩ビ壁紙 (RAL、ISM 以外)	AD	AD	AD	AD	A	B	A	A	A	N	N	N	A	A	U	A

A：ほとんどの材料（商品）に含まれていることがほぼ確実なもの

B：一部の材料（商品）に含まれていることがわかっているもの

- N：含まれている可能性がないもの
- U：判定できないもの（ほぼ含まれている可能性がないと思われる）
- D：実際の建材からの放散が確認されているもの  
（すべての建材・商品についてではない）
- RAL：ドイツ品質保証協会の規定をクリアしたもの
- ISM：壁装材料協会の自主規格をクリアしたもの

表 6.4 (建材×化学物質評価シート 左官材 抜粋/野池政宏  
建築知識、1998年9月号 P158、(株)建築知識)

今では VOC 対策を施した環境対応型のビニールクロスも出回りつつあるが、ここに来てダイオキシンの問題が深刻化すると同時にホルモン阻害物質としての認識が高まってきた。問題はダイオキシンに止まらず、合成有機化合物全般に広がってきており、しかもこれらの有害物質が極めて微量でも人体に悪影響を及ぼすことが認識されてきているため、現状では対策が非常に厄介になっている。ことは人間と生き物全般に関わる生存の問題であり、石油化学工業を中心に発展してきた今日の生活が根底から問い直されてきているのである。そういう時代背景の中で、ビニールクロスの代替材料として、伝統的な左官材料の再評価や無機質系建材への回帰が起りつつあるのはごく当然の流れといえるし、その中でも安価で施工効率の高いものという点で、生石灰クリームの可能性は大きいと考えられる。現在 住宅・都市整備公団においても、1997年にオープンしたエコテラスと呼ばれる地球環境を視野に入れた素材展示の施設（公団建築技術試験場内）で、生石灰クリームを取り入れ、引き続き仕様を定めるなどの試験を続けている。脱塩ビという大きな流れを背景に、ビニールクロスに代わる材料を模索し始めているのである。

### 6.5.2 これからの建築市場

これから先、住宅市場、特に戸建て住宅市場をリードしていくのは建て替え需要であろう。これまで、高度成長期から 1970年代にかけて、戸数の絶対量確保・充足を命題に、質よりも量の確保を先決して量産化されてきた建売り住宅やアパートなど比較的質の低い住宅が、建築後 20年? 30年を経て次々と建て替えられてきており、また同時期に建てられた比較的良質な持ち家の建て替えも現在進行中でありまだまだ高水準の建て替え需要が続くものと思われる。そして 21世紀初めからはオイルショック後に建てられた持家の建て替えがますます本格化してくるであろう [34]。

		中位	高位	下位	平成4年9月推計
総人口	1995年	12,557万人	12,557万人	12,557万人	12,546万人
		↓	↓	↓	↓
	ピーク	12,778万人	12,956万人	12,557万人	12,546万人
		↓	↓	↓	↓
	2025年	12,091万人	12,520万人	11,748万人	12,581万人
		↓	↓	↓	↓
	2050年	10,050万人	11,096万人	9,231万人	11,151万人
65歳以上%	1995年	14.6%	14.6%	14.6%	14.5%
		↓	↓	↓	↓
	2025年	27.4%	26.5%	28.2%	25.8%
		↓	↓	↓	↓
	2050年	32.3%	29.2%	35.2%	28.2%
老年人口	1995年	1,828万人			1,823万人
		↓			↓
	2025年	3,312万人	中位推計と同	中位推計と同	3,224万人
		↓		↓	↓
	2050年	3,245万人			3,142万人
老年人口が年少人口を上回る年		1997年	1997年	1997年	1998年

表 6.5 「日本の将来推計人口（平成9年1月推計）の概要」

国立社会保障・人口問題研究所

また、今後高齢者人口は増え続け、逆に若年者人口は減る。少子化高齢化が始まるのである。それに加え、人口が2007年にピークを迎えるという厚生省予測（表6.5参照）もあり、建築業界における新築需要は量的には現在より減る要因はあっても、増える要因はほとんど見い出すことができない。新築需要は2000年初頭までは年間13万戸？14万戸の水準を保つが、それ以降は110万戸？130万戸の水準へと、少々ペースダウンし、2010年頃までには100万戸の水準まで減少すると予想される。

