

# 1/10 組立模型を用いて雪国の家に関する建築講座の活動報告

## House of the snowy district of the architecture lecture using the 1/10 model

後藤 哲男  
GOTO Tetsuo

広川 智子  
HIROKAWA Tomoko

キーワード：模型、雪国の家、建築講座  
Keywords：model, house of the snowy district, architecture lecture

We gave some lectures "to experience house structure and the indoor environment in a model of 1/10" for junior high school students and primary school students this year. As for the theme of this year, structure for snow load, and sound environment were introduced.

### 1. はじめに

2009年から1/10組立模型を用いて長岡市内の中学生を対象に建築講座を行い、今年で11年目を迎えている。本年度は同一の模型を用いて雪国の家を学ぶカリキュラムを構築した。本論はその1年間の新たな取り組みと実施状況について報告する。

本年度の建築講座は「第23回北陸地域の活性化」に関する研究助成事業の支援を受けて実施した。今まで開発してきた方法の検証に加え積雪荷重に関する新たな構造、環境、空間、施工の教授法について建築の教育方法を模索している。

### 2. 実施概要

建築講座の対象は中学生と小学生である。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（写真1）  
1年生、2年生（4名）  
2018年7月27日、31日 構造と光環境（各3時間）
- ② わくわく科学フェスティバル（1ブース）  
小学生（約100人）  
2018年8月8日 構造と光環境（5時間30分）
- ③ 長岡市立北中学校  
3年生（20名、18名）  
2018年9月19日、20日 構造（各3時間）

中学生の様々な反応を観察し調査・分析するため各中学



写真1 建築講座の様子（山古志中）

校と事前打合わせ、事前学習、講座前後のアンケート、感想文を同時に実施した。

1年間の合計実施日数は5日、受講者は125名である本年の活動報告は、長岡造形大学研究紀要に報告すると同時に中学生を対象とした建築教育の独自報告書も併せて作成する。

### 3. 研究背景と目的

約半世紀前には大工などの職人の住宅造りは身近であった。雪の荷重、地震に耐える耐震構造、暖かく住むための方法など雪国の風土で培われた木造住宅の仕組みは、工業化住宅の普及と大壁構造により日常的には見えなくなっている。その結果、雪国の子どもたちは雪に対して特別配慮された建築に関する知識を日常生活の中で学ぶことが難しくなり、建築の風土性への興味・関心や知識が希薄になっている傾向にある。

頻繁に発生する地震対策、建物の環境負荷を軽減する省エネ対策、高齢者が安全で快適に住まう工夫など様々な問題が住宅環境の周辺にはある。いつの間にか専門的となった建築に関する知識を再び個人レベルで理解しなくてはならない重要な問題であることを再認識する必要がある。これは自分の命は自分で守ることの再認識でもある。次世代が再びこの建築知識を一般化するための教育方法の研究が必要になる。

建築や住生活を最初に学ぶ機会は小中高等学校の家庭科（衣食住）であるが、現行の家庭科のカリキュラムは住教育の比率が少ない。それは生活要素の創意工夫に留まり、建築の領域（システムや原理）にまで踏み込んでいない実態がある。

本研究では、雪国で培われた建築知識を再認識するためにまず積雪荷重を可視化する。組み立てた建築模型に雪と仮定した教材をのせてみることから始めることとした。次に模型を揺すったり、耐震補強をしてもう一度振動を加えて観察をした。これは短時間で楽しく学びかつ理解するといった体験型の教育方法の模索であり提案でもある。対象者は空間認識が高まり義務教育で学ぶ原理原則から応用された建築の仕組みを理解する力のある中学生である。本年度はこのような建築教育の有効性を確認することを目的とする。

### 3.1 中学生の現状

図1は長岡市内の中学生を対象に行った「雪国の家」に関するアンケート結果である。雪国の家について「少し知っている」割合が81～100%と高いが、「少し」という曖昧な認識である。

知っている内容について図2に示す。二重窓（サッシ）が63%と最も高く、次に屋根の傾き（自然落下含む）と玄関高さ（高床式）が31%であった。身近で視界に入る窓、屋根の傾き、床の高さに関して「雪国仕様」という知識があることが明らかになった。一方で、柱の本数や大きさなど構造の仕組みに関する回答は少なく、理解していないことがうかがえる。さらに家の方位に関して「知っている」割合は27%と低い結果である。夏は涼しく冬は暖かく快適に住まうための方位を十分理解していないことが分かった。

