

2023年度国際名誉員 ハルトヴィック・キュンツエル教授の紹介

田中辰明 お茶の水女子大学名誉教授 名誉会員

キーワード:国際名誉員(International Honorary Member), 建築物理学(Building Physics), フラウンホーファー建築物理研究所(Fraunhofer Institute for Building Physics), 同時移動非定常解析プログラム(Wärme und Feuchte Instationär: WUFI), ヘルムート・キュンツエル(Helmut Künzel)

ドイツのフラウンホーファー建築物理研究所のハルトヴィック・キュンツエル(Hartwig Künzel)教授は当学会の国際名誉員に推挙された。同教授は2023年5月12日の総会で倉渢隆会長から国際名誉員証を受領した。キュンツエル教授の経歴、授賞理由、受賞に当たっての挨拶、キュンツエル教授が早稲田大学、東京大学で行った講演の概要を紹介する。

はじめに

国際名誉員(International Honorary Member)とは空気調和・衛生工学会(以下、当学会)における国際交流活動の活性化を推進する一環として、当学会の目的・事業に関する国際交流に貢献し、顕著な功績のあったものに国際名誉員の称号を贈ることで、当学会の更なる国際的認知度向上に寄与することを目的に2001年3月に設置された制度である。2023年度はドイツのフラウンホーファー建築物理研究所、熱湿気部門長のハルトヴィック・キュンツエル教授(シュトゥットガルト(Stuttgart)大学教授を兼務)が推挙された。そして2023年5月12日に明治記念館で開催された第96回の総会で、国際名誉員の証を倉渢隆会長から授与された(写真-1)。

I. キュンツエル教授

キュンツエル教授の略歴は以下のとおりである。

- 1959年 ドイツのテーガンゼー生まれ
- 1987年 ドイツのエアランゲン大学卒業
- 1994年 シュトゥットガルト大学で博士号取得
- 1997~1999年 シュトゥットガルト大学講師(湿気の制御を教授)
- 2008年~現在 シュトゥットガルト大学で気象特化設計、室内気候を講義
- 2016年~現在 シュトゥットガルト大学特任教授
- 1994年~現在 ホルツキルヘン(Holzkirchen)とシュトゥットガルトのフラウンホーファー建築物理研究所熱湿気部門長
- ・熱と湿気の同時移動非定常解析プログラム(WUFI)を



写真-1 空気調和・衛生工学会第96回総会で倉渢会長より国際名誉員の証を受けるキュンツエル教授

開発し世界に広めた。

- ・ASHRAEの湿気部門の委員会で重要な役割を果たし、ASHRAE Handbookにて毎号執筆を行う。
- ・キュンツエル教授と当学会との関係は次のとおりである。

2004年に、国際連合大学とフラウンホーファー建築物理研究所“サスティナブル・ジャパン～地球環境と私たち”という講演会を東京(6月30日、国連大学)、京都(7月2日、キャンパスプラザ京都)、札幌(7月5日、札幌エルプラザ)で実施、キュンツエル教授が主導した。空気調和・衛生工学会が後援し、学会長も出席、挨拶を行った。ここで当学会が後援と記したが、外国の研究所が日本で行う講演会であったため、実質的には当学会主催であった。学会員である推薦者の筆者と当時の京都工芸繊維大学芝池英樹准教授が担当し、実施した。ドイツ大使館でも当時のシュミーゲロウ大使によるレセプションがあり、当学会会長にもご出席賜り、ご挨拶いただいた。建築物の水蒸気拡散を扱う当学会会員の多数がフラウンホーファー建築物理研究所を訪問し、キュンツエル教授の教えを乞うた。そしてその結果を多数、空気調和・衛生工学会大会論文報告集などに報告し、学術の進歩に貢献した。推薦者の筆者とキュンツエル教授との連名で“WUFIを使った建築部位における

非定常熱気移動のシミュレーション”を“月刊 建築仕上技術”誌に研究レポートとして発表している。

2. キュンツエル教授の国際名誉員授与に対する挨拶

キュンツエル教授は国際名誉員の証を受領後、次のような挨拶を行った。

“倉渢会長、ご列席の皆様、こんにちは。私はハルトヴィック・キュンツエルと申します。この度、非常に長い歴史を持つ空気調和・衛生工学会の国際名誉員に推挙され、大変光栄に思っております。空気調和・衛生工学会は、1917年に“暖房冷蔵協会”として設立されたと伺っております。

