



## 欧州外断熱協会 ラルフ・パスカー専務理事講演

# “湿式外断熱 (ETICS) は現代建築のカギである”

(一社)日本断熱住宅技術協会 理事長／お茶の水女子大学名誉教授

田中 辰明

(一社)日本断熱住宅技術協会<sup>1)</sup>(平田恒一郎会長)は2018年5月16日にインターコンチネンタルホテル横浜で総会を開催した。総会に先立ち、提携を行っている欧州外断熱協会<sup>2)</sup>のラルフ・パスカー専務理事からご祝詞と講演をいただいた。本稿では、その講演の概要を報告する。

### 欧州外断熱協会の概要

皆様こんにちは、本日この会場にて(一社)日本断熱住宅技術協会の総会が開催されるとの事、おめでとうございます。私共欧州外断熱協会と(一社)日本断熱住宅技術協会は提携を結び、今日まで技術情報の交換、人事の交流など活発な活動を行ってまいりました。昨年10月にはワルシャワで開催されました第4回欧州外断熱フォーラム<sup>文献4)</sup>に(一社)日本断熱住宅技術協会の代表の方々が訪問参加してくださり、また今日は私が総会にお招きいただいている次第です。今後とも実りある交流が続く事を希望いたします。早速本題に入ります。

湿式外断熱工法(External Thermal Insulation Composite Systems) (ETICS)は現代建築の基幹であります。湿式外断熱工法の過去、現在、将来についてお話いたします。まず、私共欧州外断熱協会の概要をご紹介します。私共は欧州12ヶ国の外断熱協会からなっております。また欧州6社の大手外断熱システム供給企業が加盟しております。また8社が協賛団体として参加しております。私共協会傘下の企業で欧州全体の外断熱施工の凡そ80%をカバーしております。私共協会に参画している企業は400社以上の製造会社、施工業者、研究機関、国際貿易会社であります。欧州外断熱協会は欧州での高効率建物を達成するための湿式外断熱工法を飛躍させるための組織であります。世界に明るい将来をもたらすことを目的としております。欧州諸国は2030年までに①温室効果ガスを1990年と比べて40%削減すること、②



写真1 講演を行うラルフ・パスカー(Ralf Pasker) 欧州外断熱協会専務理事(インターコンチネンタルホテル横浜)

少なくとも再生可能エネルギーの消費割合を27%までにすること、③少なくとも27%の省エネルギーを達成することで合意しております。これを達成するにはEUに沢山存在する住宅やビルのエネルギー効率の改善が欠かせません。

### EUの住宅事情

欧州連合(EU)の住宅事情についてご説明いたします。EU全体で2億1000万の建物があります。そのうち40%以上が1960年より前に建設されたものです、90%以上に建物は1990年以前に建設されたものです。75~90%の建物は2050年になっても使用されているでしょう。現在改修されている割合は1%以下です。1億1000万の建物は改修を必要としております。2016年にユーロコンストラクトという機関が発表した欧州各国の省エネルギー改修に必要な費用を表1に纏めました。欧州全体では住宅が65%、非住宅が35%、断熱改修に必要な合計の金額は820億ユーロとされています。またEU各国の平均の建築物のエネルギー消費は全体のエネルギー消

