

1/10組立模型を用いた音環境に関する建築講座の活動報告

Report the activity of the building lecture about the sound environment using the 1/10 model

後藤 哲男

GOTO Tetsuo

広川 智子

HIROKAWA Tomoko

キーワード：模型、音実験、騒音

Keywords：model, sound experiment, noise

We performed the lecture that increased "to experience house structure and the indoor environment in a model of 1/10" for a high school student from a primary schoolchild this year.

As for the theme of this year, structure, and sound environment.

1. はじめに

2009年から1/10組立模型を用いて長岡市内の3中学校の中学生を対象に建築講座を行い、今年で9年目を迎えている。昨年は同一の模型を用いて省エネの関係を念頭に置いた光環境教育の太陽軌道実験装置を開発し、光環境と省エネの関係を学ぶカリキュラムを構築した。本年も建築知識のない人々を対象に模型を用いた建築教育を1年間実施し、新たな取り組みの成果について報告する。

本建築講座は長岡造形大学特別研究費から長岡市内の3中学校の建築講座の運営に係る費用をあてている。さらに、科学研究費助成事業（学術研究助成基金）の助成を受け、今まで開発してきた方法の検証と新たな構造、環境、空間の教授法と効果について検証・分析しながら建築教育の研究を行っている。



写真1 建築講座の様子（山古志中）

2. 実施概要

建築講座の対象は中学生と高校生である。主な実施順は以下の通りである。

- ①長岡市立山古志中学校（写真1）
1年生（3名）
7月31日、8月4日 構造と音環境（各3時間）
- ②直江津中等教育学校
4年生・5年生（44人）
8月23日 構造と音環境（各2時間）
- ③長岡市立北中学校
3年生（25名）
9月20日、21日 構造と熱環境（各3時間）
- ④群馬県総文祭
群馬県内の美術部員1～3年生（約15名）
11月4日 構造と折り紙建築（各2時間）
- ⑤長岡市立青葉台中学校（以下、青葉台中とする）
2年生（30名、29名）
11月17日、21日 構造（各3時間）

様々な反応を観察し調査・分析するため事前打合わせを行い、事前学習、講座前後の理解度アンケートを行い、感想文も書いてもらった。実施分野は各学校と相談の上決定している。

1年間の合計実施日数は8日、受講者は143名であった。建築講座の実施前後に新潟大学の飯野研究室、長岡造形大学の後藤研究室にて打ち合わせを重ね、アンケート結果と分析をもとに意見交換を行い、次の展開を確認し合った。

本年の活動報告は、新潟大学飯野研究室の研究報告とつぎ合わせた上で、長岡造形大学特別研究として大学研究紀要に報告する。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

近年、子どもを対象とした建築教育は様々な方法で行われている。一方、耐震や光環境など特定の現象を把握するための模型は数多く展開しているが、一つの模型で計画、構造、環境、施工の分野を習得できる建築教育ツールはほとんどなく、各分野を連続して教育するシステムや教育方法は見当たらない。

本年の新たな取り組みは健康や快適性に密接に関連する

住環境の「音」についてである。図1は新潟県の高校生を対象に行った建物の音環境に対するアンケート結果である。建物の音環境について「考えたことがある」割合が27%と低い。多くの生徒が音環境を意識せずに生活していることが明らかになった。

一方で、多くの生徒が生活していて周囲の音（生活音）をうるさく感じている割合は81%と高い結果である。うるさく感じてはいるものの生徒自身の自宅で騒音対策している割合は19%と低い。図2は騒音対策をしていない理由を示す。「我慢する」が41%、「騒音対策の方法が分からない」が35%であった。

以上のアンケート結果から多くの生徒が音環境を意識して生活していない現状と生活音に対して、うるさく認識しているものの自宅で騒音対策していないことがうかがえる。このことを踏まえ、本研究では高校生を対象に音環境教育を試みることにした。

本研究の目的は、高校生に建物の壁材の種類による遮音・吸音性能の相違を学習し、住まい方の工夫による室内の音環境改善（騒音対策）について学習してもらうこととする。

研究の方法は、1/10組立模型を用いた音実験方法を開発し、音環境に関する学習方法の考案（予備実験）と教育実践を行った。本報告の前半は、音実験の概要と予備実験で得た実験結果と教育指針について、後半は高校生を対象に模型を用いた音環境の教育実践から理解度を分析する。

まず、音環境を学習するための音実験装置の開発をする。

- 1) 壁材の遮音・吸音性能の相違を理解してもらうため、壁の種類を変えることができる装置とする。
- 2) 住まい方の工夫による音環境の改善（騒音対策）を認識してもらうため、生徒自身が騒音計で計測することができるようにする。

