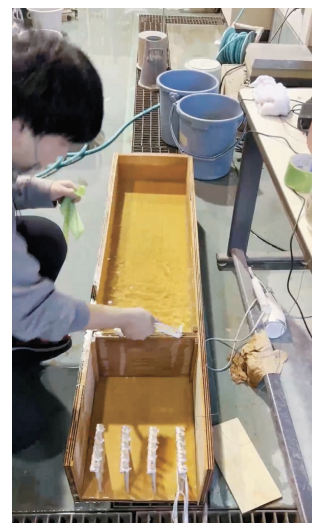
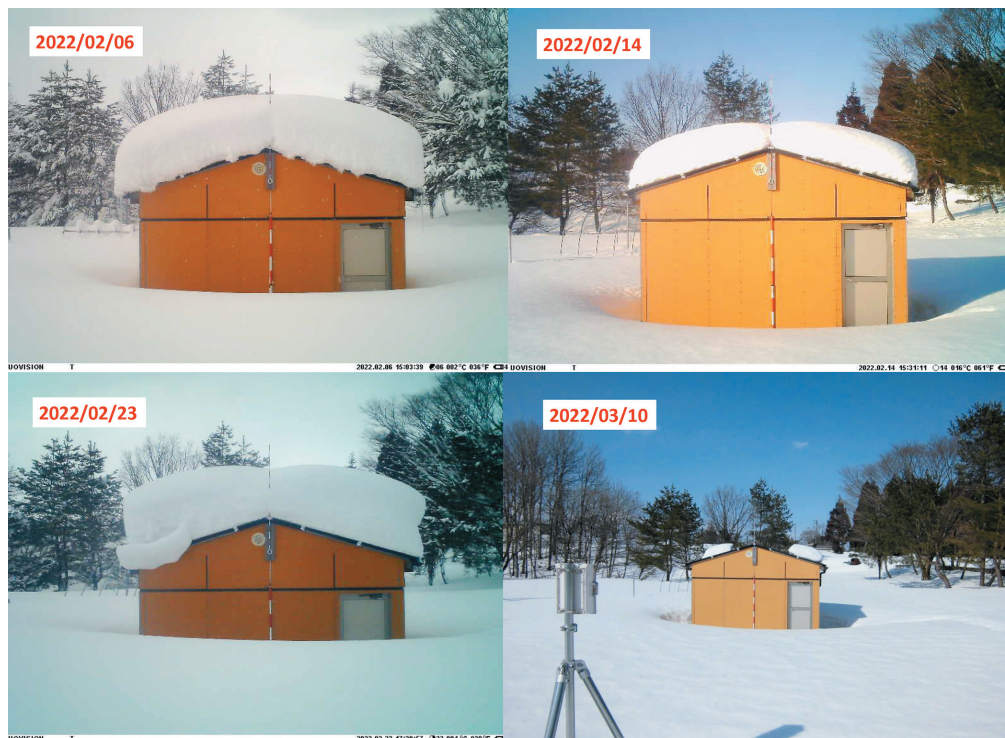




2 橋脚模型の実験の様子

1 屋根の積雪量を計測する観測小屋の変化

構造デザイン 研究室 / 五十嵐賢次 准教授

継続的な観測から、屋根の雪による荷重を推測する

新潟県の出身で、地域で活躍する人材を育てたいと、10年前より新潟工科大学に赴任した五十嵐賢次准教授。現在は、屋根の積雪荷重をテーマに新潟の雪の観測・研究を継続している。

新潟の身近な課題を専門的な視点で解決する

五十嵐賢次准教授が現在取り組む研究テーマは、屋根に積もった雪の重さを観測データから予測し、建築の設計に生かすというもの。除雪作業中の屋根からの転落など、雪国ならではの危険性をいかに軽減できるのかという、積雪と防災をテーマとしたこの研究は、富永禎秀教授(P.17-20)の呼びかけから始まった、新潟工科大学の教員たちが携わる一大プロジェクトである。

建物を設計するとき、東京や新潟では積雪量が異なるため、地域ごとに定められた目安を考慮して構造計算が行われる。とくに新潟は多雪地域であり、降雪期間も長い。建物が雪を背負っ