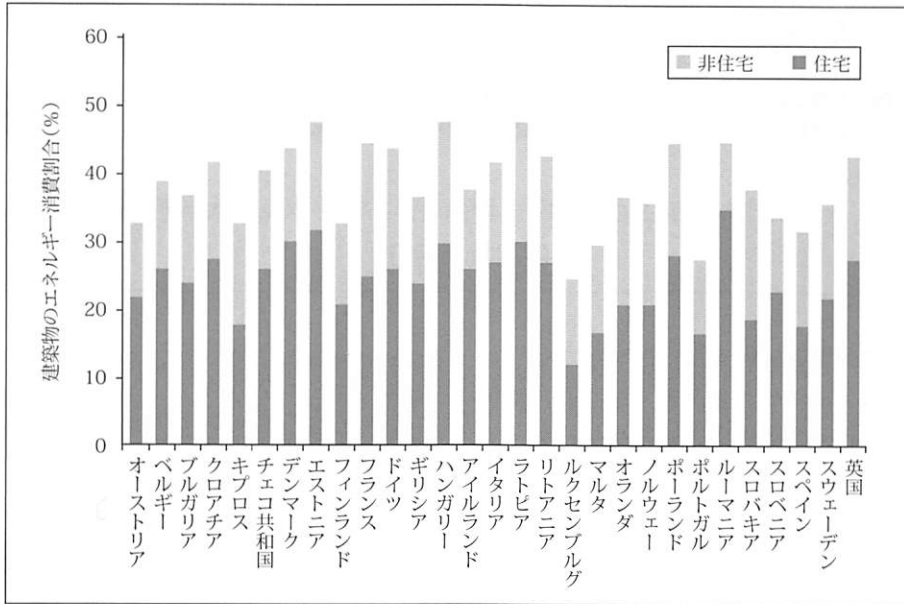


図1 欧州の国別建築物のエネルギー消費割合

表1 欧州各国が省エネルギー改修に必要な費用(単位 100万ユーロ)  
出典：2016年ユーロコンストラクト

国名	住宅	非住宅	合計
オーストリア	766	412	1,178
ベルギー	1,622	880	2,501
チェコ共和国	169	505	674
デンマーク	1,675	441	2,116
フィンランド	1,098	705	1,803
フランス	8,099	4,984	13,047
ドイツ	16,750	7,321	24,071
ハンガリー	161	236	396
アイルランド	418	38	456
イタリア	10,084	4,903	14,987
ポーランド	526	760	1,286
ポルトガル	608	176	784
スロバキア共和国	63	94	156
スペイン	2,317	1,862	4,178
スウェーデン	1,147	993	2,140
オランダ	2,159	1,434	3,592
英国	5,396	3,342	8,737
合計	53,055	29,046	82,101

費の約40%を占めております。建築物による二酸化炭素排出は全体の36%に達しております。EU全体のガス消費量の36%は建築物で消費されております。EU全体での電力消費の59%は建築物で消費されております。EU全体では建築物の3分の2は住宅であります。国により、建物構造や気候も異なります。このような事を反映した

国別建築物のエネルギー消費の割合を図1に示します。省エネルギー改修は絶対に必要ですし、そのポテンシャルが大きいという事はご理解いただけたと思います。

### ヨーロッパの外断熱の現状

省エネルギー改修に必要なのは湿式外断熱(ETICS)改修です。しかし湿式外断熱は欧州の為に十分に寄与しているのでしょうか？欧州外断熱協会(EAE)は欧州の地域別に省エネルギー改修に必要な湿式外断熱工法の施工面積を算出しました。欧州西部では1800~1900万㎡必要です。これは全体の7%に相当します。欧州南部では2000~2100万㎡必要です。これは全体の8%に相当します。欧州北部では150万㎡必要です。これは全体の1%に相当します。欧州中央部では11000万~12000万㎡必要です。これは全体の46%に相当します。欧州南東部、これにはトルコ共和国も含まれていますが、9500~10000万㎡必要です。これは全体の39%に相当します。欧州全体では24400~26100万㎡必要です。

欧州で使用される断熱材料について展望しましょう。2016年の調査結果ですが、欧州西部ではビーズ発泡スチレンが81%、ロックウールが12%となっています。欧州南部ではビーズ発泡スチレン88%、ロックウール9%、欧州北部ではビーズ発泡スチレン70%、ロックウール23%となっています。欧州中央部ではビーズ発泡スチ