空気調和・衛生工学は空気調和・衛生工学、環境、エネルギー、建築物理の分野の学術団体です。私はドイツのフラウンホーファー建築物理研究所の研究員ですが、空気調和・衛生工学会のことを存じております。

私はASHRAEの正会員であり、ASHRAE Handbook of Fundamentalsのいくつかの版にも執筆しております。私の所には、田中絵梨という研究員がおります。彼女は空気調和・衛生工学会の正会員です。彼女を通じて、日本の空気調和・衛生工学会のことも知りました。毎月の学会誌の発行や学術講演会の開催など、素晴らしい活動をされている学会に敬意を表します。ですから、この度、本学会の国際名誉員になれたことを大変光栄に思っております。今日はお礼の講演はできませんが、このあと東京大学で熱と水蒸気にに関する講演を行います。講演内容は、WUFIについてです。

WUFIは、私が開発を主導した熱と水蒸気の同時移動の非定常計算プログラムです。これは、熱と水分の同時移動の非定常解析プログラムで、様々な気候条件下で壁や屋根を構成する個々の建材の熱と水分の挙動を正確に予測することができます。また、5月9日には授賞式に先立ち、早稲田大学で講演を行いました。学生たちから熱心な質問があり、とても嬉しかったです。

私のフラウンホーファー建築物理研究所も非常に長い歴史を持っています。今後も貴学会と情報交換や協力ができれば幸いです。ご出席の皆様のご健康と、貴空気調和・衛生工学会のますますのご発展をお祈り申し上げます。

今日は、私たちが長年にわたって協力してきた田中教授にも特別な感謝の言葉を述べたいと思います。私が2004年に初めて日本に来たのは彼を通じてであり、それ以来、彼や日本の研究者と定期的に交流しております。ご清聴、誠にありがとうございました。”



写真-2 ホルツキルヘンのフラウンホーファー建築物理研究所の屋外暴露試験場

3. キュンツエル教授の講演会

キュンツエル教授は5月9日に早稲田大学で、12日に東京大学生産技術研究所で、15日はピーエス(株)で講演を行った。この講演の概要を以下に記す。

“フラウンホーファー建築物理研究所はドイツのシュトゥットガルトとホルツキルヘンにあります。現在両方の施設で420人の従業員が勤務しております。年間の研究費は40億円ほどです。1929年にシュトゥットガルト大学の建築物理施設として誕生いたしました。現在でもシュトゥットガルト大学とは緊密な連携が保たれ、私も同大学の教授を兼務しております。ホルツキルヘンはバイエルン州にあり、ミュンヘンの南およそ30kmの所にあります。海拔およそ1600mの場所です。従いまして、夏は非常に暑く、冬は非常に寒く、降雪量も多い土地です。ホルツキルヘンを建築物理研究所の土地として選定したのは私の父、ヘルムート・キュンツエルです。このような土地で、建築材料、建築部位を野ざらしにして耐候性試験を行い損傷のなかった建築材料、建築部位はドイツのどこへもって行っても損傷なく使用できると考えたのです。そして構造的に不利な形状の試験体が多数作られ、耐候性試験が行われました。しかし耐候性試験はお金もかかりますし、結果が出るまで、非常に長い時間が必要になります(写真-2)。当初コンピューターは非常に高価なものでしたし、性能も劣っていました。しかしその進歩は早く、現在では価格も安く、かつ性能は飛躍的に向上いたしました。そこで、コンピューターシミュレーションも並行して行うようになりました。私が開発したWUFIは、様々な気候条件で、壁や屋根を構成する各建材の熱・湿気挙動を正確に予測することができる非定常熱湿気同時移動解析プログラムです。ドイツ語で“非定常の熱湿気”を意味するWärme und Feuchte Instationärの頭文字を取ってWUFIという名称になりました。気象データや建材データはシミュレーションに欠かせないのですが、日本には、800

地点以上の気象データが用意されております。日本の建材試験センターとも、熱湿気シミュレーションに必要な物性値の測定に関し、情報交換を行い、日本特有の建材の物性値をWUFIの中に取り込んでおります。