アンケート結果から多くの生徒が雪国の家に関して高い割合で違いを少し認識している。その内容は窓や屋根、床の高さなどに限定されており、建築の構造体まで理解が及んでいない。また「少し」という言葉は「知っていることを漫然と理解している」ことを意味していると考えられる。さらに家の方位について理解が低いことが分かった。このことを踏まえ、我々は中学生を対象に雪国の家に関するカリキュラムの構築を試みた。

雪国の家に関する基本的な2点、①木造の特徴と耐震構造、②方位による光環境と平面計画について理解するためのカリキュラム構成とした。

また屋根に積雪荷重が乗った場合の建物の挙動をわかりやすく理解させるために模型を用いた積雪（写真2）と固有周期による補助教材を開発した（写真3）。

一方、中学校側の協力を得て方位と平面計画を考える設計の宿題（2階建て平面図）を出した。そこでは図を簡単に説明し、講座当日の各生徒の発表へとつなげている。

本報の前半は、補助教材の開発と中学校側と検討した製図方法について、後半は中学生を対象に模型を用いた雪国の家に関する建築講座の実践から理解度を分析する。

## 4. 補助教材の開発・中学校側と検討した製図方法

### 4.1 教育方法の全体構成

全体構成は図3に示す。はじめに地震に強い木造の家はまどりの計画からつくり方の施工までの4領域があることを解説した。建築とは各領域を交えながら展開すること、実際の建築を考える場合も同じ手順であることを模型で短時間に木造を建てる疑似体験とする。

今回は木造における積雪時の振動の理解を深めるために目視で積雪時の振動の違いを確認できるように三段階にわけて体験させる。各段階は下記の通りである。

#### 第一段階

生徒は自分の家の雪国の特徴（柱の太さ等）を講座前に調査（事前学習）する。

#### 第二段階

講座では1/10組立模型の屋根に雪をのせる（写真2）。積雪時を想定し雪の比重0.25（建築基準法・多雪地域は0.3）と同じ比重の杉材（0.24～0.3）を加工し、白い布袋