一方、良質な住宅をつくり、適切な維持管理を行うことにより住宅の長寿化を図ろうとする動きもあらわれてきている。住宅の品質、性能は1996年秋にスタートした住宅金融公庫の新融資制度や建設省による住宅性能評価・表示制度の導入により向上することが予想され、また性能表示が中古住宅まで普及すれば、消費者にも維持管理の重要さに対する認識が一層高まり、中古住宅の流通量も増えると予想でき、リフォーム市場の拡大にプラスとなる。現在の住宅リ

リフォームの市場規模は 1996 年で 5 兆 7 千 400 億円となっており、新築の約 24 兆 5 千億円の 4 分の 1 程度であるが、中期的に展望すれば、この差は狭くなること  
が容易に想像できる [35]。

住宅リフォームは、「増築」から「改築」へとシフトしており、空間の量的な  
広がりよりも設備やインテリアの改善などの質へのこだわり、つまり「快適な  
住空間」へと消費者のニーズは変化している。ライフステージやライフスタイル  
に合わせた増改築需要の増大が今後のリフォーム需要の方向と市場の広がり  
を示唆しているが、特に人口構成の変化が住宅の使用に与える変化は非常に大  
きいものと予想されている。前述のように 2007 年に日本の人口は約 12,800 万人  
で頂点に達し以降は減少に転じるとされ、その中でも高齢者世帯数は着実に増  
加し、2015 年には 1,660 万世帯、全体の約 34%となるとされている。高齢化の  
進展は一般には人口ベースで計られるが、住宅の場合はそれに居住する世帯に  
一人でも高齢者がいれば、その住宅は高齢者居住への適正を考えざるをえなく  
なり、これから新しく建設されたり増改築される住宅にあっては、加齢しても  
なおそのまま住み続けられるような「バリアフリー化」が推進されることが考  
えられる。そうなれば住宅のバリアフリー化改築工事需要の増大が見込まれる  
し、またその際には、最近の健康ブーム・本物志向とも相まって、いわゆる「健  
康住宅」や「伝統的な材料・工法」による建て替え需要も増加することが考え  
られよう。施工効率・経済合理性で新建材と対等に競合することが可能な伝統  
的無機質系建材であれば、市場で十分受け入れられることも容易に想像できる。  
その意味においても、生石灰クリームのもつポテンシャルは高いと考えられる  
のである。

## 終わりに？ サステイナブルな住環境を目指して？

近代建築工事の特徴の一つが、大量にかつ効率よく均質な性能の工事を行う  
ことであるとすれば、その地方地方で採取できる建築材料である「土」や「石」  
を使ってつくられてきた日本壁は決して「近代的」な要素を備えているとはい  
い難い。左官工による現場毎の手作業に依存し、施工の手間も時間もかかり、  
材料や天候そして左官工の技量によっては仕上がりのばらつきがかなり大き  
くなることも考えられる。施工工程も複雑で把握し難く、普遍的な塗り壁の理論  
や材料の調合が系統立てて整理されているわけでもない。しかも昨今の建築現

場では、工程管理や品質管理の内容が厳しくチェックされる。そのため規格という考え方に馴染みにくい左官工事は、設計者や監理者そして施工者からも敬遠されてきた。

今さら往年の左官工事の活況（一軒の木造住宅を建てる場合、総工費の少なくとも一割が左官工事）の復活を望むことは現実的ではないかもしれない。施工量の多寡においては、湿式工法は到底乾式工法とは比べものにならないからである。しかし一方でここ数年、土壁や伝統的な左官材料仕上げが建主や設計者から確実に見直されてきていることも事実である。ビルや住居が土壁風に塗られ、住人や街並みに優しい印象を与えている。色土や漆喰といった地場の材料を利用した住宅を望む施主が現れたり、都市部においても施主の希望により竹小舞下地の土壁の住宅が復活している。また学校や病院の内装で使用されることもかなり多くなっている。これら復活の背景としては、地球環境の変化に対応し健康やリサイクルを考えた環境共生住宅の思想が普及してきたことや、建築の仕上げ材として味わいがあり経年変化をする自然の材料を使用する住宅が見直されてきたことなどが考えられる。さらに地域の素材を活かす方向で、施主が建材の選択や建築工事へ参加する意思が強くなってきたことも、土壁・日本壁の復活の理由として考えられる。