ているあいだ、長期に渡ってその重さが建物の負荷となり、その雪の荷重と、冬に地震が起きることも想定して、建物の部材が定められている。そのため、東京と新潟の体育館を比較してみると、明らかに部材の大きさや構造の強さが異なるという。

このような構造における規定から、各地域における建造物の構造的安全性は確保されているが、それでも地域の人たちは雪の日が続くとやはり雪下ろしを心配する。そこで、屋根の雪の厚みや重量はどのような気象条件で変化するのか、より正確に予測することができれば、冬場に雪下ろしのタイミングを考えると、まだやらなくてもよいとか、日曜日まで待てるだろうか、そういった判断ができるようになる。新潟の生活に寄与する、地域に根ざした大学ならではの着眼点

と言える。

実験小屋で屋根雪を観測

もともと、地表に積もった雪に関しては、降雨量・気温・風速などの気象データをもとに、積雪深さや荷重を推定する方法が存在しており、日本建築学会の建築物荷重指針にも記載されている。五十嵐准教授たちの研究は、この手法を屋根に応用させようというもの。地表との比較を行うために、各気象データを観測し、地上と屋根の積雪量と深さ、さらに重量のデータを集めている。

そもそも、地表と屋根では、雪の積もり方などの違いがあると言われているのだろうか。「例えば、屋根の表面温度が高ければ、屋根面に接した雪は溶けます。また、屋根の大きさ・



