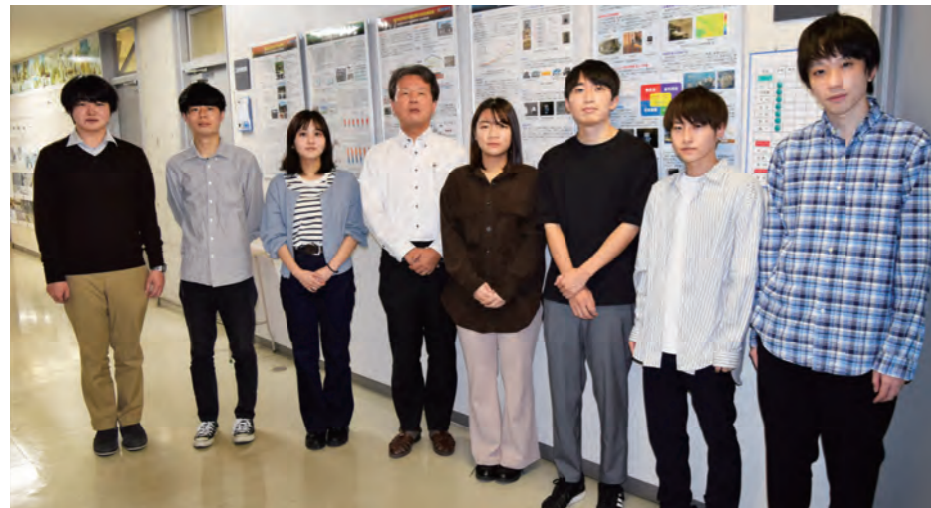


時代のニーズに合わせた住環境を研究する

学生時代に住んでいたアパートで、結露被害に直面した経験から、環境工学の道を進んだ三田村輝章准教授。住まいの環境性能が現在ほど重視されていなかった頃から取り組んできた、住環境の研究変遷と展望についてひもとく。



現場での実測調査に熱心に取り組む研究室メンバーの中には、自身や家族の健康問題を解決したいと考え、研究室にやって来る学生も

幼少期から大学入学まで、国宝・犬山城や博物館・明治村のある愛知県犬山市で生まれ育ったことから、歴史的な建築物に興味をもち、大学では建築を学ぼうと東北大学工学部への進学を決めた三田村輝章准教授。入学後は、建築家になりたいと思い建築学科に進むが、そのとき住んでいた宮城県仙台市の古いアパートでは、窓や玄関扉に発生する結露被害に悩まされることに。それが、環境工学を学びたいという動機につながったと話す。

「建築学科に来る多くの学生がそうであるように、私も最初は建築家を志して建築学科に進みました。ですが、2年生後期から始まった設計製図の授業では、デザインが上手な同級生がたくさんいて、自分はとてもかなわないと実感したのです。そういったなかでい

ろいろ考えると、自分は設計製図よりも構造力学や環境工学といった、計算や物理現象を扱う科目のほうが好きだということに気づきました。と同時に、当時、住んでいたアパートの結露を解消するにはどうしたらいいのか知りたいと思い、環境工学の道に進むことにしたのです」

東北の冬は厳しく、冬の朝には窓ガラスや玄関扉の表面についた結露が流れ落ちて凍りつき、窓や玄関が開かなくなるといった現象も起きたという。お湯で氷を溶かすといった後付けの解決ではなく、住まいの構造を変えることでその問題を解決できないかと考えたそうだが、三田村准教授が学生だった当時は、住まいへの要求が令和の現在とは大きく異なっていた。「建築雑誌に紹介されていたコンクリート打ちっぱな



三田村 輝章 准教授 博士(工学)

みたむら・てるあき / 1973年 福井県生まれ(愛知県出身)
 2001年 東北大学大学院 工学研究科 都市・建築学専攻 博士後期課程終了
 2001年 東北大学大学院 工学研究科 教務補佐員
 2002年 横浜国立大学 ベンチャー・ビジネス・ラボラトリー 講師
 2005年 足利工業大学(現・足利大学)工学部 建築学科 専任講師～准教授