昭和三十年代に、壁の上塗り材料として繊維壁、いわゆる繊維建材がブームとなった。この壁材は現場での取扱いが簡便で、施工能率も在来の日本壁上塗り工法の数倍であり、したがって左官工事の上塗り段階に限っては人件費の節減と工期の短縮に大いに寄与した。そのためこの壁材は、当時急速な普及をはじめていた石膏プラスターとともに左官工事再生の切り札として大いに期待されたのである。しかし繊維壁材はその後の住宅建築の構造的変化に対応することができず、現在は既に往時の活況を失ってしまっている。ただ、この繊維壁ブームは、左官材料としての特徴を失わず、品質が安定し、工期の短縮される建材であるなら、現在でも十分に通用するということを示した点で非常に示唆に富んだものであったといえる。左官業界が将来とも業界として維持・発展していくためには伝統的な左官材を使用した従来の左官工事のみに依存していくわけにはいかない。今日までに蓄積してきたノウハウを活かして、伝統的な左官仕上げをより錬磨する方向を目指すのも一案であるが、しかし同時に左官工事そのものへの取り組みを時代にあったかたちで再構築していくこともやはり

求められているのである。左官工事の特徴は前述の通り、展伸性と可塑性にある。特に、在来の日本壁工法の場合、耐力壁としての性能を考慮する必要が無いため、強度を持たせる代わりに適切な補助材を用いて故障を少なくし、また様々な材料を選択して多種多様な仕上げを可能にしてきたのであり、そうして作られた日本壁そのものは広く受け入れられているのである。つまり左官工事は、出来上がった壁自体に問題があったことで現在の建築の流れから敬遠されてきたわけではなく、完成するまでの過程に難点があったのである。この過程を改めることが、左官工事の再評価への必要条件となる。

次に、日本壁そのもの仕上がり・意匠やその施工過程ではなく、サステイナビリティの視点から、すなわち環境共生型・資源循環型の建築材料として左官壁について考えてみたい。日本列島は南北に約 2000 キロメートルもあるため、地域により環境も風土も大きく異なる。左官技術に関していえば、土壁や漆喰壁は本州北端から九州南部・沖縄まで分布し、土蔵はおおよそ全国共通のスタイルで貯蔵や住まいの一部として使用されてきた。特に、中部地方から西の地方では、土壁の家が現在も造られている。これらは、夏は湿度 80 パーセント、気温 30 度という蒸し暑いモンスーン型の日本の気候の中で生き抜くために広まった生活の知恵である。共通しているのは、吸湿性の高い土や石を材料にしている点である。日本壁は、一度つくり上げれば解体するまで長持ちし、新たなエネルギーの供給をしなくても機能を保ち続ける構造をしている。土や石できているために、解体・処分にも莫大なエネルギーを必要とせず、材料は解体後も安全で再利用が可能である。こうしたことを考えれば土もの壁や漆喰壁・土蔵などは「省エネルギー」に対する一つの解答であるともいえよう。建築コストや見た目の評価のみではなく、安全で保湿力にも優れた日本壁はもっと見直されてよいはずである。建築効率が優先された時代にはビニールクロスや吹き付け材がもてはやされていた。しかし現在では環境建材として人に安全で五感に感じる健康的な建築が求められてきているのである。実際、生石灰クリームや珪藻土を利用した壁材など、環境に優しい高機能材料が受け入れられはじめている。マスコミやインターネットを通じ、様々な情報が瞬時の内に手に入る現在、施工者のレベルではなく、施主個人のレベルで建築材料が取捨選択される時代になってきており、より付加価値の高い左官材料・工法を開発し利用者のニーズに十分対応していくことで、環境にもやさしい建築技術としての左官工事が広く支持される可能性があるのである。

また左官工事の再度の見直しは建築家にとっても必要であろう。在来の日本壁工法/左官工事が再び日本建築の壁の主流を占めるとは考え難いが、一方で、その仕事が皆無になることもあり得ない。文化財建造物の修理工事は将来とも続くであろうし、これに準ずる高級建築も引き続き建てられることも考えられる。さらに前章で触れたように、今後少子化高齢化が進むことが確実であるが、それに伴い新規住宅着工件数は減少が予想されているものの、リフォーム/建て替え需要は逆に増加することが見込まれ、その折には現在の健康重視の考え方から無機質建材の使用による左官工事が多く選択される可能性も大いにあるからである。