室内の表面にカビが発生すると、健康に害を及ぼすため、発生の防止が必要です。ドイツの昔の基準では、室内の表面に結露が生じないことを定めておりましたが、結露が生じていなくても、例えば温度が25℃、相対湿度が70%を超えるとカビ発生のリスクが高まります。カビにもたくさんの種類があり、私共では非常にたくさんのカビ菌を所有しており、カビの同定も行っております。建物の断熱は元来省エネルギーのためではなく、暖房時に室内表面に結露やカビ発生を防止するためのものでした。断熱を大きく分けると、三つのタイプがあります。外断熱、内断熱、充填断熱です。熱橋を防止するには外断熱が最も安全です。しかし外壁の表面に結露が生じると、微生物の繁殖が起き、汚れが発生することもあります。内断熱は、室内側に施工される断熱材は熱を蓄えにくいので、空調による暖冷房の効きがよく、短時間で熱的快適性を確保できます。間欠的に使用する空間には適しているでしょう。

湿気による建物のダメージを防止するためには建物内部の湿気の挙動を徹底的に解析し、理解することが大切です。湿気の動きは熱と連動しておりますので、熱と湿気をセットにして考えることが大切です。

建物の中と外で、温度と水蒸気圧に差があると、湿気が流れます。寒冷地においては暖房をする冬に、蒸し暑い蒸暑地またはそれに近い地域においては、冷房する夏に、特に著しく湿気が躯体の中を流れます。蒸暑地では、気温の差は小さくても、水蒸気圧の差はとても大きくなります。これは、飽和水蒸気圧は温度に対して対数的に、つまり、少しの温度差に対して著しく上昇するためです。このことから、防湿の対策は、寒冷地だけではなく、冷房を必要とする地域でも必要であることが分かります。蒸暑地であるフロリダで、ビニルクロスの裏にカビが発生した例をご紹介します。この場合、防湿性のあるビニルクロスを室内側に貼ったのが間違いでした。

コンクリートのように外壁が水を吸収する場合、雨が外壁に当たると、その分、外壁に含まれる水の量が多くなります。雨がやむと、含まれた水分は外に向かって乾燥します。雨が当たる頻度と、日射や気温、風速などの乾燥に関わる条件に応じて、外壁は次に雨が降るまでの間に完全に乾燥するか、または平衡状態に至ります。

レンガのように吸水性のある建材で外装仕上げをすると、そこに当たった雨はしばらくの間、外装材の中に含まれたままとなります。そこに日射が当たると、表面における水蒸気分圧が高くなるため、含まれている水分は、外側

にも、そして内側にも移動します。その結果、室内側に流れた湿気が壁体内部で結露するなどのリスクにつながります。これがいわゆる逆転結露、または夏型結露と言われるものですが、特に、木造で、通気層がない場合にこのリスクは高まります。通気層は、湿った外装材と、躯体とのコンタクトを断つという役目もあります。

これまでの内容をまとめます。まず、室内の空気質をよい状態に保つためには、湿気のコントロールが大切です。カビなどの微生物は居住者の健康に害を与える物質を空気中に放出します。防湿処理のために使った化学物質は、健康に悪影響がある場合があります。次に、建物の耐久性を高めるためにも、湿気のコントロールが重要です。断熱をすると結露リスクが高まるため、特に注意が必要です。よかれと思って施した断熱が、思わぬ湿気の害を引き起こすリスクがあります。地球の温暖化と、一般的に湿気のダメージを受けやすい自然系の建材の使用によって、湿気による建物被害のリスクが高まります。最後に、熱湿気シミュレーションをすることの利点についてお話ししました。熱湿気シミュレーションモデルは、実証実験によってその結果の信頼性が確認されております。シミュレーションをすることによって、新しい工法や建材を開発したり、設計を改善することができます。湿気によるダメージが生じた場合、熱湿気シミュレーションによって、その原因を特定することができます。湿気対策は、建物の設計段階から建物の寿命まで、特に、施工段階においてしっかりと行われる必要があります。

