

SPP「地震に強い木造の家の仕組みを1/10組立模型で体験してみよう」建築講座の活動報告

SPP “Let's experience in 1/10 assembly model a strong wooden house mechanism to earthquake” architecture course of activity report

後藤 哲男¹

GOTO Tetsuo

広川 智子²

HIROKAWA Tomoko

キーワード：建築教育、SPP、中学生

Keywords：Architectural education, Science partnership program (SPP), junior high students

We carried out a building lecture “Let's experience the wooden house structure resisting an earthquake with 1/10 model” for junior high students this year. It has continued from 2009.

The theme of this year is the evolution of content to teach, the review and improvement of teaching methods

In order to investigate and analyze the level of understanding by junior high students, we are in cooperation with associate professor Iino Yukari, Niigata University, and report the results.

1. はじめに

2009年から引き続き行っている「地震に強い木造の家の仕組みを1/10組立模型で体験してみよう」建築講座³を本年も実施した。継続的な活動による積み重ねから更なる内容の深化を求め、中学生達に分かりやすく建築講座を展開する為に、何が必要か・何ができるのか考察し取り組む事とした。

具体的には4つの視点を設けた。1つ目は、教える側からの教育内容の整理である。2つ目は義務教育課程にいる中学生が家庭科（衣食住）の住領域の教育との繋がりを見出し、分かりやすい切り口を建築講座において模索する。3つ目は、木造の荷重の流れの可視化である。建物には、様々な力の流れがある。その力の流れを見せるための工夫を検

討する。4つ目は講座前の事前学習の内容の見直しである。スムーズに講座内容を理解するため事前に理解しておく事項を整理した。各中学校の校長先生・担当教員との打ち合わせを重ね、新潟大学の飯野由香利准教授⁴と新潟大学3年中田早香さんから協力頂いた。講座後中学生からのアンケート結果を基に本年の様々な取り組みの成果を検証する。本論は、その活動の報告である。なお、建築講座を行うにあたり独立行政法人科学技術振興機構のSPP⁵と長岡造形大学から特別支援を受けて実施した。

2. 講座のテーマ

新潟県中越地震から10年を迎えた。近年、頻発する地震等の体験から自分や家族の生命を守ってくれる建物は、大きな存在であり、より丈夫な耐震構造を学んでもらうことで、力の働き・木造の技術・知識について関心を持ってもらいたいと考えている。そこで中学生を対象に建築講座「地震に強い木造の家の仕組みを1/10組立模型で体験してみよう」を行い、木造住宅の耐震システムを分かりやすく説明し、1/10組立模型を使い小規模な住宅（3間×4間）を自分なりに設計し組立てる。組立てた住宅の骨組み（柱・梁のみ）を起振装置で揺らし地震に対する建物の揺れ方を実験する。次に耐震要素（筋かい等）を付加する事により建物の強さを実感し、耐震システムを経験的に理解することが狙いである。この一連の体験を通して中学校で学習している数学や物理学が耐震システムの基礎になっていることが理解できる。

3. 実施概要とスケジュール

建築講座を受講する中学生は長岡市内の3中学校である。事前打ち合わせ、主に日程調整、本年の講座内容については5月に行く。1年間の主な日程順は下記の通りである。

①長岡市立山古志中学校1年生（5名）

8月5日、19日（各3時間）

②長岡市立北中学校3年生（34名）

8月28日、29日（各3時間）

③10月に、後藤研究室と飯野研究室による、アンケート結果の集計と今後の改善に向けての取組みの打ち合わせ。

④長岡市立青葉台中学校2年（38名×2組）

11月5日、18日、20日、29日（各3時間）

⑤本年の研究報告として新潟大学 飯野研究室でもまとめ、後藤研究室と飯野研究室で打ち合わせ（1月上旬）

⑥本年の活動報告として新潟大学 飯野研究室としての研究報告も参考に、長岡造形大学特別研究として大学紀要集に報告。

SPPへ独自報告書を作成し、提出。

⁴ 新潟大学 人文社会・教育科学系（教育学部）准教授（長岡造形大学非常勤講師）

⁵ SPPは（2009～2012年、2014年に実施）独立行政法人科学技術振興機構のサイエンス・パートナーシップ・プログラム（SPP）の略で児童生徒の科学技術、理科、数学に対する興味・関心と知的探求心等を育成する事とともに進路意識の醸成及び科学技術人材の育成を目的として小・中・高等学校等と大学・科学館等との連携により科学技術、理科、数学に関する観察、実験、実習等の体験的・問題解決的な学習活動を支援する。SPP ホームページ参照