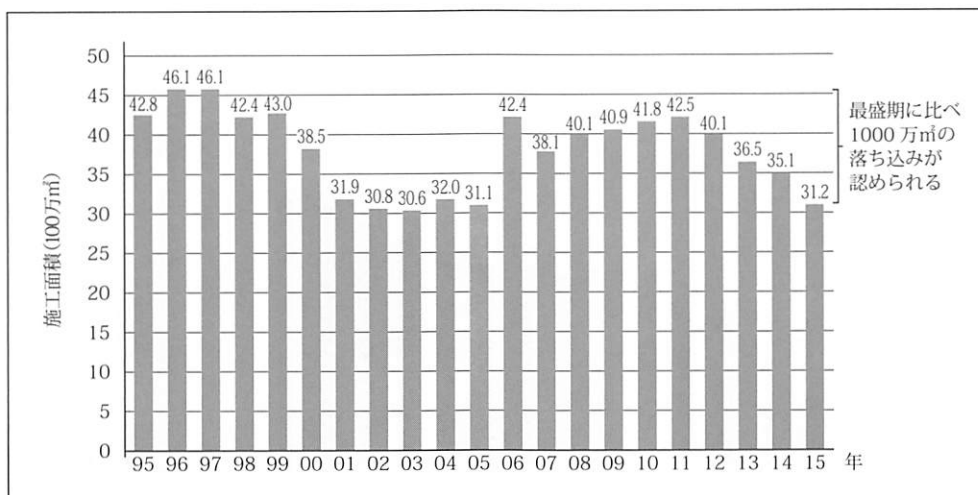


図2 ドイツ連邦共和国における1995～2015年の湿式外断熱(ETICS)施工面積

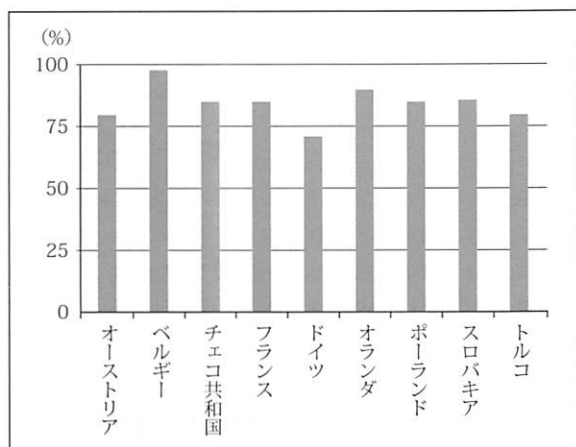


図3 各国の断熱材におけるビーズ発泡スチレンの(EPS)の占める割合

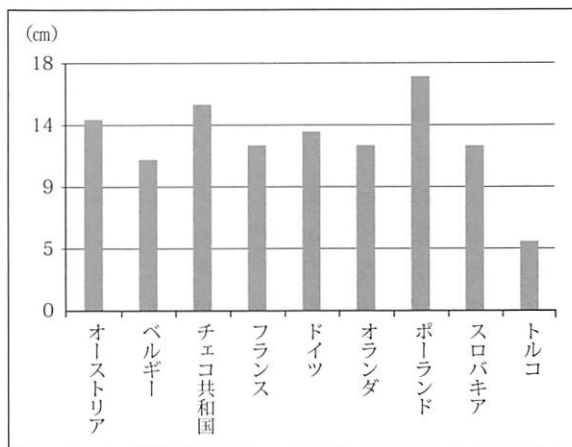


図4 各国の外断熱材料の平均厚さ

レン81%、ロックウール15パーセントとなっています。欧州南東部ではビーズ発泡スチレン60%、ロックウール25%となっています。全体ではビーズ発泡スチレンが80～82%、ロックウール13～15%となっています。その他材料は5～7%ですが、これにはフェノール樹脂、ポリウレタン、押し出し発泡スチレン、木毛繊維断熱材などが含まれます。

ドイツ連邦共和国における湿式外断熱の施工面積の1995年から2015年までの推移を図2に示します。残念ながら2011年から2015年にかけて施工面積が減少しております。これはロンドン高層住宅火災<sup>文獻3)</sup>を始め、いくつかの高層住宅で外断熱が火災を起こした事故<sup>文獻2)</sup>がありました。このような事が原因となっていると存じ