この2点を開発方針と位置づけ、音実験装置を開発した。

4. 音実験方法の概要

4.1 音実験の概要

実験環境は、部屋の中にいることを想定し、外部からの騒音の透過の程度が壁の種類により異なることやさらに外部からの騒音を防ぐ方法について理解してもらう内容を検討した。

実験環境は、音環境を比較するため模型内に2部屋（2畳間）を用意し、2部屋の中央地点に騒音（音源）として防犯・警報ブザーを置く（写真2）。

本ブザーは約110dB 工事ハンマーに近似した値である。本ブザーの振動が2部屋になるべく影響しないように防振マットに置く。2部屋の壁は同種類で囲み、壁の材料はアクリルケースに入れて可視化する。

天井は中央に穴をあけ、騒音計を1台ずつ上部から差し込む。模型内の中央地点に騒音計のセンサが位置するように設置して、人が室内に居る際の騒音レベル（A特性音圧レベル：聴感補正された音圧レベル）を測定する。

表1に実験方法、表2に計測機器や材料を示す。騒音計の計測は、MAXモードとして最大値（dB）で透過の程度を数値で確認する。また、実験環境は極力無音に近い環境として模型はテーブルの平らで安定した場所に設置し壁と構造（柱や梁）の隙間を密閉テープで固定する。

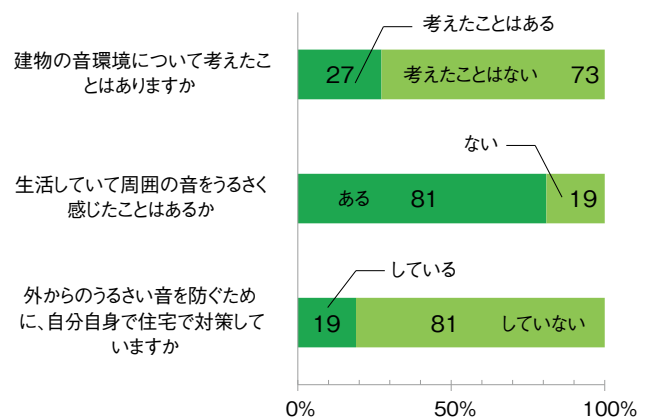


図1 音環境に関する高校生の現状

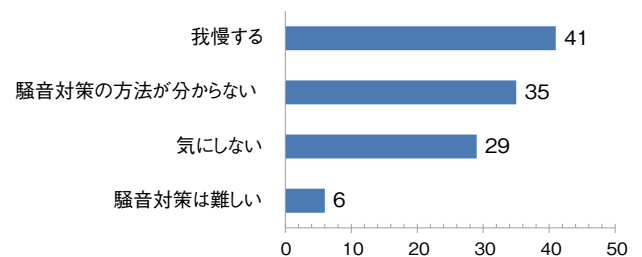


図2 防音対策しない理由

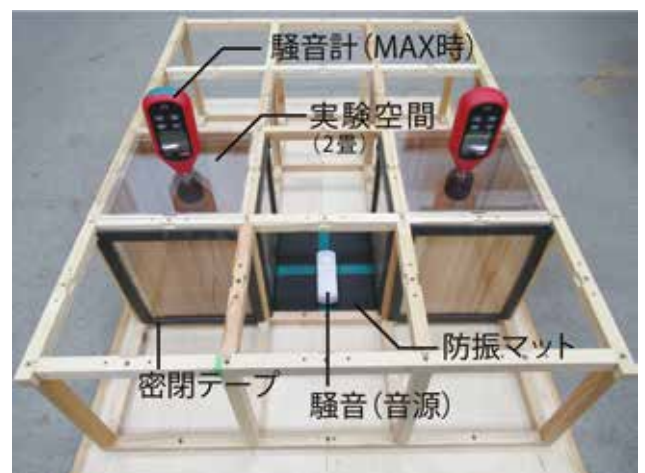


写真2 音環境実験装置

表1 実験方法

		建築材料の遮音・吸音性能	住まい方の工夫による音環境の改善（騒音対策）
材料	壁材	グラスウール、紙、木、コンクリート、ガラス、花崗岩	グラスウール、紙、木、コンクリート、ガラス、花崗岩
	遮音材料	—	木枠+フェルト、または本棚
騒音計	計測地点	床から15cm	床から15cm
	計測面積	2畳	2畳
	音源の距離	1間（18cm）	1間（18cm）

表2 計測機器と材料の概要

項目	機器
騒音計	UNI-T UT353 小型デジタル騒音計 デジタルサウンドレベル 30-130dB
密閉テープ	ふすま戸あたりテープ ニトムズ
音源	窓・ドア用防犯・警報ブザー 株大創産業