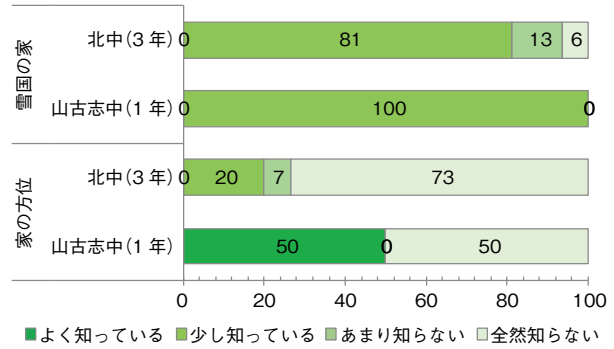


図1 中学生の現状

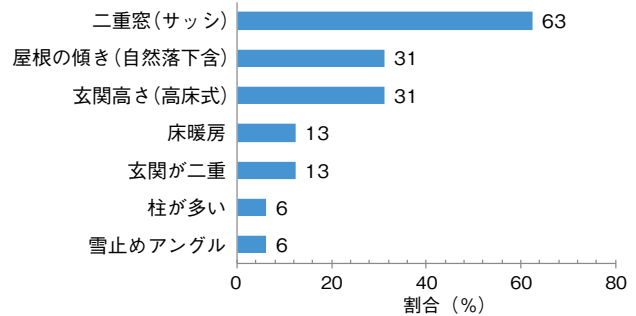


図2 「雪国の家」に関して知っている内容（北中）

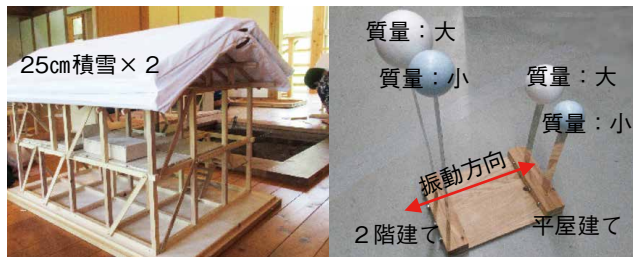


写真2 積雪時の模型全体

写真3 振動教材

## 地震に強い木造の家？

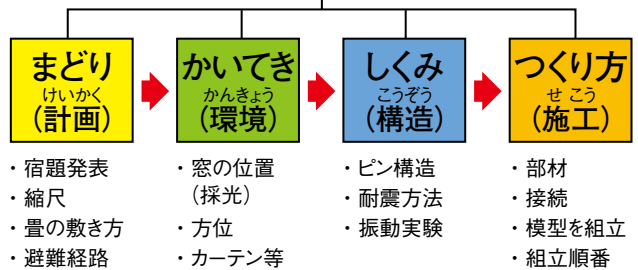


図3 教育方法の全体構成

に入れ試作品を製作した。25cmと50cm積雪時の2種類用意し1/10組立模型を組み立てた垂木の上ののせる積雪時に地震が起きた際の揺れ方（手動により揺する）と耐震方法（耐震壁や筋交い）を学ぶこととする。

#### 第三段階

地震時の振動と積雪の関係振動教材（写真3）で確認する。振動教材は共振状態を可視化する一質点系モデル（図4）とする。これは、構造教育の振動教材として普及して

おり、竹中工務店の建築講座や緑川光正（北海道大学 教授）の研究などの教材を参考にした。今回は積雪時に特化するため質量（m）は、雪のみを対象にする（床は含まない）。雪の重さと揺れの違いを把握しやすくする。

#### 4.2 補助教材の開発

積雪荷重と建物高さの関係を簡単に把握するため、振動教材を開発した。図4に示す建築物は、柱（水平剛性）の先端におもり（質量）があるときに自由振動させた振り子の固有周期に適用できる。このとき、地面に建物の全質量が集中した一質点系のモデルで考える<sup>3)</sup>。振動教材は、建物を細いステンレス鋼の板材に置き換え、その先端におもり（積雪荷重）を取り付ける。水平の力を加えると板材は左右に振動する。この時、板材が一往復する時間が固有周期である（図4）<sup>1)</sup>。

ステンレス鋼の板材は、長さを2種類（30cmと50cm）の先端に発砲スチロールのおもりを取り付けて揺らす（図5）。発砲スチロールは大小の2種類用意し、大は直径50cmの雪荷重、小は直径25cmの雪荷重と想定する。大小それぞれの揺らした方の振幅（変位応答）を確認する<sup>2)</sup>。最も振幅が大きい揺らし方は、大・長さ50cmは「とてもゆっくり」、大・長さ30cmは「小刻み」、小・長さ50cmは「少しゆっくり」、小・長さ30cmは「かなり小刻み」であることを確認した。この補助教材で以下の原理を確認することができる。

- 1) 建物が高く、質量が大きい場合はゆっくりと変形する（振り子の固有周期）。そのため、建物の積雪時は振幅が大きくなり、変形しないように頑丈（耐震）にする必要がある。
- 2) 振り子の固有周期はルートm（質量）に比例し、ルートℓ<sup>3</sup>（高さ）に比例する。従って、質量が2倍になると固有周期はルート2倍になり「少しゆっくり」振動する。建物高さが2倍になるとルート8倍になり「とてもゆっくり」振動する。この両方が合わさると、ルート2倍とルート8倍がかかるので4倍になり「とてもゆっくり」になる。雪荷重と建物の高さの揺らし方による振幅の違いと原理を簡単に確かめることができた。

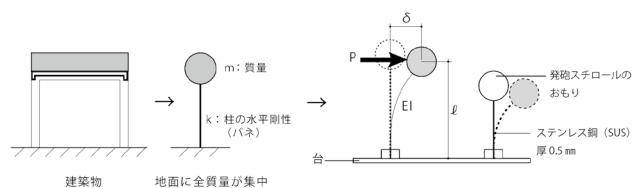
#### 4.3 中学校側と検討した製図方法

2018年6月～8月に2中学校の1～3年生合計25人を対象とした。中学校側に「雪国の家」に関する事前学習を実施してもらい、それと同時に宿題を課した。講座実施の1ヶ月前である。