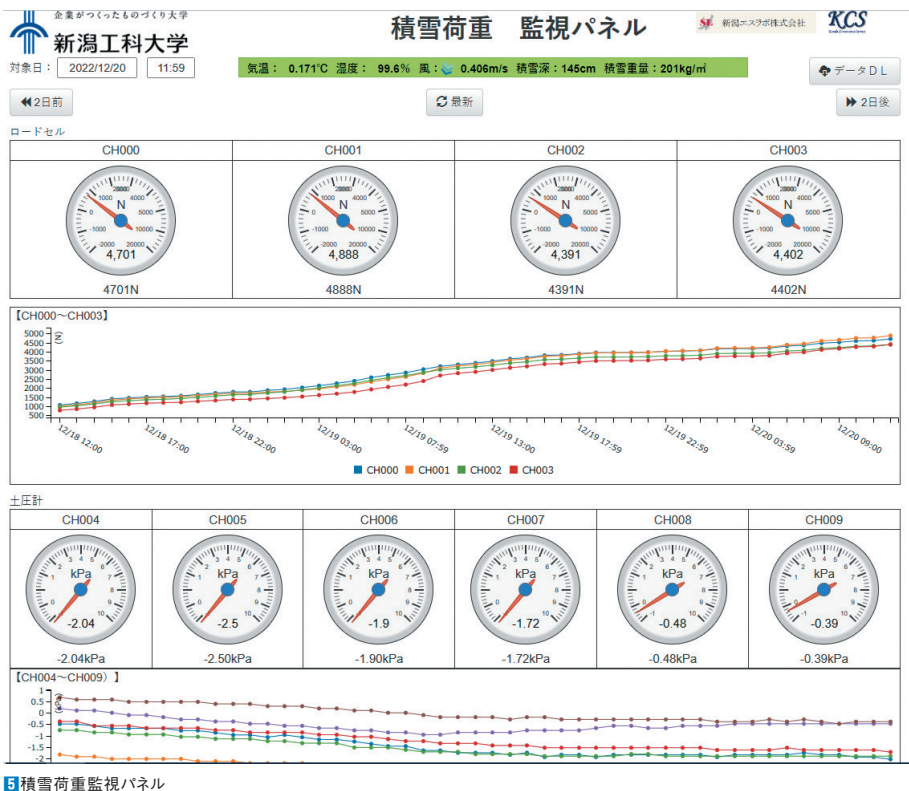
3 観測小屋は雪氷防災研究センターにたつ



4 観測小屋に設置された荷重計

形状・角度によっても異なりますが、外気に触れる部分は屋根のほうが大きいので、地表面より屋根面のほうが基本的に融雪の速度は早いのです」と五十嵐准教授は説明する。

雪の観測のため、雪氷災害のメカニズムを調べる「雪氷防災研究センター」という長岡市内の研究所サテライトに1,800mm×3,600mmの四畳ほどの小さな観測小屋を建設した（写真1）。そこでは自然の降雪にもとづく各種データを収集するが、降雪のある毎年12月頃から3月頃までしか計測が行えない。そのため冬は観測に集中する。気象データおよび地表・屋根の積雪データは小屋に取り付けられた「データロガー」という長期間データを蓄積することができる装置に記録する。その記録は、遠隔操作によりリアルタイムで自動的に研究室のコンピュータにも送られてくる。また、毎日の積雪状況は写真記録にも残して、目視でも変化を確認している（図5）。このように蓄積しつつけたデータをもとに、解析は春からスタート。研究サイクルもまた、地域の季節や気候に寄り添っている。



5 積雪荷重監視パネル

継続的なデータ蓄積から 雪の変化を予測する

雪の降り方や積もり方の傾向は、もちろん年によってさまざま。12月にドサッと降ったり、春先にベタ雪が積もったり、あるいは雪が少ない年もある。近年では、2020年度は12月下旬から1月初頭に、2021年度は2月に積雪が多かったそうである（図6）。そのため、どの季節に荷重が最大となるかは年ごとに異なり、解析結果は決して一定にはならない。年月をかけてさまざまなデータを蓄積することではじめて、汎用性のあるデータがとれるそうだ。

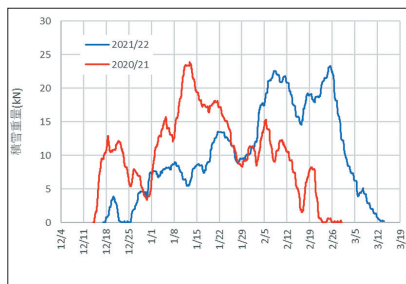
現在まで観測を5年間続けてきているが、その結果見えてきたこともある。2月に降雪が多かった2021年度は、まず屋根と地表での積雪の違いを比較すると、積雪荷重と融雪量の変化は「1月10日頃まではよく一致していたが、それ以降は屋根面では融雪が進み、地表面との差が大きくなっていった」とのこと。これには、気温や風速・降水量などの複数の気象条件が影響していて、それらがどのように関係しているのか、気象観測データの分析を蓄積することで、実際

の積雪量と推定によって出てきた値を近づけていくことができる（図7）。この推定値が実態により近づき、正確になるよう今後も数年をかけて、観測と分析は続いていく。

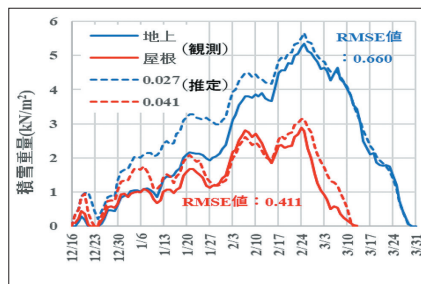
新潟に軸足を置いて建築を考える

五十嵐准教授はもともと新潟県の出身。県内の工業高校に入学し、建築を学びはじめた頃に受けた授業で構造設計というものを知った。そのときから、力学をベースとして建築を考えることにとても関心をもったと言う。1983年に日本大学工学部に進学してからずっと構造畑を歩んできた。日本大学大学院工学研究科では、鉄筋コンクリート造を専門とする構造の池田昭男教授のもとで学び、修了後の1989年に地場ゼネコンである「福田組」へ就職。新潟に戻ってきた。

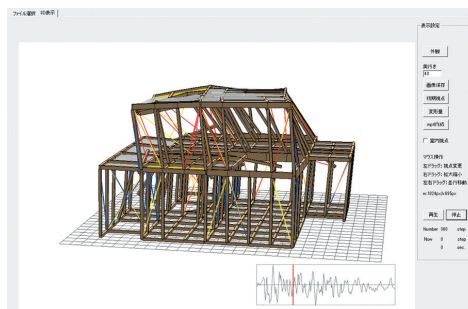
福田組は、1902（明治35）年に新潟市内で創業し、全国に支社をもつ新潟県内でトップレベルのゼネコン。入社当時は技術開発に力を入れていたそうで、大学院まで出た五十嵐准教授は技術部に配属された。恩師の池田教授もゼネコン出身で、プレキャストコンクリートなどの技術開発を担っていたこともあり、もともと大学との