4. 2 建築材料の持つ遮音・吸音性能を学ぶための実験

写真3に示す6種類の壁材（グラスウール、紙、木、ガラス、コンクリート、花崗岩）から1種類を選択して壁4面を取り付け、壁材の遮音・吸音性能を計測する。

コンクリートとガラス及び花崗岩は重い壁材で反射率が高いので遮音により壁の透過率を低く抑えることができる。また、グラスウールや細かく切った紙片の壁材及び木は比較的軽く空気層を含む壁材であることから、吸音性能により入射音の透過率を低くすることができる。全ての壁材をアクリルケース（アクリル厚2mm、空洞10mm（壁材が入る））に入れ、アクリル厚2mm）に納めた。

ガラスに関しては通常2～3mmのガラス板だが、重ねガラスや複層ガラスも想定し重い材料とした。さらに、イメージしやすくするために天井面をアクリルケースとし模型内を覗けるようにした。

4. 3 住まい方の工夫による室内の音環境改善（騒音対策）を学ぶための実験

写真4に音環境改善（騒音対策）の材料を示す。壁内側にカーテンとみなしたフェルトと本棚を壁4面に設置して実験する。1部屋の壁内側に木枠を設け、もう1部屋に木枠+カーテンまたは本棚を設置し、透過率の違いを比較する。

実験方法は、壁材の遮音・吸音性能実験に続き、室内側に対して身近な材料で囲み音環境改善（騒音対策）を騒音計で測定する。カーテンは厚手のフェルト生地を代用し、本棚は蛇腹状にした段ボールを本に見立て木箱に詰めた。木枠は実験時間の短縮とフェルトを簡単に固定するために設ける。

5. 予備実験

5. 1 壁材の基本的な遮音・吸音性能に関する予備実験

写真5に示すように模型の2畳間の壁なし状態で防犯・警報ブザーを設置し、壁の4辺をテープで密閉させ再度防犯・警報ブザーを鳴らして外部から部屋内への音の透過の程度を5回測定する。測定地点は壁の有無に関係なく天井から騒音計1台ずつを上部から差し込んだ状態である。

計測方法は、騒音計をMAXモードで防犯ブザーを鳴らし、MAXで止まった数値を記録する。6種類すべて壁の有無と音の透過の程度を5回実験した平均値を比較した。予備実験結果は図3に示す。

棒グラフは壁なしと壁ありの騒音（dB）の値である。この実験結果から、軽く（ふわふわ）した材料は低下した騒音レベルの平均値は約14dB（A）であり、重く（かたい）材料は、約16dB（A）であった。固く密で重い材料は遮音性能が大きく、柔らかく気泡や隙間が多く材料は吸音性能が大きいことが影響していると考えられる。

以上の結果から、壁材の持つ遮音・吸音性能を壁の有無と騒音計の測定、比較により理解できることを確認した。

5. 2 住まい方の工夫による音環境改善（騒音対策）に関する予備実験

住まい方の工夫による音環境改善（騒音対策）の予備実験は、始めに模型の2畳間2部屋の一方に木枠を設置し、もう一方にて木枠+フェルトまたは本棚を設置する。2部







		
グラスウール壁	紙壁	木壁(杉)
重さ：173.3g	重さ 193.3g	重さ：276.1g
		
コンクリート壁	ガラス壁	花崗岩壁
重さ：840g	重さ：871.7g	重さ：929.1 g

写真3 壁材の種類と重さ ※重さはアクリルケース込みの重さです

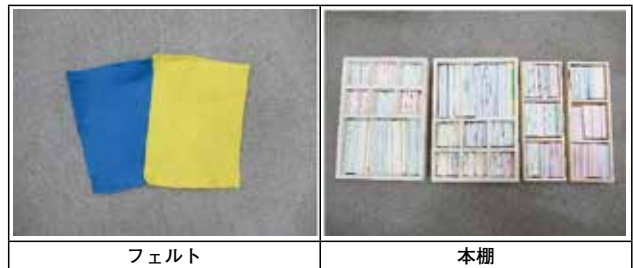


写真4 音環境改善（騒音対策）の材料

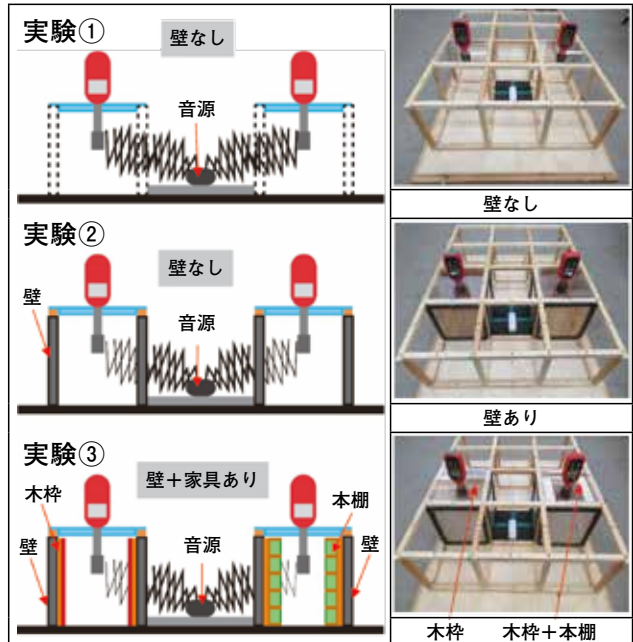


写真5 壁有無の騒音の違いを学ぶ実験方法

屋の間の防犯・警報ブザーを鳴らして外部から部屋内への音の透過の程度を計測する。測定地点は壁材の予備実験と同様の地点である。6種類すべて壁とフェルトや本棚を設置した場合の音の透過の程度を5回実験した平均値を比較した。