模型を見て日常生活の部屋の空間の広がりやを想像できることが建築知識の理解の第一歩と考える。そのために、事前学習（空間の実測と感情）と宿題（2階建て住宅の設計）を毎年設けて来た。

今年の前学習は、自分の家の「雪国の家」の調査内容とした。宿題は、最初に身近な部屋の実測経験を前段階で設け、次に、自ら設計案をつくる（図6）。講座では、その設計図に沿って模型を組み立てる。この事前学習+宿題+建築講座の一連の展開は、雪国の家を理解・想像しやすくし、建築の楽しさを追求できると考えた。

昨年同様、各中学校と事前打ち合わせを行い講座の目的・主旨を理解してもらい協力を得ている。さらに、各中学校で



振り子の固有周期 $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ k: ステンレス鋼のばね定数、 $k = \frac{3EI}{\ell^3}$ m: おもりの質量 E: ステンレス鋼のヤング係数 I: ステンレス鋼の断面2次モーメント ℓ: ステンレス鋼の長さ	振幅 $\delta = \frac{P\ell^3}{3EI}$ P: 加わっている力 (地震加速度×質量) $P = \frac{3EI}{\ell^3}\delta$ m: おもりの質量 E: 曲げ剛性 (曲げ変形しにくさ) ℓ: 長さ ※ P と δ の係数がバネ定数
---	--

図4 振動教材の固有周期の計算式<sup>2) 3)</sup>

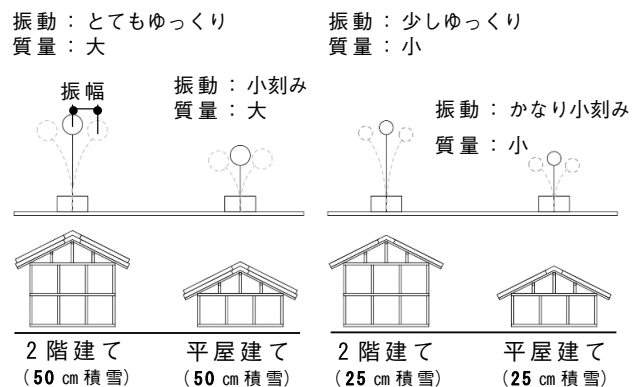


図5 振動イメージ

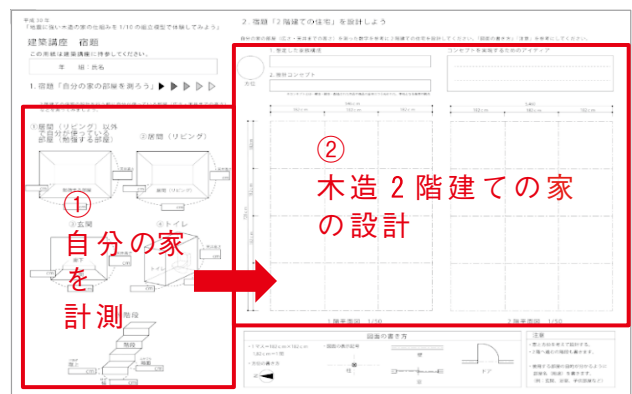


図6 宿題（2階建て平面図）

表1 各中学校の検討した製図方法

宿題を考えるための方法・手順	
山古志中	①自分の家の寸法を計測する ②中学3年生から建てたい家のリクエストを聞く ③建築講座を受講する2年生と1年生はリクエストを取り入れて間取りを設計する ④3年生の了解を得て、宿題（設計）が完成する
北中	①自分の家の寸法を計測する ②建築講座を受講する3年生は、班ごとに家族構成・コンセプト・アイデアを出し合う ③それぞれの設定を取り入れて間取りを設計する

は宿題に対し表1の項目を実施し、生徒たちがより積極的に楽しく取り組める製図方法を中学校の担当教員と共に考えた。山古志中は、3年生から建てたい家のリクエストを1年生と2年生が聞き取り、設計案をまとめた。北中は班毎で相談し設計案をまとめた。多くの意見を取り入れ表現することでコミュニケーション能力も養成されることも考えた。