ます。これらは欧州外断熱協会(EAE)が施工のガイドブック等で推奨している工法ではなく通気層があり、かつ可燃性の断熱材が使用されたものです。しかし報道機関はこの違いを報ぜず、「外断熱高層建築が火災!」と報じたものですから、大きなマイナス要因となりました。原油価格の値下がりも影響したでしょう。法律的な支えが十分でなかったことも考えられます。たしかに外断熱発祥の地のドイツで湿式外断熱の施工面積は伸び悩みました。しかしトルコ共和国では2016年の施工面積が6500万㎡、ポーランド共和国では4000万㎡と大きく伸びました。国民一人当たりで見ますとチェコ共和国は人口が10,520,000人です。これに対し2016年に施工された湿式外断熱の面積は1400万㎡です。国民

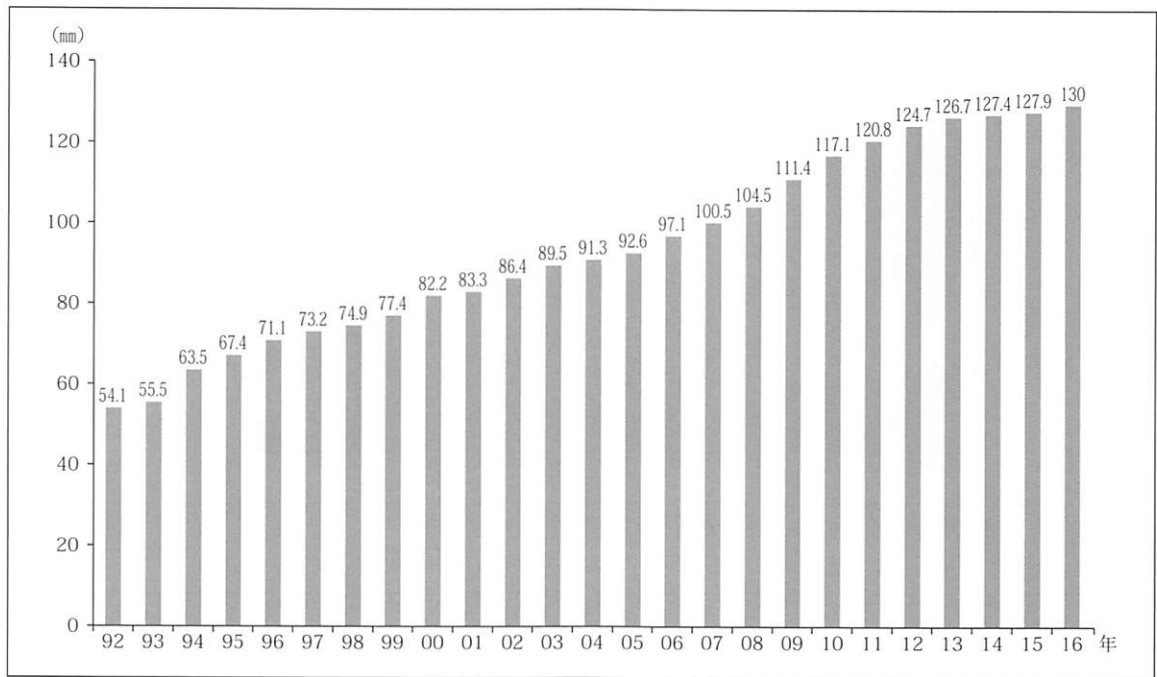


図5 ドイツ連邦共和国の断熱材厚さの推移

一人当たりでは1.33㎡になります。ルーマニアの人口は20,000,000人です。これに対し、2016年の湿式外断熱の施工面積は2700万㎡でした。国民一人当たりの施工面積は1.35㎡になります。これらの数値はドイツの3倍にもなります。

湿式外断熱(ETICS)では断熱材はビーズ発泡スチレン(EPS)の使用が最も優勢です。欧州各国でのEPSの使用割合を図3に示します。しかし各国でロックウールの使用が伸びてきております。ドイツの場合は新しい防火条例の影響もあります。ロンドンのグレンフェルタワー火災の影響が大きかったでしょう。図4に外断熱の断熱材の平均の厚さを国別に示します。ゼロエネルギーハウス等の影響で断熱材の厚さは増しつつあります。