¹ 長岡造形大学 教授

² 長岡造形大学 研究員

³ 詳しくは長岡造形大学研究紀要第10号・2012年 P93～98「中学生に対する建築教育の試み」

4. 建築講座の展開における課題

1) 教える側からの視点

新潟大学 飯野研究室の協力のもと、建築講座の過去5年間、積み重ねてきた建築講座の内容について様子を観察して頂き「教える側からの視点」に注視し助言を頂いた。詳しい内容は下記の通りとなる。

■ 生徒の理解度

①地震とは、地震に強い建物とは何か、スライド等によりもう少し噛み砕いて説明する必要があるのではないかな。

②2日目の講座にて各生徒が宿題の発表を行うが、耐震の壁の位置やバランスに関してこの時点であまり考えていないように見受けられる。

③1/10組立模型を使って耐震補強として2階建てを組立てる際、2階床材を使用する場合と使用しない場合がある。バラツキは無い方がよいのではないかな。

④組立てた1/10組立模型を起振装置に乗せて揺らす実験を行うが、共振によって倒れる事は理解できる。しかし、耐震と振動、建物と揺れの関係をしっかりと理解できた生徒は少ないのではないかな。

■ 時間配分

⑤時間や受講人数の関係上、耐震要素（筋かい、面材、火打ち）を補強した2階建ての1/10組立模型を再び起振装置に乗せて強さを実感できたグループは1グループだった時もあったが、一人一人手で揺らしながら強度を確認し耐震を実感しているようだった。

■ 生徒の関心・興味

⑥生徒は楽しそうに建築講座を受講していた。

⑦生徒は宿題の発表の時、緊張しているが自分達が考えてきた間取りを基に1/10組立模型を使い、組立てるため思い入れも強くこだわっていた。

以上の指摘を受け、講座中の様子も含めた改善を実践する。

2) 家庭科教育との繋がり

小学校の高学年から始まる家庭科教育の中で住領域における知識と重ねながら教える事により、建築講座の理解度が高まる可能性を考察する。アンケートを実施し、家庭科（住領域）のどの項目を覚えているか、「住まい」についての意識調査で検証。

3) 荷重の流れの可視化

1/10組立模型は在来軸組工法である。日本が古くから木材に恵まれた環境の中で伝統的建築物として発展し、現在多用されている構造が在来軸組工法である。

地球上にあるものは全てに重力が作用し、建物は風や地震など水平に作用する力（水平荷重）等にも対抗する。各部材に流れる荷重と反力を目で確かめる事により骨組みが最小部材で成り立ち機能していることをどのように可視化するか問われる。

4) 事前学習の内容

各中学校から事前学習の内容について明確にしてほしいという要望を受け、身近な建物を自宅の自分の部屋と学校の教室の観察と位置づけ、事前学習の内容をまとめる。

5. 建築講座の課題における改善方法

1) 教える側からの視点

■ 生徒の理解度

①今まで行っている木造建築の施工内容を紹介した後に追加として解説する。飯野准教授がパワーポイントを制作。具体的な内容の一部は下記の図となる。（図1、2）身近な取り組みや様子を関連付けた説明になった。



図1 家庭科で学ぶ地震対策

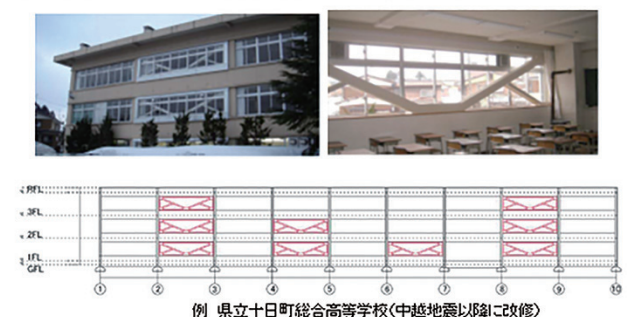
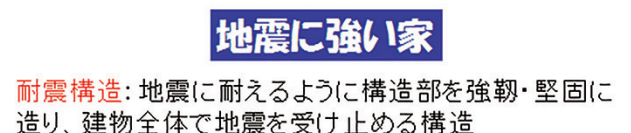