左官工事は出来上がったものに不足があったわけではなく、その施工過程の前近代性に問題を残しているのであり、今後既調合材料や調湿性能に富んだ新しい左官材料などの開発が進み、品質の安定と工期の短縮を図ることができれば、新世紀の建築にも十分対応していけるものと考えられる。そして「健康住宅」という新しい切り口で左官材を考えれば、これまで考えられなかったマーケットを見い出すことも可能である。

現在、世界中の材料や構造、またはデザインを画一化量産化した 20 世紀の住文化はその限界を露呈しつつあり、今やサステイナブルグロース社会の実現のためには、それぞれの地域に合った文化や生活に根付く価値観や生活様式を再度確立するとともに、建築様式もまた人々の本当の好みや要求に合わせていくことが、地球環境を考える上で非常に重要である。この点から見ても、製造負荷が少なくリサイクルの容易な伝統的左官材料は大きなポテンシャルを有している。高度成長期から現在に至るまで、左官工事は余りにも忌避されすぎてきた。もうそろそろ左官工事そして伝統的な左官材料の持つ特徴・特性・長所を巧みに使いこなした新しい材料、新しい工法、そして新しい建築の出現が望まれてもいいのではないだろうか。

以上

## 参考文献

- [1] 山田幸一「日本の壁-鏝は生きている - 壁と左官技術-その歴史を遡る」  
1985年, INAX 出版, 6 ページ注 (1)
- [2] 檜野紀元「美しい環境をつくる建築材料の話」1992年, 彰国社, 34 ページ,  
「日本建築には、もともと壁というものは、ものを遮りまた空間をきっちり  
と物理的に区分するものであるという概念がなかったのである」

- [3] 渡辺武信「住まい方の演出」,1988年,中公新書 167 ページ? 169 ページ,「しかしこういう伝統的工法の違いは決して偶然に生じたわけではなく、その源には彼我の自然風土と、それに対する人間の基本的態度の差がある。」
- [4] 谷卓郎「日本の壁-鏝は生きている - 木舞下地土壁工法の地域性」1985年, INAX 出版, 48 ページ
- [5] 松本元意「日本の壁-鏝は生きている - 東京で左官を考える」1985年, INAX 出版, 75 ページ
- [6] 文化財建造物修理用資財需給等実態調査報告書(2) (鉱物性材料), 1982年, 文化庁文化財保護部建造物課, 67 ページ, 「第五章 第一節 消石灰」
- [7] 藤原忠司編著「コンクリートの話 1」, 1993年, 技報堂出版, 35 ページ「6. コンクリートの骨」
- [8] 無機マテリアル学会編「セメント・セッコウ・石灰ハンドブック」, 1995年, 技報堂, 138 ページ
- [9] 吉田國夫「鉱産物の知識と取引-鉱業用鉱物編-」, 1992年, (財) 通商産業調査会, 308 ページ, 「第2章 主に耐火物原料になる鉱産物」
- [10] 「石灰ハンドブック」, 1992年, 日本石灰協会, 13 ページ, 「1 焼成概論 1.1 原料石灰石」
- [11] 無機マテリアル学会編「セメント・セッコウ・石灰ハンドブック」, 1995年, 技報堂, 197 ページ, 「表-3.4.7 各種ポルトランドセメントの強さ発現特性」

	圧縮強さ (kgf/? )			
	1d	3d	7d	28d

普通ポルトランドセメント		170	275	446
早強ポルトランドセメント	165	293	390	499
中庸熟ポルトランドセメント		96	150	350

- [12] 「石灰」, 2000年7月号, 日本石灰協会, 平成11年暦年専業・専従・自家生産地域別（通産局管轄地域）用途別供給実績〈通商産業省基礎産業局化学課〉より抜粋