予備実験結果は図4に示す。図4は各壁材の壁材のみ

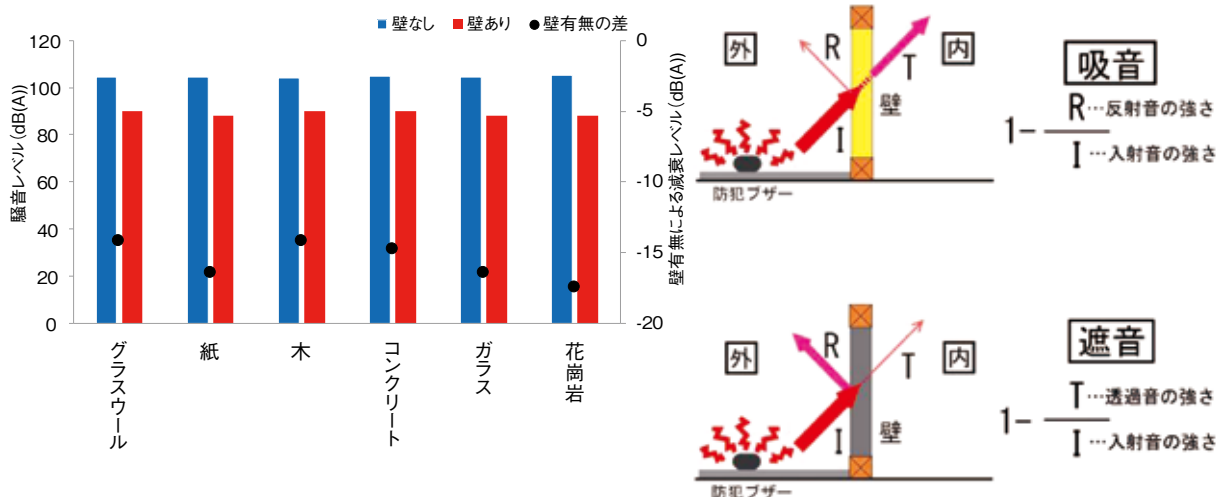


図3 壁材の基本的な遮音性能の予備実験結果^{1) 2)}

(A)、壁材+木枠 (B)、壁材+木枠+カーテン (C)、壁材+木枠+本棚 (D) の平均値を表し、各平均値の差を赤字で示す。

壁材のみの値とプラス木枠が含まれた状態は 2.0 ~ 5.5dB の差であった。

カーテンを設置した場合壁のみから低下した騒音レベルの平均値は約 4 dB (A) であった。これは、吸音率が高いことが理解できる。

本棚を設置した場合壁のみから低下した騒音レベルの平均値は約 8 dB (A) であった。これは、本棚や本により遮音性能が向上したことが理解できる。

6. 予備実験のまとめ

予備実験結果から、以下の4点を確認した。

- 1) 軽く (ふわふわ) した材料は低下した騒音レベルの平均値は約 14dB (A) であり重く (かたい) 材料は、16dB (A) であった。
- 2) 材料の持つ遮音・吸音性能を壁の有無と騒音計の計測、比較により理解しやすいことを確認した。
- 3) 住まい方の工夫による音環境改善では、カーテンを設置した場合、壁のみから低下した騒音レベルの平均値は約 4 dB (A) であり、本棚を設置した場合、約 8 dB (A) であった。

これらの結果を踏まえて、模型を用いた遮音実験の有効性を確認した。

実験時は、騒音計が敏感なため静かに行い、音環境を均等にするためしゃがんで計測作業を行う。また、記録係や騒音計の操作など役割分担で実験を行い、実験結果を簡単に把握するためグラフ化することとした。

7. 1/10 組立模型を活用した建築講座の実践

2017年8月下旬に直江津中等教育学校の4・5年生(高校1・2年生相当)44人を対象に、音に関する建築講座を行った。場所は直江津学びの交流館の1室で学年毎に1時間ずつ実施した。3~4人の生徒で1班を構成し、4年生は6班、5年生は7班で実験を行った。

授業展開を以下に示す。(写真6)