近年では、建築設計のために、建物のエネルギー・シミュレーションを行うことは一般的になってきました。熱と湿気を考慮した建物の設計は、エネルギーだけではなく、湿気の影響およびリスクも同時に検証できる付加価値があります。例えば、貴重な美術品が保存されている歴史的建物を安全に保存するためには、安定した湿度が必要であり、これは重要な視点です。また、居住空間の室内の湿気の変動や、室内の湿気と室内表面の建材や空調機器との関係を適切に検証するためにも役に立ちます。熱容量を有効活用した構造は、熱だけではなく、湿気も蓄えたり、放出したりします。衛生で快適な居住空間かどうかは、室内的温度だけではなく、湿度の影響も受けます。

これまで外壁の設計は、空調機器とは別々に行われてきました。しかし、どちらも地域の気候や建物の使い方に合わせたものである必要がありますが、両方を同時に考慮した設計は、まだ稀です。すでに、外皮構造に埋め込んだ暖房および冷房システムはいくつか開発されてきております。構造と空調設備を賢く組み合わせることにより、構造の熱と湿気を蓄える性質をうまく利用して、空調のピーク負荷およびピーク需要の時間をずらすことができます。ま



写真-3 ホルツキルヘンのフラウンホーファー建築物理研究所の多目的室内向実験棟



写真-4 ホルツキルヘンのフラウンホーファー建築物理研究所の航空機室内気候実験装置

た、換気システムが組み込まれた外壁も、構造とシステムの組み合わせの一例として挙げられます。このようなシステムがうまく機能するかどうかにとって、湿気は大事なファクターとなります。

太陽や風力のような再生可能エネルギーは、時として余剰に作られてしまいます。そこで、余剰に作られたエネルギーを建物に蓄えるための研究が進んでおります。中央ヨーロッパにおいては、冬場はソーラーパネルで得られる電力量は少ないですが、風力によって得られる電力量は、夏場よりも多くなります。そのため、暖房用には風力発電を蓄えて使うのが有効です。しかし、建物の蓄熱は、24時間サイクルを基準として設計されておりますが、風力によって作られる発電量の変動は、だいたい10日のサイクルです。つまり、10日間、電力の供給がなくとも耐えられるような蓄熱システムが必要です。風力を暖房に使う研究プロジェクトでは、三つのタイプの蓄熱システムのモデルが開発されました。温水タンク、石に高温(約800°C)を蓄熱するシステム、そして建物構造に蓄熱させるTABSというシステムです。このTABSシステムは、両サイド

を断熱し、室内に熱が逃げないようになっており、最高で40°Cまでの温度調節を行うことによって、蓄熱性を上げることができます。次のステップは、これらの蓄熱システムを、実際の建物に使用する実証実験です。

以上、熱と湿気を中心にご説明いたしました。フラウンホーファー建築物理研究所では音響の研究も行っておりまし、たくさんの実験装置を保有し、研究を行っております。多目的の室内気象実験棟(写真-3)航空機内でコロナ患者が発生した場合の空調や、航空機内の熱的快適性の実験、振動などの研究も行っております(写真-4)。

ご清聴有難うございました。更なる情報は次のURLをご覧ください(www.building-physics.com ; www.wufi.com)。

おわりに

キュンツエル教授は5月6日に来日し、翌17日に次の出張先ニュージーランドを経て帰国した。その間、宿泊した神田のホテルでは偶然開催中の神田祭を見学し、都会の祭りに感銘した。また5月15日は東京都清瀬市の大林組技術研究所を訪問、研究員と意見交換を行った。

(2023/5/21 原稿受理)

Prof. Hartwig Künzel, International Honorary Member of SHASE for 2023

Tatsuaki Tanaka*

Synopsis Professor Hartwig Künzel of the Fraunhofer Institute for Building Physics, Germany, has been nominated as an International Honorary Member of the SHASE. He received the International Honorary Fellowship from President Takashi Kurabuchi at the General Assembly of SHASE on May 12, 2023. Professor Künzel's biography, reasons for receiving the award, his acceptance speech, and a summary of the lectures he has given at Waseda University and Tokyo University are presented above.

(Received May 21, 2023)

* Prof. Emeritus Ochanomizu University, Honorary Member

田中辰明 たなかたつあき
昭和15年生まれ/出身地 東京都/学位 工学博士
(早稲田大学)/専門 建築環境工学