図2 今回学ぶ、耐震構造

②生徒が、宿題について耐震壁の位置やバランスを考えていない事については、宿題説明の時に耐震要素の位置やバランスの説明も行う。更に、宿題の発表後は、主講師（後藤）やTA⁶から宿題の間取りについて質疑応答を行い、耐力壁の位置やバランス、窓の大きさについて質問する。自分の発表後、手直しする中学生も多い。

③2階の床材について耐震要素の補強する際に、活用するかどうかの選択については、全体説明の時、床材の説明も行い周知徹底する。しかし、床材の枚数（100枚）の限りがあり、今後床材を増やすか、もしくは同じ水平剛性を保つ火打ち材を使って対応する。

④起振装置に1/10組立模型を乗せた際の振動、揺れの関係の理解は、より丁寧な説明を行い、場合によっては黒板に絵をかく事や例えを用いて解説する。

⁶ ティーチャングアシスタントの略。主に大学生・院生・研究員などが当てる。

■ 時間配分

⑤起振装置に1/10組立模型を乗せ、強度を確認し耐震性を実感することは、講座方針として全員に実験してもらうことが前提である。しかし、3時間という時間の中で可能な場合と不可能な場合があり、代表者1グループを選出、もしくは挙手で実験を行う。耐震補強を行っている段階から耐震要素を固定しながら手で揺らして強度を確認している様子は多くみられる。今後、講座の進め方、時間の配分など全体を見て検討する。

■ 生徒の関心・興味

⑥生徒たちが建築講座を楽しそうに行っていたことは理解度にも繋がるため、アンケートで検証しながら関心・興味を維持するための工夫が今後も求められる。

⑦宿題の発表は、毎年順番を挙手としている。自信のある生徒から発表してもらう。発表後に質疑応答で自分の間取りの反省点も把握するため、組立てながら改良する。家族構成、将来の自分の家を想定するなど未来の自分を想像し、宿題への思いを各々強く持っているようである。自由に表現できる1/10組立模型とするため部材や補足材（階段）など、バリエーションは今後も増やすことが肝心である。

2) 家庭科教育との繋がり

アンケートを実施し、家庭科教育と建築講座の位置づけを明確にする。アンケート内容は下記の通りとした。

①「(住まい)についての興味・関心として家庭科(住領域)で覚えている事」・・・小学校までの家庭科教育の認識を把握する。

②「家は、あなたにとってどのような場所か」・・・中学生という立場から家に対する考えを探る。

③「自分の家の方位」・・・宿題にて、間取り・通風・採光を考慮する為、建築講座前の家の方位に関する関心度を調査する。

3) 力の流れの可視

柱、梁、小屋組は色々な荷重を受け部材の内部で引張られたり、圧縮したり、捻れるなど変形しながら耐えようとする。この時、部材の内部では大きな力を受けその力が流れて力をつり合い状態になるまで部材は変形する。十分な耐力を持つ部材は力を受けた際、大きな変化は見えない。しかし、その力の流れを可視化するため柱を2本立て、厚さ2mmの薄い梁を掛け、梁の中央を指で押して集中荷重を発生させる。この時、梁は薄いために湾曲する。湾曲をもとに戻そうとする力となって両側の柱に力が流れる（写真1）。また、組立てた模型にレンガを載せ全体を重くして起振装置で揺らしたとき、揺れ方の違いを観察する。