しの集合住宅を見て、見た目はカッコいいけれど、外部も内部もコンクリート仕上げで、中に住む人は寒くないのかと疑問をもちました。寒い室内で過ごすことが健康に悪いということなど、一般には知られていなかった時代です。ですが、阪神・淡路大震災以降に建物の耐震化が目されるようになったのと同様、最近では、冬に暖かい住宅に住むことが健康につながることや、コロナ禍以降は室内換気の重要性が叫ばれるようになりました。このように、住まいへのニーズは、時代と共にどんどん変わってきています。私が大学院生になった頃は、ちょうど“シックハウス症候群”が大きな社会問題になり、室内化学汚染物質の調査や換気システムに関する研究がさかに行われ、各住宅メーカーもシックハウス対策を積極的にア

ピールしていました。その後、東日本大震災以降は省エネルギーに加えて、屋根に太陽光発電パネルを載せてエネルギーを創り出すZEH住宅(ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス=エネルギー収支を年間で差し引きゼロ以下にする住宅)が目ざされ、現在は国の施策として普及が進められています。また、ここ数年では、地震以外にも台風や集中豪雨により、電気やガスなどのインフラへの被害が増加しているほか、電気代など光熱費が高騰していることもあり、私の研究室では、エネルギーの自給自足を目標として、太陽光発電と蓄電池、EV(電気自動車)を連携させた住宅システムの研究をハウスメーカーと共同で行っています(写真①)。

環境工学の分野では、さまざまな民間企業と手を組み共同研究を展開

環境工学の分野では民間企業との共同研究が発で、三田村研究室でも様々なテーマに取り組む。「10年以上前から県内のハウスメーカーと共同で行っている研究に、アレルギー対策住宅の開発があります。ぜんそくやアトピー性皮膚炎といったアレルギー性疾患は、住環境との関連が指摘されていますので、薬に頼るばかりではなく、住環境の改善で対策ができないかという研究です。たとえば、ぜんそくは空気中に浮遊するカビやダニなどを含む“ハウスダスト”が発作を引き起こす原因の一つとされているので、空気清浄機能を搭載した全館空調・換気システムを開発し(図①)、その効果について実証しました。また、群馬大学医学部の先生とも協力し、医学と建築学の医工連携での研究も行いました。私たち建築の研究チームだけだと、調査内容はアレルギー対策住宅への転居前の住居と転居後での室内環境を計測して比較するに止まります。ですが、医学の専門家と連携し、居住者の血液検査を行ったり、呼気中の一酸化炭素の濃度を調べてもらうことで、ぜんそく症状の重篤度を把握することができるようになります。その結果、開発したアレルギー対策住宅では室内環境が転居前よりどの程度改善し、それによって居住者のアレルギー症状がどの程度緩和したのか

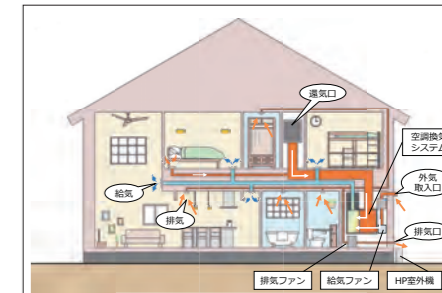


写真①:エネルギーの自給自足を目標とした太陽光発電・蓄電池・EV(電気自動車)を連携させた住宅の例

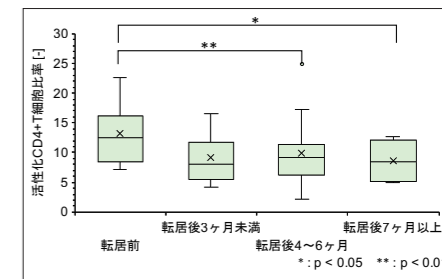
までわかるようになりました(図②)。このような、医学と建築学の両面からアプローチする研究は、当時、国内では珍しいケースでした」

大学と企業の産学連携、さらに医工連携の研究に携わる学生たちは、とても貴重な体験をしているといえる。なかには、自身や家族がアトピーやぜんそく症状があり、悩みを解決したいという思いで三田村研究室の門を叩く学生もいるそうだ。

