

木育教室「丈夫で、津波に強い木は、重い木と軽い木のどっち？」 の開発・実施・評価

Development, implementation, and evaluation of a wood education class
posing the following question:

“Which is tougher and more tsunami-resistant, heavy wood or light wood?”

大西 春帆*

藏田 大和*

高橋 一秋**

Haruho ONISHI

Yamato KURATA

Kazuaki TAKAHASHI

要旨

日本国土の67%を占める森林は、最も身近で、暮らしに役立つ木材資源を有しているが、十分に活かされておらず、生活用品の多くを金属製品やプラスチック製品が占めている。木材自給率は上昇しているものの、森林の保全や資源の有効活用を成し遂げていく意義が十分に理解されていない。このような背景から、2004年に北海道庁によって「木育」の取り組みが提唱された。しかし、これまで行われてきた多くの木育は「木材の材料としての良さやその利用の意義を学ぶ」ものであり、森林の多面的機能を学ぶ事例は数少ない。著者らは、今後、「森林の有する機能」を学ぶ木育が必要とされる森林の一つに、東日本大震災後に再生されつつある「海岸防災林」があると考えている。また、育成中の海岸防災林では、森林の多面的機能の向上を目指す間伐の実施と間伐材の有効利用が求められる。

本研究では、将来、生長した海岸防災林から切り出される間伐材の活用を想定して、多様な樹種の木材としての特性(重さ、色、木目、保温力)を学ぶことをねらいとした木製教材「ドングリ」を開発した。また、その木製教材の一部を活用して、海岸防災林の主要樹種であるクロマツの木材と、宮城県が海岸防災林の適正樹種として定めたコナラの木材の丈夫さを学ぶことをねらいとした木育プログラムを開発した。本研究の目的は、開発した木育プログラムを、小学校児童を対象に実施し、その学習成果を評価することとした。

本プログラムの学習のねらいは、「コナラはクロマツより重く、丈夫で折れにくいこと」と「なぜ重い木は丈夫なのか」を学ぶことと定めた。2022年10月に、海岸防災林再生活動(苗木生産と植栽)に参加している宮城県山元町立坂元小学校児童(1～6年生)を対象に、本学習を実施した。本学習では、コナラとクロマツのドングリを持って、重さの違いを比べる体験と、軽い木と重い木の丈夫さを比べる実験などを行った。本学習前の同年9月には、樹木の形態的特性を学ぶための動画(事前学習)、本学習後の翌年3月には、本学習の復習と質問に対する回答をまとめた動画(事後学習)の視聴を行った。また、本プログラムの学習成果を把握するため、本学習後と事後学習後に「振り返り学習」(確認テスト・アンケート形式)を実施した。

全学年をまとめた分析では、コナラとクロマツの「重さ」と「丈夫さ」の違いについての正答率は、それぞれ92.5%と88.8%であった。「なぜ重い木は丈夫か」の理由についての理解度は、59.2%であった。感想文のテキスト分析から、低学年では「面白い」「嬉しい」「楽しい」などの「感情」に関する用語、高学年では「学べる」「分かる」「思う(考える)」などの「学び」に関する用語が多く使われる傾向があること、学年が上がるにつれて、深い学びができていたことが読み取れた。したがって、本プログラムは、森林の有する多面的機能の一つである防災機能を学ぶ木育プログラム

として有効であったと考えられる。

Abstract

Forests, which cover 67% of Japan's land area, are the most important source of wood resources. However, they are not currently being fully utilized, and metal and plastic products remain dominant in terms of our daily necessities. Although the self-sufficiency of wood is increasing, there remains limited appreciation regarding the importance of forest conservation and effective utilization of forest resources. Against this background, a wood education ("Moku-iku" in Japanese) initiative was launched by the Hokkaido Government in 2004. However, most Moku-iku programs conducted thus far have focused on learning about the material qualities of wood and the importance of its use; the multifaceted functions of forests continue to be largely underappreciated. We consider education about the functions of so-called "coastal disaster prevention forests", which are being restored after the Great East Japan Earthquake, to be particularly important. Additionally, coastal disaster prevention forests require thinning to improve their multifunctional capacity and allow for effective use of their wood.

We created acorns from wood as teaching materials to help children learn about the characteristics (weight, color, grain, and heat-retaining capacity) of various tree species, with a view toward possible future use of thinned wood from mature coastal disaster prevention forests. We also developed a wood education (Moku-iku) program based on the acorns to teach the children about the toughness of the wood of Japanese black pine (*Pinus thunbergii*), which is a major tree species in coastal disaster prevention forests, as well as the wood of konara oak (*Quercus serrata*), which is designated as a species suitable for coastal disaster prevention forests in Miyagi Prefecture. The purpose of this study was to assess the effectiveness of the Moku-iku program for elementary school children on the basis of the learning outcomes.