湿式外断熱を施工することで、温室効果ガス排出を削減することができます。施工されていない建物に湿式外断熱を施工して温室効果ガスを減少させましょう。2050年までにカーボンニュートラルを達成するにはもう時間がありません。外断熱を普及させてエネルギー不足を解消させ、エネルギー輸入を減少させ、かつ雇用の促進に役立たせましょう。外断熱工事など建設業は地場産業です。投資された土地で雇用が促進され、利益はその土地に戻ってまいります。ドイツで得意としている自動車産業などは、そうはいきません。消費する土地に利

益は戻ってこないのです。エネルギー不足と健康の維持はリンクした問題です。欧州の6分の一人々は水蒸気がある湿った環境でカビに悩まされて生活をしています。その結果喘息患者も多く発生しています。これらの解決に湿式外断熱は必須です。

### 湿式外断熱の耐久性調査

図5にドイツ連邦共和国における1992年から2016年までの湿式外断熱の断熱材平均厚さの変化を示します。当初は20~60mmが標準でしたが、現在では120~180mmが標準になっております。ドイツ以外の欧州の国々でも同様であります。当初の湿式外断熱を施工した上にさらに湿式外断熱を施すという改修工事も行われるようになりました(写真2)。湿式外断熱の耐久性について問われることもあります。ホルツキルヘンにあるブラウンホーファー建築物理研究所に委託をし、共同で調査したことがあります。研究員は湿式外断熱を目視で観察し3つのグループに分けました。

- グループ1：損傷がない：通常的位置で観察し、せいぜいへアクラック位しか認められないもの
- グループ2：少しの損傷が認められるもの：いくつかのクラックが認められるもの、特に窓枠の隅角部や断熱



写真3 1985年に建設され、2010年に塗装の改修を行った集合住宅



写真2 既存の湿式外断熱の上にさらに湿式外断熱で断熱補強

材の継ぎ目にクラックが認められるもの

グループ3: 大きな損傷が認められるもの: 多数のクラックが発生したもの、特に窓枠の隅角部、断熱材の継ぎ目にクラックの顕著な発生が認められるもの、接着してあった断熱材の浮きなど。

湿式外断熱で施工された建物も自然の天候や汚染物質に晒されるわけですので、20年後くらいには改修が必要になってまいります。写真3に1985年に建設され

2010年に塗装の改修をした集合住宅の例を示します。湿式外断熱は当初白色や淡い色の塗装が奨励されてきました。濃い色ですと表面が日射にさらされた場合に高温になります。急に日が陰った場合に表面温度が下がり、塗装の塗膜が収縮しひび割れが入ります。最近ではこのような場合にもひび割れが生じないような塗料も開発され、濃い色の塗装も可能になってまいりました。

写真の中央はこの住宅の1995年の状態です。ブラウンホーファー研究所<sup>3)</sup>にドイツ各地に建つ比較的早い時期に湿式外断熱で施工された集合住宅を調査して頂きました。施工後29年経過したミュンヘンの集合住宅は全く損傷がなくグループ1に分類されました。ニュールンベルクに建設された施工後32年の集合住宅、並びに45年の集合住宅も損傷はなく、グループ1に分類されました。ニュールンベルクの施工後35年経過した集合住宅に少し損傷が認められました。これはグループ2に分類されました。ガイスリンゲンという町でも竣工後44年経過した沢山の集合住宅の検査を致しました。この集合住宅の内3棟で竣工後6年でグループ2に分類されるひび割れが入ったものがありました。しかしこれは直ちに補修され、今回の検査では全く問題はなく全てグループ1に分類されました。全ての検査でグループ2に分類されたものは1棟、それ以外は全てグループ1に分類され、ひび割れが認められるグループ3に分類されたものはありませんでした。この調査により、正しく施工された湿式外断熱の耐久性は保証されたと言えます。写真4に2008年にバルコニー部分に塗装をして改修した竣工後44年経過した集合住宅の写真を示します。初期の湿式外断熱の断熱厚さは現在のものに比べると薄いものでし