用途	四国 (単位:t)	平成11年全国 合計実績(単位:t)	平成10年全国 合計実績(単位:t)
左官用	10,709	35,701	37,021

- [13] 橋詰延壽「土佐石灰業史」, 1942年土佐石灰工業組合, 93ページ
- [14] 栄枝長男、藤原正道, 「石膏と石灰 No.100」, 1969年
- [15] 無機マテリアル学会編「セメント・セッコウ・石灰ハンドブック」, 1995年, 技報堂, 125ページ
- [16] 栄枝長男, 「伝統的左官用消石灰のプラスター物性」, 田中石灰工業(株)技術資料, 1987年, 1ページ
- [17] 栄枝長男, 「伝統的左官用消石灰のプラスター物性」, 田中石灰工業(株)技術資料, 1987年, 3ページ
- [18] 文化財建造物修理用資財需給等実態調査報告書(2)(鉱物性材料), 1982年, 文化庁文化財保護部建造物課, 82ページ? 87ページ, 「第五章 第二節 貝灰」

- [19] (社)高知県建築設計管理協会監修、(有)中谷ネットワークス編、「土佐派の家 100年住むために」,1995年,ダイヤモンド社,120ページ? 127ページ,「Ⅲ素材 漆喰」
- [20] 野池政宏,「建築知識」,1998年,建築知識 9月号,140ページ,「緊急解説 室内化学物質汚染を理解する」
- [21] 田辺新一,「室内化学汚染」,1998年,講談社現代新書,14ページ
- [22] 消費者被害注意情報(危害情報システム〈注〉から) No.20,1998年,国民生活センター,「急増する”シックハウス症候群”」,〈注〉”この情報は、全国の消費者生活センターから、国民生活センター「危害情報システム」に報告された事故情報を分析したもので、消費者に被害防止のための注意を促すことを目的に提供するもの”とのこと
- [23] 赤池学・金谷年展,「世界で一番住みたい家」,1998年,TBSブリタニカ,51ページ? 53ページ
- [24] 鎌田一夫,「人間住宅-環境装置の未来形」1999年,INAX出版,73ページ,「吸放湿性能と調湿材」
- [25] 黒木勝一,「2000年度版左官総覧」2000年,工文社,86ページ「調湿建材の吸放湿性評価法の検討」
- [26] 黒木勝一,「建材フォーラム」,2000年,工文社,24ページ「特集 調湿機能を持つ内装材の開発動向」
- [27] 尾島俊雄監修,「完全リサイクル型住宅-未来開拓学術研究推進事業として(木造編)」,1999年,早稲田大学出版部,61ページ
- [28] 宿谷昌則,「自然共生建築を求めて」,1999年,鹿島出版会,12ページ
- [29] 神谷博,「建築雑誌/Vol.113, No.1427 デザインレビュー/エコロジー・デザイン」,1998年,建築年報,20ページ? 23ページ

- [30] 能登春男、能登あきこ、「住まいの複合汚染-アトピー、アレルギーから発ガンまで-」, 1996年, 三一書房, 218 ページ
- [31] 水村辰也, 「左官教室 No526 技術資料”内装用健康壁について”」, 2000年, 黒潮社, 34 ページ
- [32] 無機質系調湿塗材の実用化に関する研究/報告書, 1999年, 建築仕上性能研究所/田中石灰工業(株)
- [33] 能登春男、能登あきこ, 「明日なき汚染 環境ホルモンとダイオキシンの家」, 1999年, 集英社, 2153 ページ
- [34] 新建設市場予測検討委員会, 「新建設市場の将来予測? ストック有効活用型社会の新たな市場の展望? -報告書-」, 1998年, 建設省建設情報局調査情報課, 「3. 将来市場予測結果 (1) 総括、(2) 改修市場の詳細 1. 住宅: また、水まわり、空気環境、ひかり・音環境などの快適性の向上を目的とした改修も市場規模としては大きい。中でも空気環境については、建材に含まれる化学物質などへの注目の高まりから、今後の拡大が期待できる。」
- [35] 建設省専門工事業イノベーション戦略研究会, 「専門工事業イノベーション戦略」, 2000年, (財) 建設業振興基金, 「3 経営力・施工緑の強化 (4) 新分野進出/特に・メンテナンス市場への進出 (イ) 現状と課題: 新分野の中でも特に注目される分野がリフォームに関連する分野である。高齢化 (福祉・在宅介護等)、情報化 (インターネットとの普及、防災等の集中管理システム等)、環境 (有害物質の除去、省エネ等) への対応など国民生活の変化の中で、リフォーム市場の需要は急速に拡大することが見込まれる。リフォーム需要は、1995年の約 19.9 兆円から 2010年の約 27.6 兆円へ、約 1.4 倍になるとの推計もされている。」