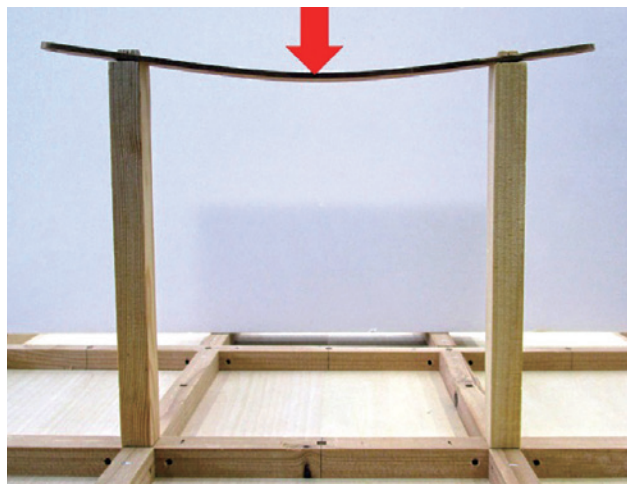


写真1 薄い梁を押して確認（青葉台中）

4) 事前学習の内容

建築講座前は、事前学習として取り組む内容を整理し各中学校に伝えた。部屋の広さや大きさと計測した寸法の数字を体験し、空間感覚への興味や関心を引き出す狙いである。詳しい内容は以下の通りとした。

①自宅の自分の部屋を観察

- ・部屋の中でどこかの場所に壁、窓、ドア（出入り口）があるのか位置を確認する。
- ・自分の部屋は広いですか、狭いですか、丁度いいと思いますか？→どうしてそう思うのですか？書き出す。
- ・巻尺やスケールで長さを計り数値と自らの感覚との関係性を体験する。

②学校を観察する

- ・教室の中でどこかの場所に壁、窓、ドア（出入り口）があるのか位置を確認する。
- ・教室は広いのか、狭いですか、丁度いいと思いますか？→どうしてそう思うのですか？書き出す。
- ・巻尺やスケールで長さを計り数値と自らの感覚との関係性を体験する。

③畳の大きさはどれくらい？

- ・柔道で使われている畳を参考にみんなで確認して計る。
- ・自分の家に和室の部屋（畳の部屋）があるのか確認する。
→和室の部屋（畳の部屋）がある場合は何畳なのか家族に聞いてみる。

6. 課題を改善した全体の実践講座内容

■ 事前学習【各中学校】

事前学習の内容を伝え、各中学校ではレポートを作成し、自宅の自分の部屋の観察（大きさを測る、窓の位置の確認）や学校の教室の観察（大きさを測る等）を行うなど様々な学習を踏まえた上で、中学生は講座を受講する。

■ 講座1日目【実施場所：山古志・山の学校、雪国植物園・木遊館、長岡造形大学】

1) 木造建築の施工内容をスライドで紹介。紹介される建物は実施場所でもある山古志・山の学校や木遊館である。造成・遣り方・基礎工事・木工事等を分りやすく解説する。
2) 「地震対策とは?」「地震に強いとは?」家庭科・防災からの視点も説明する（写真2）。



写真2 家庭科で学ぶ防災の説明（青葉台中）

3) 1/10組立模型の蓋を開け、組立てる部材の全体を見る。木造住宅を構成する各部材の説明。

4) 建物と尺度の話、尺貫法についての説明。

中学生から事前学習で教室等の大きさを測った寸法をホワイトボードに記入してもらい、身近な空間と模型の大きさ（縮尺1/10）についての比較をする（写真3）。



写真3 教室の大きさを記入（山古志中）

5) 木構造の原理の解説（ピン構造とラーメン構造の理解）

①柱材2本と梁材1本を取り出し門型に組立てる。一方、門型ラーメンとして剛接合された門型と比較し並べ、変形の量等（大きさ）を観察する。

②力の流れにおいては、2mm厚さの梁を使って力の流れを可視化する。柱2本の間に2mm厚さの梁を架け、指で押

したとき集中荷重で梁が湾曲する（写真4）。



写真4 薄い梁に集中荷重を加えた時（青葉台中）

③最初の柱と梁の構造に筋かいを入れる。これは3辺の確定による三角形の成立である。ラーメン構造は2辺と1角の確定による三角形の成立を意味している。

④面積を与えるために4本の柱（1坪）で同様に組立てる。

⑤全てがピン接合のため安定しない。この不安定な状態から安定状態にするために生徒は考える。5面に全てにわたり筋交い・構造用面材・火打ちを入れる必要がある。

6) 1/10組立模型を使い平屋建てを組立て居住空間をつくる。柱を増やし、壁を増すことで住宅としての面積を大きくする。全てのスパンを筋かいや構造用面材で固めるわけではない事を学び、耐震要素のバランスを理解する。