講座ではスライドを使用して音の原理を説明した後に、写真5に示す3種類の実験を行った。各班の実験場所を学年別に図1に示す。実験は、班毎に1台の模型を使用して、図2に示す①音源からの直達音の騒音レベルの測定、②班ごとに与えられた壁材の遮音・吸音性能(壁を透過した騒音レベル)の測定、③生活上できる騒音対策を施した際の騒音レベルの測定を行った。騒音対策物として、フェルト(厚手のカーテンを想定)と本棚(棚中に本の代替として蛇腹状の段ボールを詰める)及び段ボールを用意し、壁4面に設置した場合における騒音レベルの減衰の

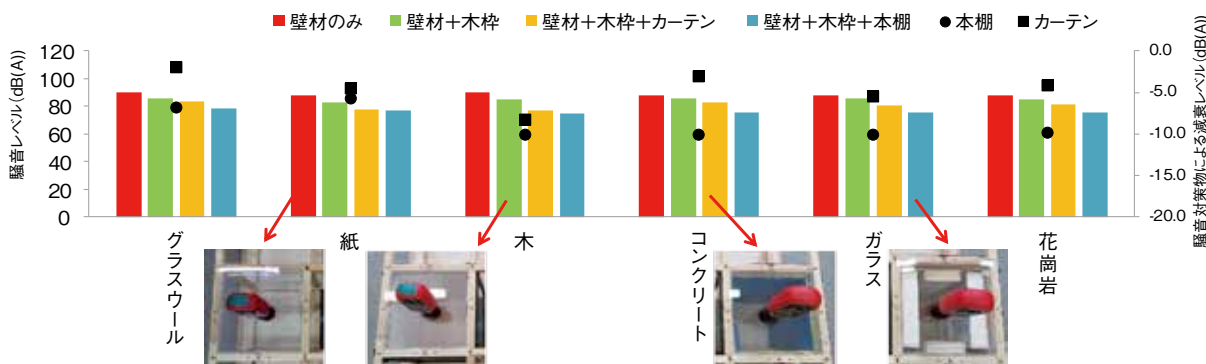


図4 室内の音環境改善の予備実験結果

測定を順次行った。なお、騒音対策物を壁に設置する場合、多くの時間を要することから、壁の室内側にこれらの騒音対策物を貼り付けた木枠を用意し、実験時にはこれらの「木枠+騒音対策物」を模型内に挿入するだけで済むようにした。

生徒自身が4面の壁材や騒音対策物及び天井材を模型に取り付けて2個の騒音計を同時に押して実験毎に3回測定して記録した。さらに、実験補佐の大学生が黒板に全班の3回の平均値を板書して結果を共有し、班毎に理解できたことを発表してもらった。4年生のクラスは①と②の実験のみに留まり、5年生は①～③の実験を行った。なお、講座の前後にアンケート調査を行い、回収率は100%であった。

8. 実験結果

実験①～③を行うことができた5年生の結果を図5に示す。騒音レベルを棒グラフで、騒音対策物における減衰レベルをプロット点で示す。同図は実験①で測定した壁材がない（柱と梁の枠組みのみ）状態での各班での2部屋の平均騒音レベルと実験②における各々の班に壁材を設置した後の2部屋の平均騒音レベル、及び実験③で壁材+木枠を設けた部屋と同種の壁材+木枠+騒音対策物を設置した部屋を同時に比較測定した騒音レベルを示す。実験①の壁材がない状態での各班の値の相違は小さく、各防犯ブザーの音源の違いと測定場所での遮音や吸音などの状況による違いと考えた。実験②における各壁材の騒音レベルは87.4～89.9dB(A)で、種類による相違はさほど大きくなかった。これはいずれの壁材もアクリルケースに入れていることからアクリルケースの表面でほぼ一様に反射するために壁材の種類による相違が出難いことが一要因として挙げられる。入射音に対して反射分の割合が高い重い壁材であるコンクリートと花崗岩が、吸音率の高い空気を多く含む軽い紙片の壁材の騒音レベルより多少小さい（音の透過率が低い）傾向が見られた。なお、壁材の有無による騒音レベルの同時測定を行わなかったので音圧レベル差を考察することができない。

また、騒音対策物を設置したことにより低下した騒音レベルの各班の平均値は、本棚で約11dB(A)（▲）、段ボールで約8dB(A)（■）、フェルトで2dB(A)（●）であった。このことから、本棚を設置することが最も有効であることがわかった。しかし、実際には、壁4面全てに本棚を

項目	講座内容
1. 音に対する建築の性能「防音」と「吸音」の解説 2. 音の強さのレベル(IL)と音圧レベルSPL デシベル(dB)の説明	
3. 騒音計の使い方、計測方法の概説 4. 実験上の注意喚起	
5. 音実験の実施 ①音源からの直達音を測定 ②騒音計を建築材料で囲み測定 ③騒音計をさらにカーテン等で囲み測定	
6. 実験結果をグラフ化	
7. 実験結果から音環境に関する解説	