#### 4.4 事前学習の調査結果

事前学習は、中学生に自分の家に関心を持ってもらうためコンベックスを用いて①自分の家の柱の大きさ、②地面から玄関の床高さを計測する2種類の調査を設けた。事前学習の回収率は76%である。

事前学習の調査結果を図7に示す。柱の大きさは山古志中が12cmと12.1cm以上が多く、北中は12cmが最も多く38%であった。柱の大きさの比較対象として東京は9~10.5cm(標準)を示し、東京より新潟の柱が大きいことを理解できる。

次に、地面から玄関までの床高さは、山古志中、北中ともに2m以上が最も多い結果であった。ここでも比較対象として東京は約30cm(標準)を示し、東京より新潟の方が高いことを理解できる。

事前学習の調査後に、新潟と東京の違いについて自ら考えてもらうと「雪が積もると玄関がうるから」「家が雪につぶれないように」という意見が多かった。また、調査して自分の家(雪国の家)を理解できましたかという問いに「少し理解できた」との回答が92%と最も高い(図8)である。

寸法の調査は違いに気づけても「少しの理解」が大半を占めており、実は雪国の家はもっともっと工夫があるに違いないといった期待感の現れなのかもしれない。

さらに、調査前に「雪国の家」について「知っている」側を選択した中学生に対し調査後に質問した。調査前から柱の大きさと地面から玄関高さの知識を確認した(図9)。「両方、知らなかった」が最も多く42%と約半数である。これは雪国仕様の家の工夫は構造以外の部分(屋根勾配や雁木等)であり、構造に関する雪国の家の仕組みを知らなかったことが分かる。

以上の結果、事前学習にて身近な窓や屋根などの「雪国の家」の仕組みは理解しているものの、柱の大きさなどは知識が無いことが分かる。さらに、柱の大きさ、玄関の高さを計測して数字を把握できるが、雪国の家に関する知識