7) 次回まで自分なり（各グループ）の2階建ての家の間取りを宿題にする。

■ 講座2日目【実施場所：長岡造形大学】

1) 宿題で出した家の間取りのプラン平面図について各自の狙いを全体の前で発表する。

①プラン平面図のコンセプト、アイディア、方位、家族構成、気を付けた点を生徒は説明する。

②TAや主講師から発表した生徒達へ質疑応答（壁のバランス、方位と間取りの関係など）（写真5）。



写真5 大学生から壁のバランスを指摘（青葉台中）

③指摘を受けた部分については各自、修正・変更する。

2) プラン平面図に従ってひたすら強い住宅を目指して1/10組立模型を組立てる。

①プラン平面図を見ながら1/10模型を組立てる。

②柱梁だけの骨組み状態で組立て起振装置で揺らし、あ

る周波数の振動と建物が共振する事を知る。この時、2階にレンガのおもりを載せ、重心と揺れの変化も確認する(写真6)。

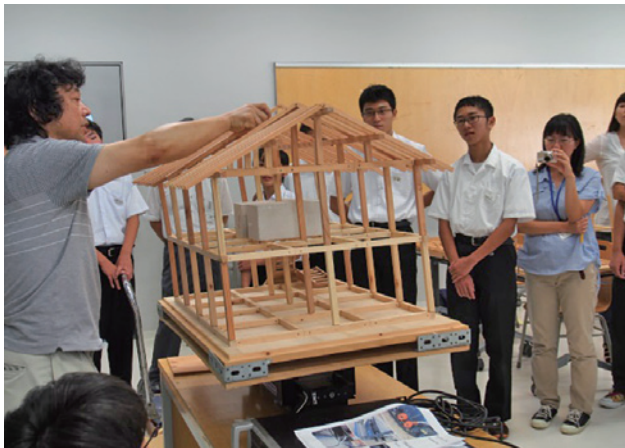


写真6 2階にレンガを載せて揺れを確認(北中)

③建物には固有周期があることを説明する。

④筋かい、構造用面材、火打ちの他に床材(水平剛性を上げる)や小屋筋かいを入れ、耐震強度を確認する。

3) 各自組立てた1/10組立模型を起振装置に乗せ、強い家になったか確認する。

①起振装置による揺れ方・部材接合部などを確認し、どこが悪かったか良かったか主講師やTAと相談して改善部分を考える。

②生徒達は、プラン平図面の間取りも考慮しながら窓、出入口の位置、バランスを考えて耐震補強を行う。この時、手で揺らし確認しながら補強する。

また、生徒達は1/10組立模型を1階の入り口から覗いて全体の空間を把握していた(写真7)。



写真7 1階の出入口から覗いた模型内部(北中)

③耐震補強を行い、再度起振装置に乗せて補強前の揺れ方と比較し、補強箇所の確認をする(写真8)。



写真8 耐震補強し揺れを確認(山古志中)

④アンケートを実施。建築講座の主旨を理解できたかという点を中心に回答をお願いした。後日、感想文・レポートを提出してもらう。

■ 講座後

毎回、講座終了後は主講師とTAによる建築講座の反省会(講座内での様子、中学生の反応、改善点)にて意見交換を行い、サポート体制を整える。

5. 建築講座内での実践評価(アンケート結果)

本年は講座終了後、「後藤研究室のアンケート」と「新潟大学飯野研究室のアンケート」を実施した。

本年の実施した様々な取り組みについて建築教育の有効性を講座の様子やアンケート結果から検証する。

1) 教える側からの視点

■ 生徒の理解度

①(図3)スライドで建物が出来るまで理解できましたかという問いで確認し、3中学校とも90%前後の理解となっている。家庭科のスライドについては青葉台中学校から試みた。引率教員から「家庭科の面からの説明は今年度初の試みで、生徒もいろいろな角度から“住”について考えることに効果的であった」という感想もあった。建築の幅を広く伝えた試みとして有効であった。