写真4 2008年にバルコニー部分を塗装して改修した竣工後44年経過した集合住宅

2004



2014



写真6 2004年に竣工し、2014年に改修した集合住宅



写真5 2重の湿式外断熱のPRに用いた図

2004



2014



写真7 2008年に既存の湿式外断熱の上にさらに8cmの湿式外断熱を施した例。塗装にはシリケート塗料を使用（ノイマルクト）

た。現在の断熱の基準はもっと厚いものになっています。そこで既存の湿式外断熱の上にさらに湿式外断熱を施すという研究も実施されました。その結果2重の湿式外断熱工法の耐久性も確認されましたので、私共は少しエロチックな図柄を用いてこの方法のキャンペーンを実施しています(写真5)。

すでにお話ししましたように湿式外断熱が始まったころの彩色は地味なものでした。これも耐候性のある塗料の開発によりベランダに様々な着色を施した湿式外断熱の集合住宅も出現するようになりました。2004年に竣工し、2014年に改修された集合住宅の例を写真6に示します。ノイマルクトという町の事務所建築は2004年に竣工し、2008年に既存の湿式外断熱の上にさらに8cm厚さの湿式外断熱を施しました。さらにシリケート塗料で塗装をし、改修致しました。その結果、何の損傷もなくグループ1に分類された建物です(写真7)。これらの調査結果はBauphysik誌2006年の3月号に掲載されています。

## 計画や施工上の注意点

湿式外断熱は注意深い計画を練り施工すれば成功いたします。信頼のおける湿式外断熱施工業者に依頼すれば事故は起こりません。またメンテナンスも重要であります。欧州外断熱協会では湿式外断熱が正しく計画され、施工されるようにマニュアル<sup>4)</sup>を発行しております。

では日常どのような注意や観察が必要でしょうか？藻類やかびなどの菌類がコーティングや表面を汚染していないか、目視で検査する必要があります。このような汚染がひび割れの原因になります。断熱材の接合部やエキスパンションジョイント部はひび割れが入ることがあるので、目視検査が必要です。窓枠やドア回りもひび割れが入りやすいので目視検査が必要です。

外断熱を施した建物で、火災事故が発生したものがありません。ロンドンのグレンフェルタワーのように多くの犠牲者を出したものもあります。これらは通気層のある外断熱に可燃性の断熱材が使用されていて起きた事故です。湿式外断熱工法ではこのような事故は起こりません。しかし廃棄物収集容器が建物外壁に接しておかれ、タバコの火が収集容器に残っており湿式外断熱の外壁が燃焼したという事故はありました。このような事で、外断熱と火災というのは何時も重要なテーマであります。欧州全体で火災に対する安全試験の統一を図ろうという

努力はされて参りました。しかし国により法規が異なり、まだ試験方法統一の道は遠いのです。例えば英国では英国の規格BS8414-1に合格していれば高層ビルの外装に可燃物を使用することも許されています。ドイツでは22mを超える建物では外装に不燃材料を使用するようになっております。7m~22mの間はドイツ工業規格DIN 4102-20による試験で合格した材料は使用できるようになっております。防火に対しての重要な事項は5つあります。

- 1) 火災発生のリスクを抑える事；これには家具などの火災荷重の低減や建物に近接して廃棄物容器を置かないことなどがあります。さらに、建物の隣棟間隔を十分にとることも大切です。建物の設計も重要です。特にガス配管には注意が必要です。
- 2) 火災の発見と警報；これには煙感知器の設置、スプリンクラーの設置、自動警報装置の設置、排煙装置の設置などがあります。
- 3) 救出の可能性向上；これには避難路の増設、避難梯子の設置、避難路に物を置かない事も大切です。
- 4) 消防隊の設備の改善；これには消防設備の品質向上、防火服の性能向上などがあります。
- 5) 火災の拡大防止；これには建物外皮の防火試験、各国の防火規格が建物の規模や用途により異なっているのが問題です。