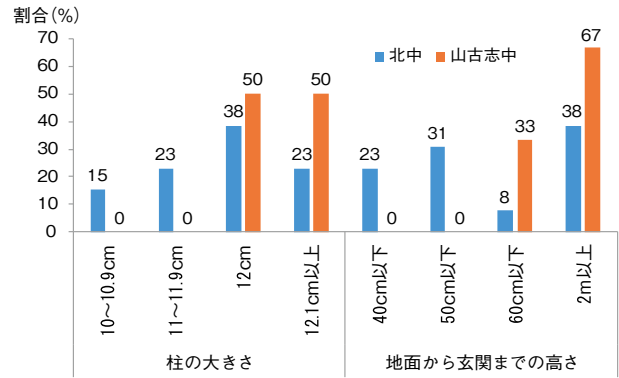


図7 事前学習で調査を行った結果

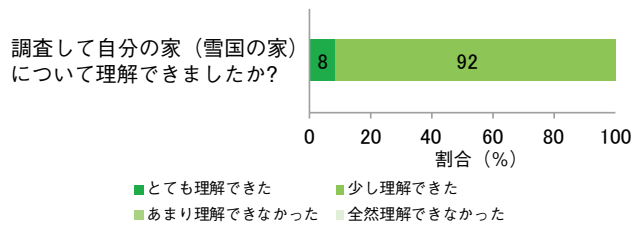


図8 事前学習の調査後の理解度

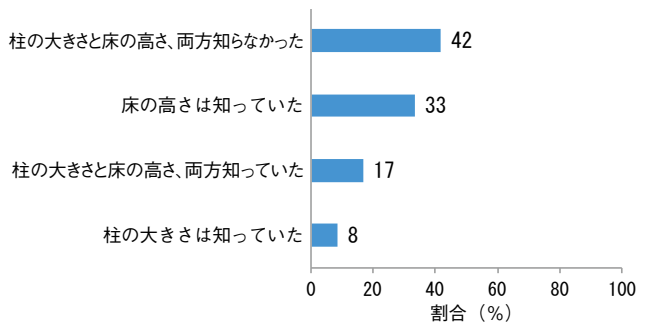


図9 調査後、調査内容に関する認識割合

表2 山古志中の建築講座の内容

1日目		2日目	
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		明るく涼しい家をつくる-採光と日射遮へい-	
 畳の敷き方	①はじめに(アンケート)	 実験装置の準備	①はじめに(アンケート)
	②事前学習の発表		②事前学習の発表
	③木造建築ができるまで ・雪国の家とは?		③照度とは ・照度計を使ってみよう
 宿題の発表	④1/10組立模型の説明、取扱い方法 ・縮尺1/10、尺貫法、畳の敷き方	 太陽高度を操作	④模型で1階建てを組み立てる ・実験装置の説明
	⑤耐震構造の原理 ・門型から1坪		⑤採光 ・3種類の窓で、光の入り方を比べる
	⑥宿題の発表		⑥採光の実験 ・照度計や模型内の様子を観察
 揺れの実験	⑦模型を用いて2階建てを組み立てる	 照度計の記録	⑦日射遮へい ・時間帯や季節にあった遮へい材を見つける
	⑧2階建ての耐震補強、揺れの実験 ・積雪		⑧日射遮へいの実験 ・照度計や模型内の様子を観察
	⑨家庭でできる地震対策 ・避難経路		⑨まとめ(感想、アンケート)
⑩まとめ(感想、アンケート)		⑩まとめ(感想、アンケート)	
■・・・計画(まどり) ■・・・環境(かいてき) ■・・・構造(しくみ) ■・・・施工(つくり方)			

表3 北中の建築講座の内容

1日目		2日目		
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		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		
 <p>①はじめに (アンケート)</p> <p>②事前学習の発表</p> <p>③木造建築ができるまで ・雪国の家とは?</p> <p>④1/10組立模型の説明、取扱い方法 ・縮尺1/10、尺貫法、畳の敷き方</p> <p>⑤耐震構造の原理 ・門型から1坪</p> <p>⑥模型を用いて平屋建てを組み立てる</p> <p>⑦平屋建ての耐震補強、揺れの実験 ・積雪</p> <p>⑧家庭でできる地震対策 ・避難経路</p> <p>⑨まとめ (感想、アンケート)</p>		 <p>①はじめに (アンケート)</p> <p>②宿題の発表 ・講師やTAから質疑応答</p> <p>③模型を用いて2階建てを組み立てる ・宿題を見ながら組み立て</p> <p>④平屋建ての耐震補強、揺れの実験 ・積雪</p> <p>⑤家庭でできる地震対策 ・避難経路</p> <p>⑥各班の模型を見る</p> <p>⑦まとめ (感想、アンケート)</p>		
	耐震構造の原理		宿題の質疑応答	
	耐震補強前の振動実験		振動教材の実験	
	平屋建てを耐震補強		積雪時の振動実験	
<p>■・・・計画 (まどり)   ■・・・環境 (かいてき)   ■・・・構造 (しくみ)   ■・・・施工 (つくり方)</p>				

には、「少し」しか結びつかないことが確認できた。

## 5. 1/10組立模型を活用した建築講座の実践

### 5.1 建築講座の概要

2018年7月～9月にの2中学校の1～3年生合計25人を対象に建築講座を実施した。場所はロータリーハウス・山古志山の学校、雪国植物園・木遊館、長岡造形大学の1室である。時間は3時間で、2日間に渡って行く。1班(模型1台)は2～3人で構成し、合計2～7班で行った。

各中学校の学習したい意向に沿って、カリキュラムを構成し山古志中は構造(耐震)と環境(光環境)となり(表2)、北中は構造(耐震)となった(表3)。近年地震や自然災害が頻繁に発生していることから「耐震」に重点を置く学習内容となった。講座の理解度を確認するため、講座前後にアンケート調査を行い、回収率は100%である。

### 5.2 建築講座の内容

建築講座は、計画・環境・構造・施工の4領域を交互に交えながら展開する。山古志中に関して、1日目は3領域(計画・構造・施工)を中心にカリキュラムを構成し、2日目は1領域(光環境)を中心に展開した。北中は、2日間で3領域(計画・構造・施工)繰り返し展開しながらボリュームを大きく平屋建てから2階建てへカリキュラムを構成した。雪国の家の仕組み、構造に関しては、2校とも事前学習の発表と模型組み立てで解説した。方位に関しては、山古志中が、2日目の光環境の太陽高度と窓の関係で解説した。北中は、宿題(間取り)の発表時に質疑応答で解説した。