The learning objectives of the program were to understand that konara oak is heavier, tougher, and harder to break than Japanese black pine, as well as to understand why heavy trees generally are tougher. The main learning program was conducted in October 2022. We enrolled children (grades 1–6) from Sakamoto Elementary School in Yamamoto Town, Miyagi Prefecture. All of the children were participating in coastal disaster prevention forest restoration activities (seedling production and planting). In the main program, children held acorns made of konara oak and Japanese black pine, comparing them in terms of weight, toughness, and similar characteristics. In September of the same year (i.e., before the main program), the children watched a video to learn about the morphological characteristics of trees (preliminary learning program). In March of the following year (i.e., after the main study), they watched a video that reviewed the main study and provided answers to all of the program questions (post-learning program). Additionally, they completed a questionnaire after the main and post-learning programs to assess the overall learning outcomes.

Our analysis of the children in all grades showed that 92.5% and 88.8% of them, respectively, understood that there are differences in weight and toughness between konara oak and Japanese black pine. Moreover, 59.2% of the children understood why heavy trees are tougher. Furthermore, emotional terms, such as "interesting", "happy", and "enjoyable", appeared more frequently in the written comments of children in lower grades, whereas terms related to learning, such as "learn", "understand", and "think (consider)", appeared more frequently in the written comments of children in higher grades, suggesting that deeper learning was achieved by the latter group. Overall, our Moku-iku wood education program was effective in teaching children about the potential for forest resources to aid disaster prevention efforts.

キーワード：キーワード：木育、木製教材、動画教材、小学生、大学生、海岸防災林、たねぶろじえくと

Keywords: wood education (Moku-iku), wooden teaching materials, video teaching materials, elementary school children, university students, coastal disaster prevention forest, Tane-project

I はじめに

日本国土の67%を占める森林は、最も身近で、暮らしに役立つ木材資源を有しているが、十分に活かされておらず、生活用品の多くを金属製品やプラスチック製品が占めている(北海道庁木育推進プロジェクトチーム 2005)。一方で、日本の木材自給率は、1955年から2002年までの間に96.1%から18.8%まで低下したものの、その後、2021年までの間に41.1%まで回復している(林野庁 2022)。また、「森林・林業基本計画」(2016年)では、2025年までに50%以上の木材自給率を目指すといった数値目標が掲げられている。2021年の国産材の生産量(自給率)を用途別で整理すると、製材用材は1,286万 m^3 (49.1%)、合板用材は466万 m^3 (45.3%)、パルプ・チップ用材は474万 m^3 (16.5%)、燃料材は935万 m^3 (63.4%)であり、製材用材としての利用が最も多い(林野庁 企画課 2023)。その背景には、例えば、2010年度に施行された「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」に基づく取り組み⁽¹⁾、2000年以降の世間的な木材利用ニーズの上昇(石崎 2016)、住宅メーカーにおける国産材利用量の増加(林野庁 2022)、FIT制定による木質バイオマス発電の増加(安藤 2013)などの影響があったと考えられる。しかし、生活用品の中に占めるプラスチック製品や金属製品の割合は依然として高く、木材利用が増加している実感は得にくい。さらに日本では、「木を伐ってはいけない」「木を使うことは悪いことだ」といった意識が根強く、「植え、育て、伐り、使いつつ、また植える」といったサイクリックな森づくりを通じて、森林の保全や資源の有効活用を成し遂げていく意義が十分に理解されていない(北海道庁木育推進プロジェクトチーム 2005)。

このような背景から、2004年に「木育」という教育活動が北海道庁によって提唱された。木育(Moku-iku)とは、子どもをはじめとするすべての人が「木とふれあい、木に学び、木と生きる」取り組みであり、子どもの頃から木を身近に使っていくことを通じて、人と、木や森との関わりを主体的に考えられる豊かな心を育むことを目指している⁽²⁾。その後、「森林・林業基本計画」(2006年)では、「木育」を「材料としての木材の良さやその利用の意義を学ぶ」ための教育活動であると定め、促進する方針が示されるとともに、多様な関係者が連携・協力しながら、「木育」を実施するように呼びかけられた(林野庁 2006)。さらに、「森林・林業基本計画」(2011年)では「森林の有する機能」、「森林・林