## グレンフェルタワー火災事故

2017年に起きたロンドンのグレンフェルタワーの火災事故は悲惨でした。英国政府はDame Judith Hackitt 女史<sup>5)</sup>に調査報告を求めました。この暫定報告書は2017年12月に提出されました。これによりますと、①建物の規制や管理者の体制が不十分で、この事を理解するのが困難という事がまず挙げられます。②設計や施工の能力、管理が不足していました。事態の経過を見ていく中で、改修時の管理、品質保証が粗末であった事が挙げられます。当初設計されたものと実際に施工されたものが異なっていたことも判明しました。材料の品質保証、そこに投入された人材が欠乏していたと申せます。

グレンフェルタワーの火災で今日判明している事項は次の事です。

- ・外皮のシステム：通気層のある外断熱でした。(湿式外断熱(ETICS)ではありませんでした。)
- ・断熱材はポリウレタンが使用されていました。

・外装はポリウレタンをコアとしたアルミニウムの複合材料でした。建築の中でアルミニウム複合材料の中に詰め物が入った材料を他の建築外皮材料に接合して使用することは建築規制の指針に違反していることははっきりしています。

註：製造業者は当初の予定とは別の防火等級の外皮構造を納入しています。

明らかに当初の設計とは別の仕様の製品が納入され使用されていました。この建物の防火扉は建築法規に則り耐火30分の仕様で使用されていたはずでした。しかしロンドン警視庁の試験によりますと、15分間しかもちませんでした。

火元から外皮構造への火炎の広がりや経路はわかっております。煙感知システムにも問題がありました。防火設備の点検にも問題がありました。

### 湿式外断熱構造は現代建築のカギ

湿式外断熱構造は現代建築のカギであります。長い間湿式外断熱に使用された有力な断熱材料はビーズ発泡スチレンでした。しかし最近では形、色彩、デザインにおいても変化に富んだユニークなものが使用されるようになりました。人類は多様であります。人類は異なる要求、好み、味覚を持っています。最近の建築はこのような要求に対応しております。解決方法は沢山あります。それぞれの要求に沿った熱的に改善された外皮が提供されるようになりました。そして、これらは新築建築、改修建築に対応できています(写真8, 9, 10)。

絶対に完全な断熱材料というのは存在しません。しかし異なる要求と好みに対応できる断熱材は存在します。しかもその種類は常に増大しております。ポリスチレン、ロックウール、発泡鉱物繊維、ポリウレタン、木毛繊維、発泡フェノール、発泡ガラス、再生可能な材料から製造された断熱材などがあります。仕上げ材料の選択では、各々の建物が各々の顔を持つようにできております。漆喰仕上げが外皮デザインに良く使用されてきました。漆喰仕上げも形態、彩色などに大変変化に富む対応ができるようになってきております(写真11~14)。伝統的な漆喰仕上げに加え、金属、ガラス、磁器による仕上げも現在では可能になっております。同様に木材、自然石などの仕上げも現在では可能になっております(写真15~16)。

最近では黒っぽい色が流行になっております。建築家



写真8 人類はそれぞれ異なる嗜好や味覚を持つ



写真9 表面が曲面であり、白色でない外断熱工法も使用されるようになった



写真10 多彩な形状、多彩な彩色の湿式外断熱が新築、改修に利用されるようになった。

のこう言った要求にこたえて革新的な解決法が現れております。

環境や技術面に加えて私共はソフトな利点を忘れてはいけません。湿式外断熱により人々は利便性、安心、家庭の快適性を手にすることになります。その結果、生活の質を改善できるのです(写真17)。

