

# フラウンホーファー研究所と非定常熱湿気同時移動のシミュレーションプログラム・WUFI（その3）

お茶の水女子大学生生活科学部教授 田中辰明

フラウンホーファー研究所には本稿“その2”で紹介した研究装置以外にも建築環境工学の研究に携わった者であれば羨ましい多くの研究施設が整っている。そのいくつかを紹介したい。

## ・サーマルマネキン

温熱環境評価のために人工の皮膚を持つサーマルマネキンが開発されている。当初は事務所などにおける熱的快適性の評価に用いられていたが、その後自動車の中の温熱環境、航空機の中の温熱環境評価に使用されその研究結果はよく専門誌で紹介された。写1に実験中のサーマルマネキンを示す。



写真1 サーマルマネキンによる実験

## ・ファサード等の熱的評価試験建物

これはHolzkirchenの研究所の玄関近くに建っている。外ブラインドや換気窓その他各種のファサードの熱的評価を行える実験建物である。地上3階建て、研究所ではこれをVERU (Versuchseinrichtung für energetische・und raumklimatische Untersuchungen：エネルギーと室内気候試験装置)と呼んでいる。比較的新しい装置である。室内側には放熱器も置かれファサードとの組み合わせで試験が行われている（写2）。



写真2 エネルギーと室内気候試験装置“VERU”

## ・エアバス

これは航空機でのエコノミークラス症候群やサイズが問題になったのをきっかけに研究が始まっ

た。実物の航空機エアバスを研究所の敷地に持ち込みサーマルマネキン等も用い実験研究が行われた。最適な航空機内での空調、特に機内での気流

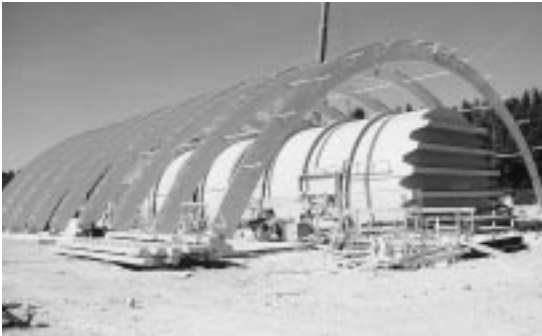


写真3 エアバスのさや架構工事



写真5 試験所内のエアバス



写真4 さや内に収められたエアバス



写真6 屋外試験室（透明断熱材の試験）

分布などが課題となった。航空機は飛行すると機体外部はかなりの低圧になり機内との圧力差は大きなものになる。そこで航空機の外部を減圧の状態に保てるように、さやを設ける工事が2005年の9月に訪問した際に行われていた（写3, 4）。筆者が2004年の9月に訪問した際は、航空機は敷地内に置かれていた（写5）。

#### ・各種の屋外実験室

前報でHolzkirchenの研究所における回転式実験室を紹介したが、同種の屋外設置の実験室は多数存在する。ここでは透明断熱材の性能試験装置を紹介する（写6）。透明断熱材はFraunhofer研究所で古くから実験研究が行われていた。日射を受ける建物躯体の外側に透明断熱材を設置する。断熱材が透明なので、太陽熱により直接断熱材の裏側の建物躯体が暖められる。暖められた建物躯体

は高温になり熱を逃がそうとするが、外気側には断熱材があるので、殆どは時間の遅れを伴って室内側に放出される。

そしてパッシブの暖房が行われるというものである。しかし外壁は適当に吸放湿するのが良いのであって、このように透明断熱材の外側が吸放湿をしない材料で仕上げられていると透明断熱材の中に入った水蒸気の逃げ場が無く透明断熱材が曇ってしまうとの事であった。理論的には透明断熱材を完全な工事を行い水蒸気が決して中に進入しないようにすればよいのであるが、建築工事は人間が行うもので、完全な工事は不可能なようである。写6においても透明断熱材の下から半部以上が曇った状態になっている様子がうかがえる。

#### ・各種建築材料の透湿率の試験装置

わが国では透湿率、もしくは湿気伝導率と呼ば



写真7 カップ法による水蒸気拡散抵抗係数  $\mu$  値測定



写真9 各種外断熱表面仕上材料の耐候性試験



写真8 カップ法による水蒸気拡散抵抗係数  $\mu$  値測定



写真10 各種表面仕上材料の耐候性試験

れ、材料の水蒸気の透しやすさの試験が行われている。ドイツではこれを水蒸気拡散抵抗係数と呼んでいる。すでに国際規格ISOで定義されている。ドイツ語ではこれをWasserdampfdiffusionswiderstandsfaktorと呼び、筆者が知るドイツ語の中でも最も長い単語の一つである。一般に $\mu$ 値と呼ばれるがドイツの工業規格DIN4108に規定される方法でこれを用いることで壁体内の水蒸気の蓄積量や放散量が計算できる。この測定法はDIN52615で規定されている。そしてこの規格により $\mu$ 値が測定できる実験室が出来ている。いわゆるカップ法で測定が行われる。実験の様子を写7, 8に示す。このような試験が几帳面にかつ着実に実行されデータが公表されている。この測定は実に根気の要る仕事で、現在の日本では行っている人は少ない。

#### ・外断熱関連の試験装置

わが国において外断熱工法が優れた工法であることは多くの人に認められつつあるが、なかなか実際の適用は少ない。ドイツでは早くから外断熱工法が取り入れられ普及が進んでいる。これはFraunhofer研究所で多くの実験が行われており、耐久性などの実証が行われてきたからである。湿式の外断熱の協会もBaden Badenに存在し、工事の規準などを発行している。これもFraunhofer研究所に協会が委託研究を出し、その成果から基準を作成し世間での普及を広めたものである。写9, 10に室内側は実際の室内条件を整え、外気側は外断熱の各種仕様を代えて曝露実験を行っている様子を示す。湿式外断熱工法では外気側の表面仕上げは雨は通さないが、水蒸気は通す性質の仕上げ材料をコテ塗りなどをして施工している。この材料は各種メーカーが様々な材料を提供してい



写真11 密着式外断熱仕上材料の耐候性試験

る。多くの場合最後に・・・putzという名前が付いている。この仕上げ材料も各種のものが実際の建物に使用され耐候性試験が行われている。(写11)

#### ・透湿シート

わが国では内断熱であっても室内側に完全な防湿層を設け、かつ完全な工事を行えば結露は起こらないとする説もある。ドイツでは室内側に完全な防湿層を設けることは危険であると言う。筆者も実地調査で内断熱を行って結露事故を起こした例を多数調査している。完全な工事はありません、電気のコンセントを設ければここから水蒸気が壁体内に侵入するし、少しでも外壁に穴があくような損傷を受ければそこから雨水が浸入することもある。その場合に完全な防湿層があれば室内側に放湿し、壁体内を乾燥させようとしても水蒸気の逃げようがなく防湿層である壁紙の裏に結露シカビが生え危険であるというものである。そして水の状態では通らないがある条件で水蒸気を通るようなシートが用いられ、この実験も行われている(写12, 13)。



写真12 屋根構造内に設置された透湿防水膜とリサイクルセルローズファイバー断熱材



写真13 屋根裏に用いられた吸放湿・防湿シート

ここに報告した以外にも音響に関する事、太陽熱利用に関する事、光環境に関する事など幅広く研究が繰り返されている。しかし実験研究は実に根気と長時間の作業を必要とする。そこで同研究所ではソフト開発にも力を入れキュンツェル博士を中心に熱と水蒸気が同時に移動する際の非定常計算プログラムWUFIが開発された。次号でこの紹介を行う。