②(図3)各生徒が宿題の耐震の壁の位置やバランスに関しては、耐震要素を入れるポイントが理解できたかという問いで確認し、80~97%と高い理解度となっている。宿題説明や質疑応答など何度も再確認することで理解に繋がった可能性がある。

③(図3)床材も含めた耐震要素の活用については、筋かい・面材・火打ちは理解できましたかを確認し、78~100%の高い理解度となっている。今後は、床材と火打ちの特徴と違いの解説を行う事で理解度を更に高められる。

④⑤(図3)固有周期と共振の概念について理解できましたかという問いで確認し、山古志中と北中は90~100%と高い理解度となった。北中ではレンガを乗せた実験を全員が集まって実験を観察した効果もあったようだ。青葉台中は時間の関係で、全員の耐震要素を入れた揺れの実験を行えなかった影響からか63%となった。全員に伝える手段として何ができるのか今後も検討する。

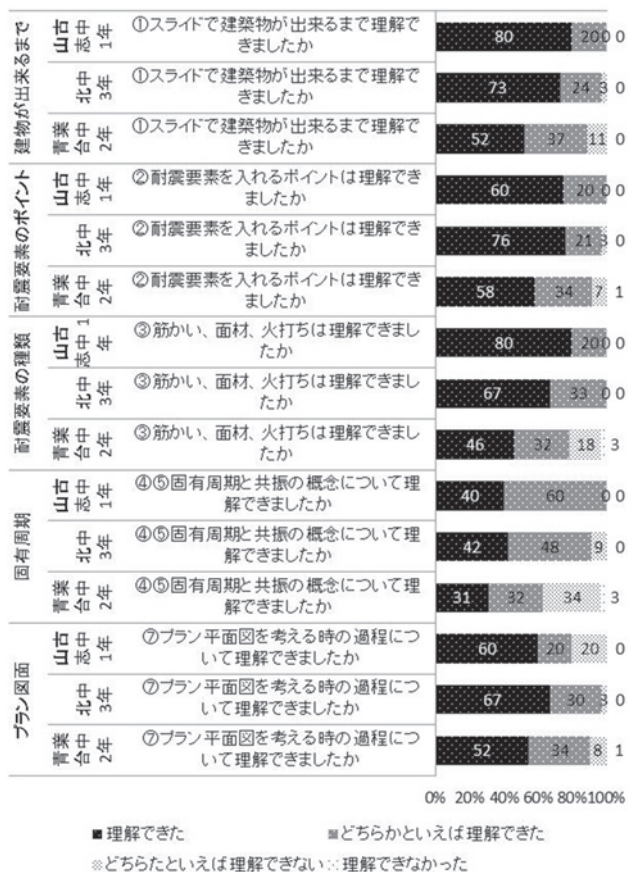


図3 講座における生徒の理解度

■ 生徒の関心・興味

⑥ (図4) 建築講座の感想については面白かったですかという問いで確認し、「そう思う」が92～100%の高い結果となった。講座後のレポートや感想文からもわかるように時間を忘れて非常に集中しながら取り組んでいた。

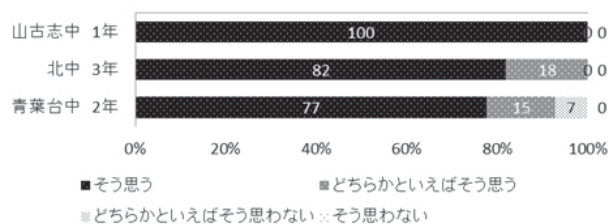


図4 建築講座の面白さ

⑦ (図3) プラン平図面を考える時の過程について理解できたかという問いで確認した。プラン平面図の発表や組立てを体験するなかで全ての基になる重要な位置づけであり、真剣さが求められ生徒たちの考えが深まるのではない。

2) 家庭科教育との繋がり

① 「住まい」についての興味・関心として家庭科 (住領域) で覚えていること

(図5) 小学校の家庭科で覚えていることの1番は「整理・整頓・清掃」である。次に「気候風土や文化による住居の違い」や「環境・ゴミ処理」を中心に学んでいることが分かった。「住居の仕組み・役割」は40%前後や「災害に強い家」は20%前後と少ない。主な内容は、地震時の家具の転倒防止や避難用具の準備である。本講座で対象とする建物そのものの仕組みや耐震の仕組みについては中学生の段階では初めての体験であることがわかる。