写真6 建築講座の流れ

設置することはほとんどないことから、カーテンとの併用等が考えられる。

9. アンケート調査の概要

授業前後にアンケート調査を行った。回収率は100%で44人のデータを得た。アンケートの内容は、

- 1) 授業全体の理解度 (①理解できたこと、②分かりやすかったこと、③理解できなかったこと、④難しかったこと)

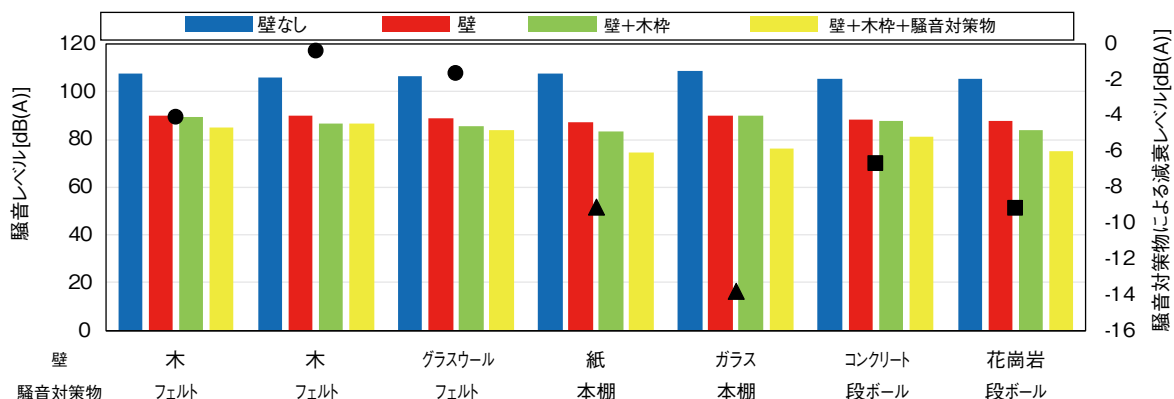


図5 建築講座の実験結果 (建築材料の持つ防音性能)

- 2) 材料の基本防音性能の理解度
- 3) 住まい方の工夫による騒音対策の理解度
- 4) 騒音対策への興味
- 5) 音環境教育を受講した感想、などである。

9. 1 講座全体の理解度

講座全体の理解度を確認し、結果を図6に示す。理解できた・分かりやすかった内容は「壁材の種類ごとの遮音性能の違い」が82%で最も高く、次に「遮音性能(遮音と吸音)」、 「遮音性の高い材料」44%であった。これは模型を用いたことや騒音の平均値を比較実験により、壁材の遮音性能を認識したためと推定される。また、騒音計の使い方は何度も操作したことで理解できたと考えられる。

一方、理解できなかった・難しかった内容は「特になし」が48%で最も高い結果であったが、「グラフの書き方」が23~21%であった。グラフを書く時間が少なかったことや説明不足もあり、1/4の生徒は難しかった可能性がある。実験結果を簡単に把握するためグラフ化した、今後グラフの書き方や工夫が必要であると考えられる。

9. 2 壁材の遮音性能・騒音対策の理解度

壁材の遮音性能と騒音対策の理解度を図7に示す。遮音性能は「とても理解できた」が30%、「少し理解できた」が68%の合計98%でありほぼ理解できたと言える。

住まい方の工夫による騒音対策は「とても理解できた」が35%、「少し理解できた」が56%の合計91%であったことから理解できたと考えられる。

どちらも音実験を通して騒音の比較、グラフ化したことで壁材の遮音性能と騒音対策の理解が深まったと考えられる。

9. 3 遮音・吸音の理解度

遮音と吸音の講座前後の理解度を図8に示す。

講座前は遮音に関して「知っている」が7%、「少し知っている」が35%、合計42%に対して、講座後は「とても理解できた」が48%、「少し理解できた」が48%の合計96%上昇した。

講座前は吸音に関して「知っている」が2%、「少し知っている」が37%、合計39%に対して、講座後は「とても理解できた」が36%、「少し理解できた」が58%の合計94%理解度が高まった。

遮音・吸音についての理解はほぼ深まったと考えられる。

9. 4 住まい方の工夫による騒音対策の理解度

講座前は騒音対策への興味に関して「とてもある」が7%、「ややある」が61%の合計68%に対し、講座後は「とてもある」が34%、「ややある」が59%の合計93%上昇した。

同様に講座前の騒音対策を学ぶことで生活が良くなると思う割合は「とても思う」が39%、「少し思う」割合が45%の合計84%であった。講座前の84%から授業後に「とてもある」が58%、「ややある」が41%の合計99%生活改善の意識が高まった。