「自分自身が花粉症だとか、アレルギーを持っている家族がいるとか、そういった学生が研究内容に興味をもって私のところにたずねてくるケースもあります。研究テーマは基本、その時々で研究室で取り組んでいるものを中心に進めていますが、時には、学生からの提案を採用することもあります。過去には、祖母が住んでいる古い家を断熱改修した場合の効果について調査した学生がいました。また、バイオミクリー(生物模倣)という自然界の仕組みから学んだことを技術開発に活かすことに興味があるという学生の希望で、サポテンの仕組みを建築にとりいれるといった研究を行いました。サポテンは乾燥地帯に生息し、その畝(うね)のある形状や特殊な光合成により、温度の上昇と水分の欠乏を防いでいるといわれています。そこで、サポテンの形状と呼吸の仕組みとしての夜間換気をオフィスビルに適用した建物モデルを作成し、冷暖房エネルギーの削減効果について数値シミュレーションによる検討を行いました」



図①:空気中のハウスダストを除去する空気清浄機能を搭載した住宅の全館空調・換気システムの仕組み



図②:医学の専門家と連携することで、居住者のアレルギー症状がどう変化したかを検証することができた

地球環境、エネルギー問題に建築分野でも取り組むことができる

三田村研究室での研究は、学外との連携のみならず、学内の他研究室とのタッグでも行われている。それぞれの研究室の特性を生かしたテーマに取り組むことで、多角的な成果を得られることが垣根を超えた研究の利点だ。

「バウビオロジーを研究されている石川(恒夫)先生とは、自然素材でできている土壁を取り上げ、その調湿性能や蓄熱性能を共同で調査しました。昔から日本の住宅でも使われてきた土壁ですが、土は蓄熱性能が高く、土鍋のように温まりにくいけれど、一度温まってしまうと冷めにくい性質を持っています。しかし、土壁だけでは断熱性能は低いので、冬は寒くなってしまいます。そこで、長野県内の工務店とも協力し、土壁の屋外側に同じ自然素材の断熱材として羊毛を施すことにより、断熱性能を確保すると同時

に、土壁のもつ蓄熱性能を発揮できる“現代版土壁”の実験住宅を建設して、その効果について調査しました(写真②)。

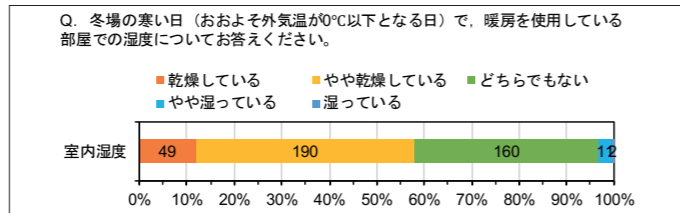
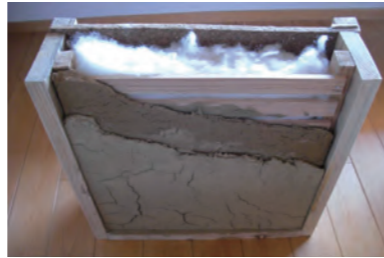
そういったさまざまな研究では、三田村准教授は、現場調査に重きを置く。

「実際に調査を行う建物に訪問し、室内の暖かさや涼しさ、明るさ、臭いなどの環境要素をどう感じるか、そして本当に快適なのかを体感することが大事です。建物の性能は、住宅の場合、断熱性能を表すU_A値(外皮平均熱貫流率)がよく用いられますが、U_A値が小さいからといって“断熱性能に優れています”とか“省エネ基準を満たしています”といった、その建物の室内が本当に快適な環境なのかはわかりません。ですので、実際の建物を対象に調査を行い、研究します。たとえば、高断熱・高气密住宅は、冬は暖かく快適であるといわれていますが、一方で湿度は低く、乾燥して困っているという問題も指摘されています。私の研究室では、過去に群馬県内の約400件の住宅を対象にした暖房設備と住まいに関するアンケート調査を行いました。からっ風で有名な群馬県は、関東平野の内陸部に位置し、冬は空気の乾燥が激しいため、半数以上の住宅で室内空気の乾燥を感じているという調査結果が出ました(図③)。「住まいに対する価値観は人それぞれ」と前置きした上で、三田村准教授は今後の展望を語ってくれた。