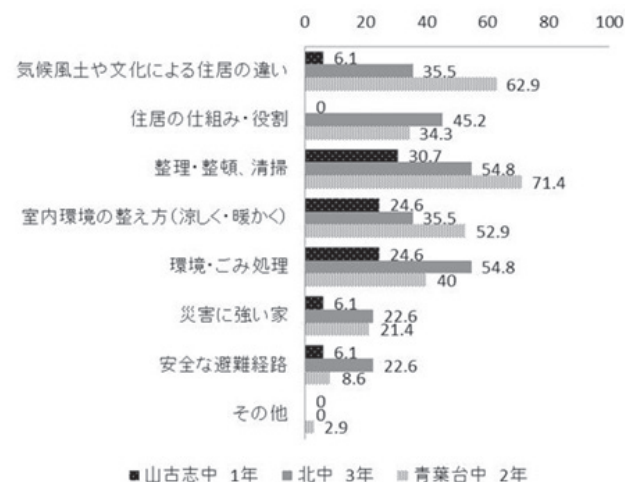


図5 小学校の家庭科で「住まい」に関して学んだこと (複数回答)

② 家は、あなたにとってどのような場所

(図6) 生徒にとっての家の位置づけは「安心できる場所」「家族と生活する場所」「食べたり寝たりする場所」など家族と共に過ごす場所として安心できる場所の認識していることが分かった。

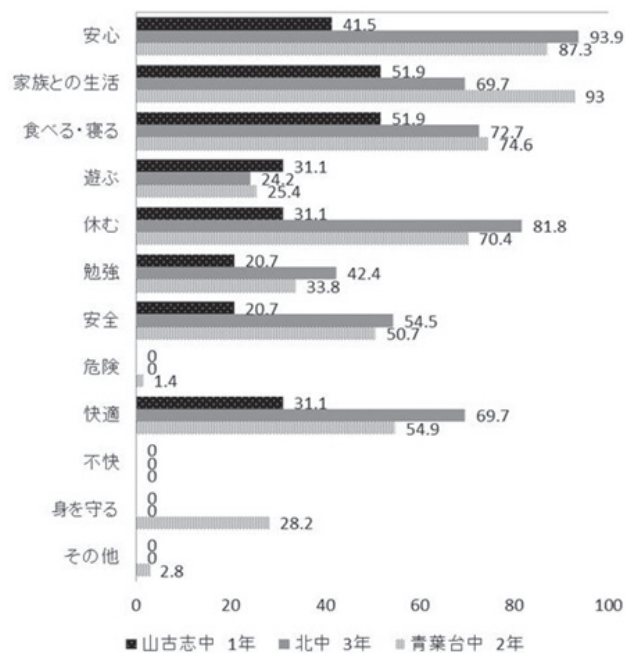


図6 家はあなたにとってどんな場所 (複数回答)

③自分の家の方位

(図7) 方位については考えたことがないという回答が45～46%と高い結果となった。通風や採光など室内環境や間取りにも影響するため、丁寧に解説する事が必要である。

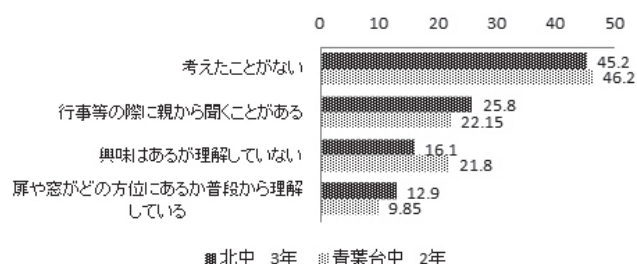


図7 自分の家の方位について考えたことの有無

3) 力の流れの可視化

(図8) 力の流れについてはピン構造の時、一緒に解説する。ピン構造の問いについて確認し、60～70%の理解度となった。北中では組立てた模型にレンガを載せ起振装置で揺らす実験を行い、青葉台中では、薄い梁を用いて荷重の流れを可視化した。北中、青葉台中共の理解度としては向上したことが分かる。