6 屋根雪重量の変化



7 屋根と地上積雪の比較



8 学部4年生の小林龍矢が取り組む家屋の振動解析

つながりがあったそうだ。

「入社した頃は、まさに高強度コンクリートという材料が出てきて、そのため、鉄筋コンクリート造の高層マンションを新潟県内でも建設しようという話が立ち上がってきていました。初期の検討段階に関わっていましたが、高強度コンクリートの大臣認定取得はとくに大変でした」

大臣認定とは、構造に関わる材料の強度や品質を保証する国土交通大臣の認定のことで、とくに高強度のコンクリートは品質を保つことが難しいとされる。強度をどのように設計するのか、品質が一定となるようにいかに管理するのか、その検討段階を経て認定を受けたことで、新潟市内の高層ビルでも高強度コンクリートを使用して、実際に建設することができるようになったそうだ。

福田組では、基本的には技術部員として構造・材料を専門としていたが、マンションの引渡し前の騒音測定など、さまざまな業務をオールマイティに経験した。広く一般的なところを知った上で専門としての知識も生かすこと。このスタイルが、他分野の先生方との共同プロジェクトにも生きている。

入社15年後、日本大学の倉田光春教授のもとに社会人博士として戻った。倉田教授は恩師・池田教授の退任後に構造系の研究室を主宰している先生である。月曜から水曜日は新潟市内の会社に勤め、木曜から金曜日は郡山市内にある大学キャンパスへ通学するというハードな生活を3年間続け、博士号を取得した。

その後、2011年には福田組を離れ、株式会社新潟確認検査機構に入社。建築の確認申請を行う民間企業であり、2005年の構造計算書偽造問題以降、構造設計者が計算書をチェックする体制がとられていたが、その構造計算の適合性判定を担当していた。その時の経験から、

現在も新潟県内の構造計算書の適合判定を担っている。新潟県内では年間120件ほどの依頼があり、構造設計事務所を営む方などとともに複数名で審査するという。

「1人1テーマ」で自律的な 研究心を育てる

2013年4月より現在の職についた。大学に戻り、教鞭をとることを決めたのは「40代後半となり、人材を育成して、地域のゼネコンや構造設計へと輩出していきたい」という想いからだという。新潟工科大学は「企業がつくったものづくり大学」で産学協同に力を入れているため協力企業も多い。五十嵐研究室卒業生の進路もまた、地域のゼネコンへの就職者の割合が8割を占めるそうだ。

五十嵐研究室では、「1人1テーマ」で卒業研究にのぞんでいる。それぞれの関心をもとにテーマを探してきて、その研究が大学の設備や限られた期間で可能かどうかを先生と学生で相談し、一人ひとりが自律的に研究を進めるためのアドバイスを先生自ら行っている。五十嵐准教授の出身校である日本大学では建築学科の学生はその頃で1学年は250人ほど。一方の、新潟工科大学の建築系の学生はすべての学年をあわせて250人ほどだという。そのため、研究発表を行う機会が多く、とくに卒業論文の最終発表などは、終日をかけて学年全員が全先生方の前で発表するスタイルなのだそう。さまざまな分野の先生たちからアドバイスをいただくことは、個々の研究にとってはたいへんな強みだろう。

2022年度の卒業研究のテーマのひとつに、学部4年生の小林龍矢さんによる2016年の熊本地震で倒壊した家屋の構造解析がある。熊本地震の家屋倒壊の要因は、大規模な揺れが2回来たことによることだと言われている。そこには、

建築物の柱の配置などの要素が影響しているのではないか、という疑問を学生みずから抱いたという。そこで、仮説を立て、家屋の上下階の柱の配置、柱と壁の割合などの諸要素と、地震による家屋倒壊の関係性を、熊本地震の記録を用いて解析し、検証した（図8）。