騒音対策の学習が興味関心を高め、生活に影響することを実感できたことにより、音環境の改善実践に繋がると考

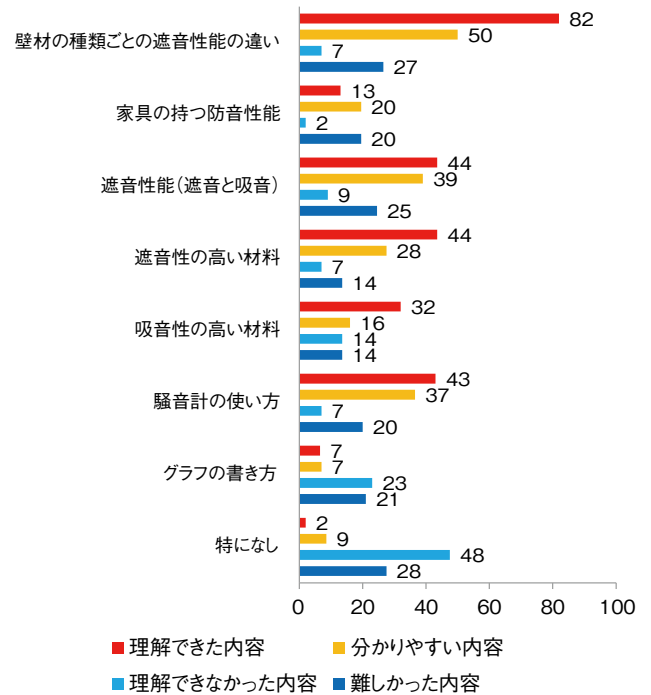


図6 建築講座全体の理解度

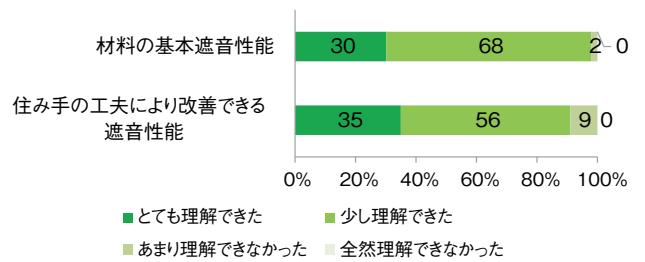


図7 遮音性能の理解度

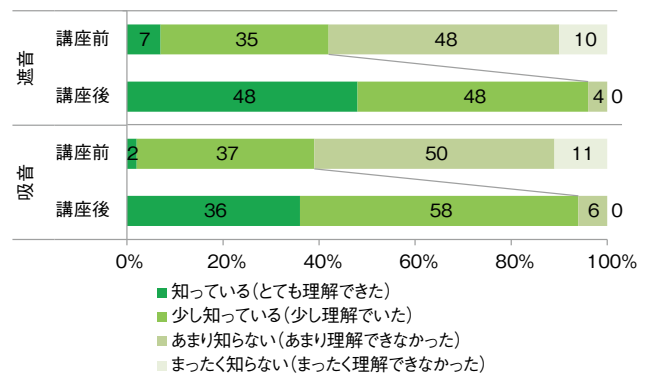


図8 遮音・吸音の理解度

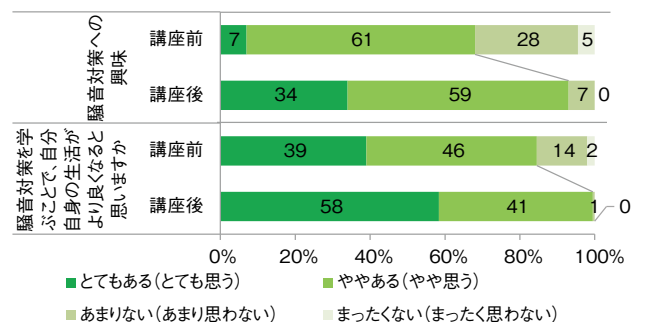


図9 騒音対策への興味・生活改善

えられる。

9. 5 模型の有効性

図10は模型を用いた音環境教育の分かりやすさについて確認した。「とても分かりやすい」が70%、「少し分かりやすい」が30%の合計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11に示す。最も高い割合は「騒音計で計測」が78%、次に「様々な壁を取り付け」が65%だった。天井から騒音計を組み込んだことや一つの構造（柱や梁）の軸組み模型に様々な壁材の設置できたことが分かりやすい要因だったと考えられる。

9. 6 音環境教育を受講した感想

音環境に関する建築講座を受講した感想を図12に示す。面白かった割合は「とても面白かった」が66%、「少し面白かった」が32%の合計98%であった。面白かった内容について「騒音計の計測」が64%、「遮音と吸音の基本原則」が48%、「壁を取り付けたこと」46%であった。騒音計の計測、遮音と吸音の基本原則などは、理解度が高い内容とも重なり面白さに結びついていることが分かった。