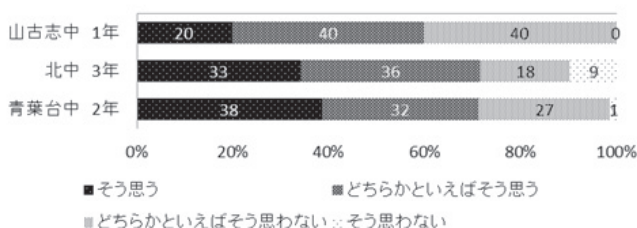


図8 ピン構造、門型ラーメン構造の仕組みの理解度

4) 事前学習の内容

(図9) 事前学習で行ったことを踏まえて、尺貫法の理解についての問いで確認した。山古志中・青葉台中は、教室や自宅の自分の部屋のレイアウトを書く作業と計測する作業、部屋の感想や自宅の和室は何畳か確認する事前学習レポートであった。67～80%の尺貫法の理解であった。

北中は、方眼紙に将来の自分の家(各自でコンセプトや家族設定を行う)について間取りを考える事前学習レポートであり、尺貫法の理解度は87%と高い。事前学習の成果と年齢が関係しているが今後も、事前学習の内容と結びつく講座内容が求められる。

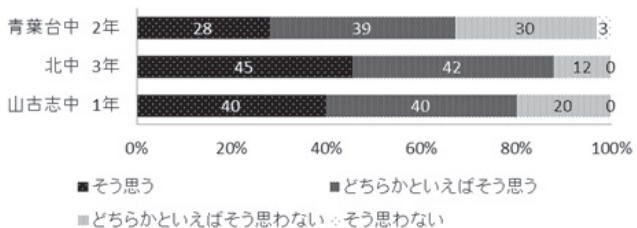


図9 尺貫法の理解度

5. まとめ

本年は、教える側の視点に立ち新潟大学飯野准教授の協力のもと、より分かりやすい建築講座を展開するために生徒の講座の様子やアンケート調査を行った。今年の主な取り組みと効果について下記に示す。

1) 教える側からの教育内容の整理

今まで5年間の建築教育の内容について「生徒の理解度」、「時間配分」、「生徒の関心・興味」について指摘を受け、改善しアンケート結果の理解度と講座の生徒の様子から建築初心者に対する今までの教育法として有効な方法であることが示された。

2) 家庭科(住領域)の教育との繋がり

小学校で学んだ住まいの「災害に強い家」や「住居の仕組み・役割」と結びつきを深めることで、分かりやすい切り口になりえる。窓の方位など通風や採光などの建築環境工学的な観点の養成が必要と認められる。

3) 木造の荷重の流れの可視化

固有周期と共振の概念についての理解は山古志中と北中では90～100%であったが、青葉台中は時間の関係で、揺れの実験を全体で行えなかったことから63%だった。今後、生徒全員で確認しあう時間が更に必要である。

4) 事前学習の内容の見直し

事前学習にて得た知識を講座内で取り入れることは、自室や教室との比較から縮尺や尺貫法の手助けにもなったようであり、尺貫法の理解度も概ね80%前後となった。

以上の結果、本講座は3時間ずつ2日間行い、生徒たちは非常に集中して取り組んでいたといえる。模型も比較的単純なものだが、毎年模型の補足材(階段等)も増やす事により自由な仕組みを増やしているのも、生徒達の表現力も一層高まったと思う。

謝辞

平成26年度、SPP建築講座は多くの方の協力を得て無事、終了することができました。長岡市立山古志中学校、長岡市立北中学校、長岡市立青葉台中学校の生徒さん達とは1/10組立模型を通じて大変有意義な時間を共有する事が出来ました。各校の校長先生はじめ、引率教員のご理解、ご協力に感謝しております。SPP実施にあたり、対応して下さった科学技術振興機構の方々及び新潟大学の飯野准教授と飯野研究室3年生の中田早香さん、そして長岡造形大学後藤研究室4年生の関川遼太郎さん、近善晴さん、倉本裕子さん、3年生の間公美さん、羽深歩波さん、江尻研究室4年生の大縫智さんの協力なくして本講座を円滑な進行はできませんでした。ここに御礼申し上げます。