### 5.3 講座前後の理解度

講座前の用語の知識と理解度を確認した。アンケート結果を図10に示す。各用語について「知っている」+「少し知っている」割合は「耐震」と「家庭でできる地震対策」が56%でもっと高い結果であった。これは、家庭科の住教育

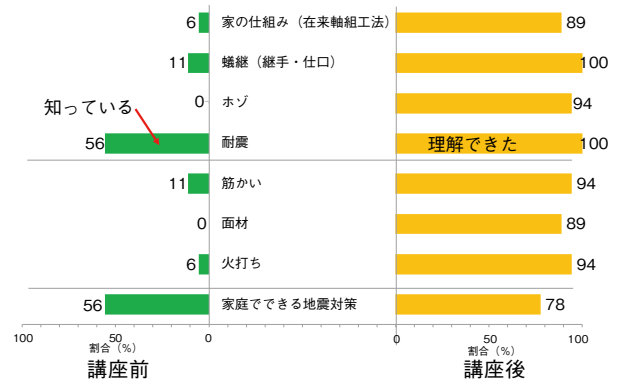


図10 講座前後の理解度 (北中)

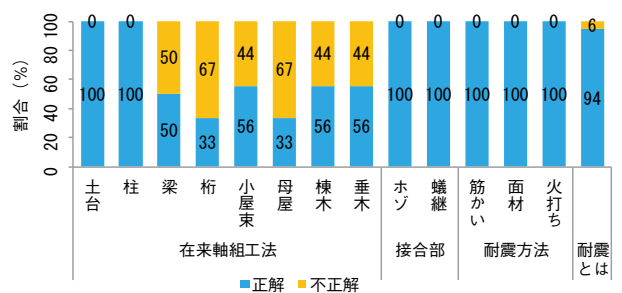


図11 2日目の講座後の正解率 (北中)

や防災教育などで学んでいると考えられる。1日目の講座後に、各用語を「理解できた」+「少し理解できた」合計が78～100%と上昇した結果になった。これは、講座で模型を用いながら何度も組み立てたことにより、それぞれの用語の理解が深まったと考えられる。

用語の正しい理解を確認するため2日目の講座後に、用語とイラスト(図・位置など)を選択する方式で確かめた(図11)。ほぼ100%に近い正解率であり正しい認識であることを示した。一方、家の仕組み(在来軸組工法)の桁から垂木まで33～56%と約半数の正解に留まっていること

が分かった。組み立てる際に、部材の種類と用語が曖昧に覚えている可能性がある。

#### 5.4 雪荷重と振幅の理解度

積雪荷重によって、平屋建てと2階建ての地震の揺れの違いを振動教材を用いて体験した理解度を図12で示す。「とても理解できた」が72%、「少し理解できた」が28%の合計100%でありほぼ理解できたと言える。模型の積雪時の振動実験と振動教材の比較、揺れの違いを可視化したことで雪の重みと振動の違いについて理解が深まったと考えられる。

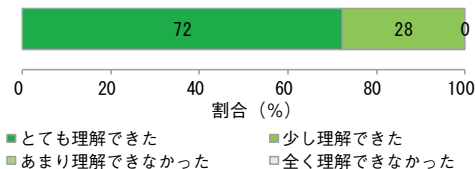


図12 雪の重みと地震時の揺れの違い (北中)

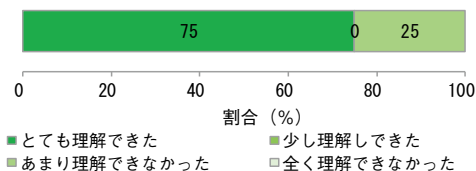


図13 雪国の家の日射遮への理解度 (山古志中)

#### 5.5 雪国の家の日射遮への理解度

季節や方位における暖かく住むための採光状況と日射遮への理解度を図13で示す。「とても理解できた」が75%であり概ね理解できた。太陽軌道装置の太陽の操作や模型内の観察、照度の記録から光環境について理解できたと考えられる。