10. 教育実践のまとめ

高校生を対象に1/10組立模型を用いた音環境に関する建築講座を行い、講座の内容の理解度を確認した。得られた知見を以下に示す。

- 1) 「授業全体の理解度」：模型を用いたことや比較実験により、最も理解できた・分かりやすかった内容として、86%の生徒が「壁材の種類ごとの遮音性能」を挙げた。
- 2) 「壁材の遮音性能の理解度」は、「とてもよく理解できた」+「少し理解できた」割合が98%であったことから、ほぼ理解できたと言える。
- 3) 「住まい方の工夫による音環境改善の理解度」は、「理解できた」割合が91%であったことから、ほぼ理解できたと言える。
- 4) 「騒音対策への興味」は、授業前は68%に対し、授業後は93%に上昇した。
- 5) 模型を用いた音環境教育の分かりやすさが100%であり、分かりやすい理由について「騒音計で計測」や「様々な壁を取り付け」であった。
- 6) 「音環境教育を受講した感想」は、音環境の授業を受講し「面白かった」割合は98%でした。

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。また、環境教育や教育方法に関して新潟大学の飯野由香利先生と新潟大学4年生の森原舞さんのご協力を得ました。ここに深謝の意を表します。さらに、建築講座の実施に当たり、長岡造形大学後藤研究室の大学院2年生の河野裕太さん、4年生種村瞳さん、根岸里紗さん、横倉彩子さん、和田彩さん、3年生の金子日和さん、笹嶋志のぶさん、星成美さん、松田沙也さん、松本菜々さん、山口杏奈さん、依田優太さん、川口研究室の大学院1年生の赤川汐織さんの協力なくして本講座は円滑な進行はでき

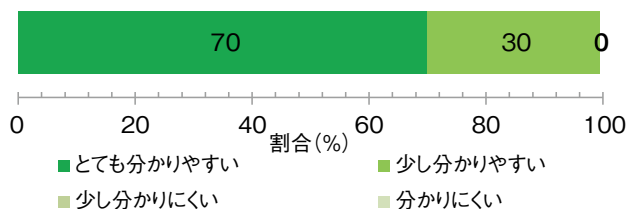


図10 模型の有効性

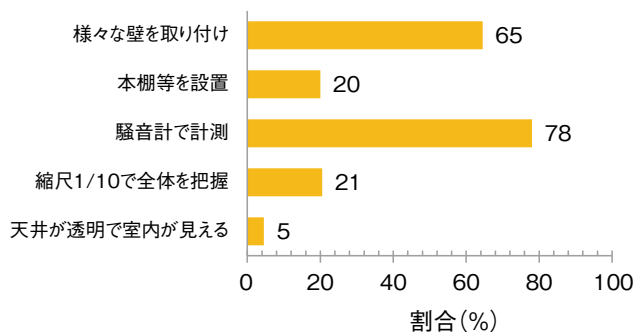


図11 模型が分かりやすい理由

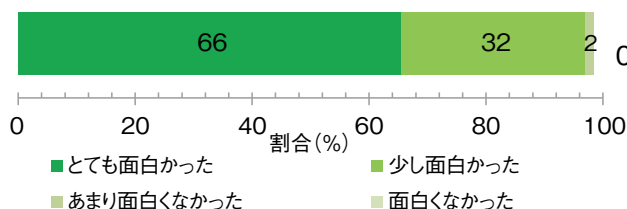


図12 講座に参加した感想

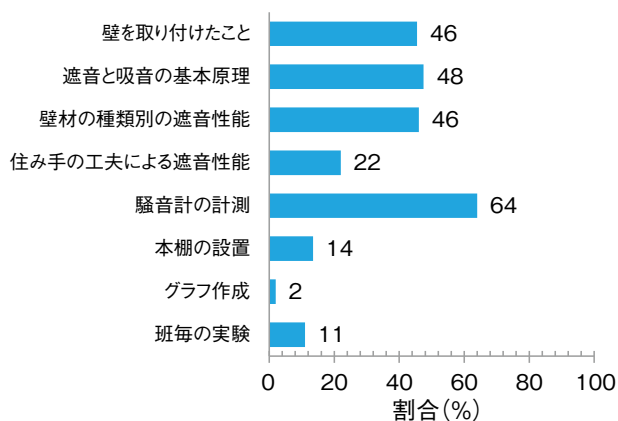


図13 面白かった理由

ませんでした。ここに御礼申し上げます。なお、本研究は長岡造形大学特別研究費、科学研究費助成事業（基盤研究（C） 課題番号 15k00925 代表者 後藤哲男）の助成を受けました。

参考資料

- 1) 静けさよい音よい響き 永田穂 彰国社 1986年 pp118-120
- 2) 建築の音響設計 永田穂 オーム社 平成3年 P 8