ご清聴ありがとうございました。(一社)日本断熱住宅技術協会との協力関係に実りある発展があることを祈ります。協会の益々のご発展を祈念申し上げます。



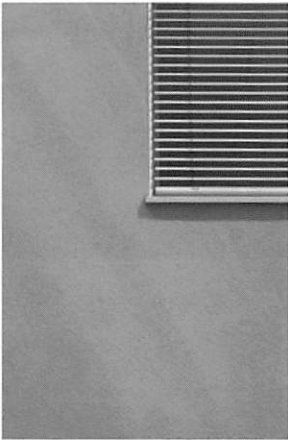


写真11 オレンジ色の表面仕上げが施された湿式外断熱 (Keimfarben)

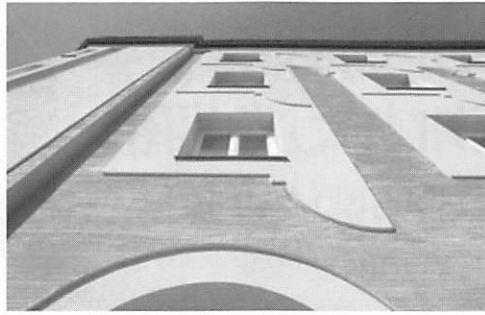


写真12 曲面を持つ仕上げの湿式外断熱 (Keimfarben)

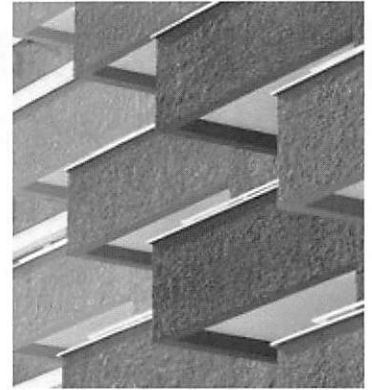


写真13 ベランダに様々な彩色をした湿式外断熱 (Keimfarben)

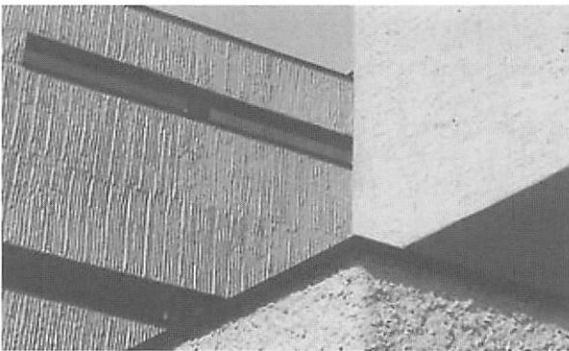


写真14 表面に筋を入れた仕上げとした湿式外断熱 (Keimfarben)



写真15 金属仕上げの湿式外断熱



写真16 磁器仕上げの湿式外断熱

写真17 外断熱によるソフトの効果が大切です。(私の家は私の城です。)



#### 〈参考文献〉

1. 田中辰明:「第3回欧州外断熱フォーラム報告」月刊建築仕上技術2016年2月号
2. 田中辰明:「第3回欧州外断熱フォーラム報告(その2)」月刊建築仕上技術2016年3月号
3. 田中辰明:「ロンドン高層集合住宅の火災、月刊建築仕上技術2017年7月号
4. 田中辰明:「第4回欧州外断熱フォーラム報告」:月刊建築仕上技術2018年3月号

#### 〈註〉

- 1 所在地:〒230-8571横浜市鶴見区鶴見中央4-33-1、Tel. 045-501-5064、久保寺功事務局長
- 2 所在地: Fremersbergerstraße 33, 76530 Baden-Baden, Germany
- 3 Fraunhofer Institut für Bauphysik, Fraunhoferstr. 10, 83626 Valley, Germany
- 4 「欧州外断熱ガイドライン」としてNPO法人外断熱推進会議より翻訳が行われ、出版されている
- 5 Dame Judith Hackitt女史は1954年生まれの英国の化学工学者。Telegraph紙は英国の著名技術者50名の内に女史を選定している。独立した調査機関を設立し、英国政府より「健康と安全」、「建築と火災」の委員委嘱を受けている。英国政府から委託を受け、グレンフェルトタワー火災の暫定調査報告を2017年12月に提出した。

注記: この講演会はNPO法人日本外断熱協会(堀内正純理事長)と共同で行われた。