また佐藤創さんは、京都にある木造の橋「上津屋橋」がテーマ。その橋は防災対策のため、洪水時は踏み板があえて外れるようにデザインされている。作り直していくこと、手入れしていくことを前提に、洪水が収まったら踏み板をはめ直すのだそう。この仕組みは建設当時からのオリジナルのものであるが、その存続のためには資金が必要になる。災害時に橋が流出しないようにすることもまた、今後の橋の持続的な保全へとつながるのではないかとアイデアから、橋脚前にテトラポッドのような構造物を設置して橋脚を保護するような提案をつくり、模型で実証実験を行い、検討を重ねている（写真2）。



五十嵐 賢次 准教授

いがし けんじ／1965年、新潟県出身。1989年、日本大学大学院工学研究科修士課程修了後、株式会社 福田組に入社。技術部で高強度コンクリート大臣認定取得などに携わる。2003年、日本大学大学院工学研究科博士課程修了。2011年、株式会社 福田組を退社し、株式会社 新潟確認検査機構に入社。2013年、新潟工科大学准教授に就任。



9 学部4年生のメンバーと屋上にて



11 建物モデルに雨桶を設置して、屋根流水の計測も行っている

もちろん、五十嵐准教授が取り組む積雪荷重の実験にも学生が参加している。研究室唯一の大学院生である伊藤栄嗣さんが、2021年より継続して観測と解析を担当。来年には修士論文としてまとめられる予定だ。

「研究室に所属すると、卒業までをメンバーと過ごすことになります。そのときに、責任を持ってやり通すなどの社会に出てから必要な姿勢やマナーをまずは学んでほしい。先生がこんなことを言っていたな、なんか聞いたことがあるなと、実務に携わってからはじめて気づく場面あると思う。その時に思い出してもらえれば嬉しい」と、学生たちへエールを贈る。



10 佐藤創さんが研究対象としている上津屋橋

研究室メンバーに聞きました

① 研究室を選んだ理由 ② 研究室の特色 ③ 取り組んでいる研究テーマ



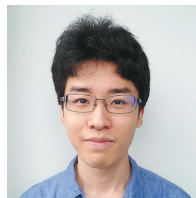
伊藤 英嗣(修士1年)

① 構造分野について研究を行いたかったから。 ② ベッドがある。 ③ 「積雪量推定に関する研究」／観測場の規模を縮小できれば各地域でのデータが取得できる。気温と降水量、融雪量のみで地域にあった積雪推定の方法を模索する。



五十嵐 光介(学部4年)

① 「建築材料・施工」が研究室のテーマの一つで、将来、施工管理職に就きたいと思っているため。 ② 研究をコツコツと進められる点。 ③ 「木材の節埋めによる強度変化について」／木の節の中でも特に強度を低下させる死節、抜け節に関する研究。



五十嵐 文明(学部4年)

① 新潟県出身で、雪に興味があったこと、職場体験で建設の現場に興味を持ったから。 ② たこ焼きパーティーがある。 ③ 「屋根雪を効果的に除去する仕組みについて」／屋根雪の対策において、一部を変えることで改善する仕組みを探る。



小林 龍矢(学部4年)

① 構造の研究が施工管理に活かせるから。 ② 助け合う雰囲気がある。 ③ 「木造住宅の直下率による耐震性の変化について」／熊本地震では、住宅倒壊の理由に直下率が挙げられていたが、基準法や分析で直下率について記載がなく、疑問を抱いたため。



佐藤 創(学部4年)

① 建築だけではなく、雪やコンクリートなど幅広い分野が学べるから。 ② 困った時は助け合う仲の良さ。 ③ 「流れ橋の現状と改善について」／橋自体ではなく、周りを変化させることで課題を解決することが大きなテーマ。



中條 大夢(学部4年)

① コンクリート材の研究がしたかったため。 ② 一定の距離感があり気を使うことなく、研究に集中できる。 ③ 「焼成灰を使用したモルタルの強度の改善と特性について」／ごみ焼却で出る灰を細骨材の代わりに利用できるよう強度改善を目指す。