「最近、私が驚くぐらい、住宅の環境性能について勉強されているユーザーさんもいらっしゃいます。やはり、建築、特に人が生活を営む住宅は、住んだ後にどう暮らしていけるかが重要です。以前は、快適性と省エネルギーの2点が重視されていましたが、最近、それらに加えて健康性も重視されるようになり、さらに2050年のカーボンニュートラルの実現に向けて、建築にも環境への配慮が必須になる時代が到来するでしょう。地球環境やエネルギーの問題は非常に大きなスケールの課題ですが、建築分野においても貢献することができるということを、これから大学を目指す受験生や建築業界で働くことになる学生たちにも理解してもらえるといいなと考えています」



写真②:土壁と羊毛を組み合わせることで、断熱性能と蓄熱性能を兼ね備えた「現代版土壁」を実現(上)実験住宅、(右)模型



図③:群馬県内の戸建て住宅における冬の湿度環境に関するアンケート調査結果の一例



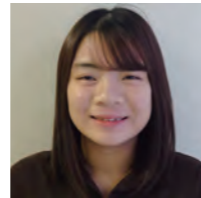
研究室 メンバー 紹介

- ①三田村研究室を選んだきっかけ
- ②三田村先生の魅力
- ③ご自身の研究テーマ



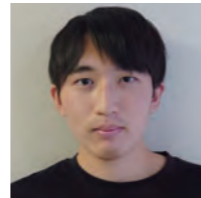
ましも ことり
真下 琴里さん(学年4年)

- ①環境工学系の授業を受け興味を持った。
- ②就職活動等の面倒をよく見てくれる。
- ③床下・壁体内空気循環工法の全館空調住宅における温熱環境の実証



いしい まお
石井 萌渚さん(学部4年)

- ①天気や気象状況に興味があり建築とのつながりを感じた。
- ②授業のわかりやすさとゼミでの指導がよい。
- ③CLT造倉庫の調温調湿性能に関する実測調査



すなだ ゆうき
砂田 悠希さん(学部4年)

- ①暮らしに関わる重要な分野と知り、学びたいと思った。
- ②気軽に接しやすく、陰からしっかりサポートしてくれる。
- ③住宅におけるダンプネスの評価とシミュレータの開発



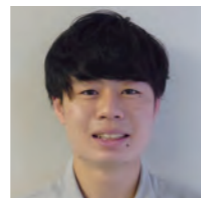
うさみ たいち
宇佐美 太一さん(学部4年)

- ①素材に興味があり、関連する内容を学べると思った。
- ②研究のペースが遅れないようサポートしてくれる。
- ③換気カプセル法による家具表面の吸放湿量の測定



なかだ たかゆき
中田 貴之さん(学部4年)

- ①環境系を選び、その中でも環境設備に魅力を感じた。
- ②気さくで、話しかけやすく、親身に相談のってくれる。
- ③大学講義室における室内温熱環境と省エネ化



のむら そうた
野村 颯太さん(学部4年)

- ①建築の中でも環境・設備の分野に興味があった。
- ②研究内容、プレゼンや資料作成、さまざま指導してくれる。
- ③太陽光発電・蓄電池・EVを連携させたZEH住宅の性能検証