#### 5.6 模型の有効性

模型を用いた雪国の家の分かりやすさについて確認し95~100%の生徒が「わかりやすい」と回答した。分かりやすい理由について図14に示す。最も高い割合は山古志中で「雪をのせた揺れの実験」が100%、北中で「建物の組み立て方法」が70%だった。模型の接合部(蟻継・ホゾ)が精密で加工されているため組み立て体験と、ピン構造の振動実験が実際の地震時の揺れに近似しているように見えるため、積雪時の揺れ方の可視化が分かりやすい要因だったと考えられる。

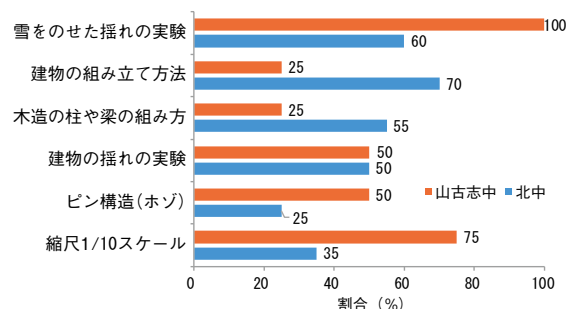


図14 模型が分かりやすい理由

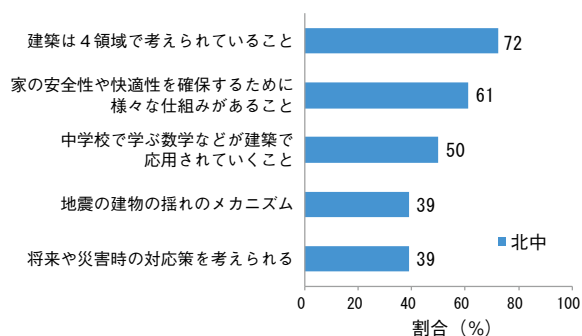


図15 理解できた講座内容 (北中)

#### 5.7 2日間の建築講座を受講して理解できた内容

建築講座を受講して理解できた内容を図15に示す。最も高い割合は「建築は4領域で考えられていること」が72%であった。次に「家の安全性や快適性を確保するために様々な仕組みであること」が61%、「中学校で学ぶ数学などが建築で応用されていること」が50%であった。一方、「将来や災害時の対応策を考えられる」が39%と低い結果であった。災害時「いざ」という時の判断力を高めるための教育方法も今後、検討する必要がある。

#### 6. まとめ

雪国の家に関する中学生の知識から1/10組立模型を用いた建築講座を行い、アンケート結果から理解度を確認した。得られた知見を以下に示す。

- 1) 多くの生徒が雪国の家に関して高い割合で認識しているものの、建築の構造体まで理解が及んでいない。家の方位も理解が低いことが分かった。
- 2) 事前学習・宿題・建築講座を実施した結果、積雪荷重と建物の高さによる地震の揺れの違いを振動教材を用いて理解度を確認した。「理解できた」側の合計100%であった。
- 3) 季節や方位における暖かく住むための光環境の理解度は、「とても理解できた」が75%であり概ね理解できた。
- 4) 模型を用いた雪国の家の分かりやすさが100%であり、分かりやすい理由について「雪をのせた揺れの実験」が100%であった。

#### 謝辞

各学校の校長先生、担当教員、引率教員の方々及び生徒さん達のご理解と多大なるご協力を得ました。ここに感謝の意を表します。さらに、建築講座の実施に当たり、新潟大学の飯野由香利教授、長岡造形大学の小川峰夫教授、元造形大学非常勤講師の木原隆明さん、小川峰夫研究室の4年生の笹嶋志のぶさん、星成美さん、松田沙也さん、松本菜々さん、依田優太さん、3年生の大澤美月さん、小山楓さん、小口ゆずきさんの協力なくして本講座は円滑な進行はできませんでした。ここに深謝の意を表します。

なお、本研究は研究助成「第23回北陸地域の活性化」に関する研究助成事業の助成を受けました。

#### 参考文献

- 1) 建物とストレスの話 田口武一 井上書院 1985年 pp172-190
- 2) 絵でみる ちからとかたち 一般社団法人日本建築学会 丸善出版 2013年 pp38-39
- 3) ゼロからはじめる「構造力学」演習 原口秀昭 彰国社 2014 pp184-207