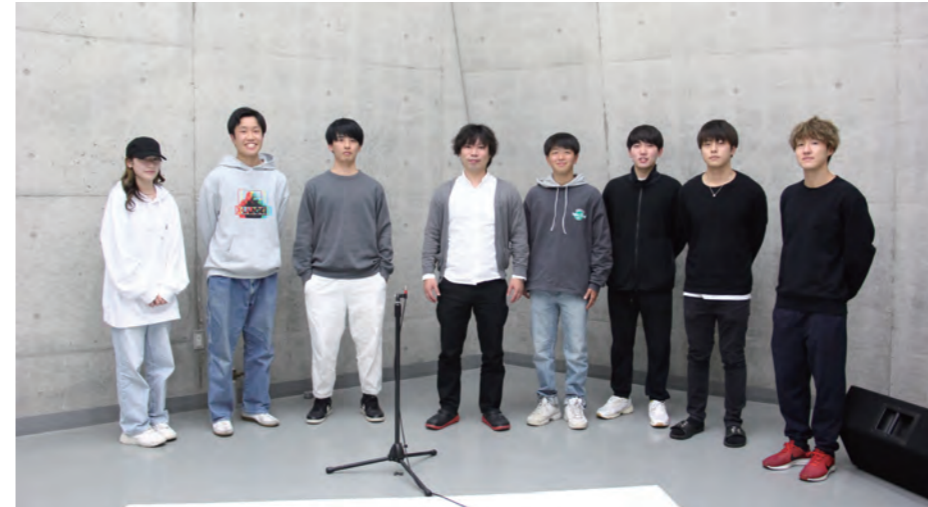
きむら しゅうと
木村 秀斗さん(学部4年)

- ①旅行が好きで移動中の快適な過ごし方に興味があった。
- ②距離感がとても良く、親身になってくれる。
- ③ダイナミックインシュレーション窓を用いた集合住宅の断熱改修

井上尚久研究室 建築音響学

コンピュータシミュレーションで検証する音響・振動現象

コンサートホールや音楽スタジオはもとより、鉄道駅・空港のコンコースなどの公共空間、居室や自動車内などのプライベートな空間においても良好な音響環境の需要が高まっている。井上研究室では、それぞれの空間に対する合理的な音響設計を見いだすべく、コンピュータシミュレーションを用いた「音響・振動現象の把握」に取り組んでいる。



図④:群馬県内の戸建て住宅における冬の湿度環境に関するアンケート調査結果の一例

建築の世界における音響設計の重要性

「音」は人が活動する空間において切り離すことができない環境要素であり、居住空間、公共空間、医療環境や教育環境に及ぶまで様々な空間で雰囲気や創出、そして情報伝達の媒介手段として役立てられている。井上研究室では、安全かつ快適な音響環境の実現に向けて、建築物内外における音・振動の解析および計測にかかわる研究に取り組んでいる。「社会や暮らしの中など、『音』はあらゆる場所に存在しています。コンピュータシミュレーションでは、目には見えない複雑な音や振動の存在する物理場を予測して、可視化することができます。その結果は、建築物を建てる前に問題点の発見につながり、改善

点の模索を支援することも可能になっていきます」
例えば、騒音・振動伝搬の抑制や室内残響の調整など、建築の世界において音響設計は必要不可欠なものである。加えて現代は、スピーチプライバシーの確保や拡声放送などの情報伝達の明瞭化、質の向上が求められ、新たな音響材料の開発も進められている。「マンションなどの集合住宅を建築する場合に重要視されるのが『遮音』です。例えば戸境の界壁に用いる材料・構造・工法が変わると、隣戸の部屋に伝わる音の大きさはどのくらいかわるといえるでしょうか。また、上階の床での飛び跳ね・歩行・物の落下などで生じる『床衝撃音』なども我々のような建築音響の世界の取り扱う課題です。こうした音や振



井上 尚久 講師 博士(環境学) *2022年退職
いのうえ・なおひさ / 1987年 三重県生まれ
2010年 九州大学 芸術工学部 音響設計学科 卒業
2015年 東京大学
大学院新領域創成科学研究科 博士課程修了
2015年 同大学 大学院新領域創成科学研究科 特任研究員
2018年 同大学 大学院新領域創成科学研究科 特任助教
2020年 前橋工科大学 工学部 建築学科 講師

動の伝搬を予測し、より良く理解するために、私の研究室ではコンピュータシミュレーションを用いています」
コンピュータシミュレーションを活用した仮説の検証
コンピュータシミュレーションをうまく活用するには、どんな現象が起きているのかを理解しようとする視点が重要だと井上講師は語る。「コンピュータシミュレーションは、音に関わる性能を調べることを目的に活用しています。吸音材料に用いている天井ボードは、どういう特徴があるか。また、上階の床での飛び跳ね・歩行・物の落下などで生じる『床衝撃音』なども我々のような建築音響の世界の取り扱う課題です。こうした音や振