業基本計画」(2016年)では「森林・林業の役割」についても国民の理解と関心を高めるために、「木育」を推進することが付け加えられた(林野庁 2016)。

この間、木を使った遊びやものづくり活動から、間伐体験や木材生産者による出前授業まで、さまざまな年齢の学習者を対象に、自由度の高い木育活動が全国のさまざまな場所で行われている⁽²⁾。具体的には、小学校の社会科(長南ら 2016、大内・西村 2018)や図画工作科(長南ら 2016)などの授業として、単元の学習のねらいが満たされるように設計された木育が行われる事例や、学校の授業としてではなく、中学生(岳野ら 2015)、中学生から社会人まで(岳野・笠木 2007)、未就学児から小学生まで(長崎・馬場 2017)を対象に、自由度の高い木育が行われる事例がある。これらの木育の学習内容を分析すると、竹ポックリ・貯金箱(大内・西村 2018)、キーホルダー・基地(ティーピー)・クラフト(長南ら 2016)、ペーパークラフト(岳野・笠木 2007)、置物・コマ・ウォールフック(岳野ら 2015)、楽器(長崎・馬場 2017)などの「工作」、間伐と除伐(大内・西村 2018)、模擬枝打ち・火起こし(長南ら 2016)、木材の特徴・性質(長南ら 2016)、作製した楽器を用いた演奏会(長崎・馬場 2017)、薪割り(岳野ら 2015)などの「体験」や「実験」、身の回りにある木製品と森の関わり・木材の特徴・身近な森や木・森林組合の仕事・人工林と天然林の違いや現在の森林の状況(長南ら 2016)、ダムにおける流木問題(岳野ら 2015)、森林の役割(主に水源涵養の役割)(大内・西村 2018、大内・坂上 2021)などの「レクチャー」に整理できる。

このように、「材料としての木材の良さやその利用の意義を学ぶ」木育は、多数行われているが、さらに一歩進めて、「材料としての木材の特徴や性質が樹種によってどのように違うのか」や「森林にはどのような機能や役割があるのか」について学ぶ木育の事例は数少ない。今後さらに、身近な木材資源の利用を促進しつつ、森林の有する機能(例えば、地球温暖化防止や災害防止)も享受できる社会を築くためには、「樹種による木材の特徴の違いやその利用の意義」や「森林の有する機能」に焦点を当てた木育を行う意義は大きいだろう。

著者らは、今後、「森林の有する機能」を学ぶ木育が必要とされる森林の一つに、東日本大震災後に再生されつつある「海岸防災林」があると考えている。その総延長は140kmにも及ぶ。この海岸防災林再生事業は、従来の植栽方法とは異なった特徴を持つ。そ

れは、主要樹種であるクロマツの他に、広葉樹も一緒に植栽されている点である(林野庁 東北森林管理局 2011)。これによって、マツノザイセンチュウによるクロマツの一斉枯死が起こった場合でも防災機能の低下を防ぐことや、生物多様性保全機能の向上が期待されている(宮城県森林整備課 2012)。宮城県の場合は、「みやぎ海岸林再生みんなの森林づくり活動」に応募した民間団体らによって、多様な広葉樹の植栽やその後の保育管理が行われている⁽³⁾。著者らも、任意団体「被災地里山救済・地域性苗木生産ネットワーク(通称:たねぶろじえくとネットワーク)」⁽⁴⁾のメンバーとして、苗木生産・植栽と保育管理に携わっている。一方、一般的な海岸防災林の造成では、防災効果の高い樹形や林帯を作るために間伐が有効であり(宗方ら 1991)、一般的な林業でも、森林の多面的機能の維持や価値の高い木材生産のために間伐は必須である(藤森 2005)。また、間伐材の利用拡大は地球温暖化防止対策の一つとして有効である(野々山・伊坪 2009、富松ら 2012)。したがって、東日本大震災後の海岸防災林再生事業でも、森林の多面的機能(主に、災害防止と地球温暖化防止)の向上を目指す間伐の実施と間伐材の有効利用が今後求められるだろう。

本研究では、まず、多様な広葉樹と主要樹種のクロマツを主体とする海岸防災林の育成過程で、将来的に排出される多様な樹種の間伐材を対象に、その木材としての特性(重さ、色、木目、保温力)を学ぶことをねらいとした木製教材を開発した。次に、その木製教材の一部を活用して、海岸防災林の主要樹種であるクロマツと、宮城県が広葉樹の中で最も植栽に適していると判断したコナラ(宮城県森林整備課 2012)の木材としての丈夫さを学ぶことをねらいとした木育プログラムを開発した。続いて、その開発した木育プログラムを、著者らと一緒に苗木生産・植栽と保育管理の活動に参加している小学校児童を対象に実施し、その学習成果を評価した。

II 方法

1 対象地・対象者

著者らが所属する長野大学は、「被災地里山救済・地域性苗木生産・植栽プロジェクト(通称:たねぶろじえくと)」⁽⁴⁾の参加団体である。「たねぶろじえくと」とは、「タネ集めから始める森づくり活動」であり、東日本大震災の大津波で被災した宮城県山元町の海岸防災林や里山の再生を目指して、主に広葉樹の苗木を生

産・植栽している。著者らがメンバーとなっている「被災地里山救済・地域性苗木生産ネットワーク(通称:たねぶろじえくとネットワーク)」は、宮城県と山元町との3者間で、海岸防災林の再生に向けた活動に関して活動協定を締結している(第1期締結期間:2016年~2020年、第2期締結期間:2021年~2025年、継続予定)。「みやぎ海岸林再生みんなの森林づくり活動」の対象地(山元地区)の一画(約0.1ha)で、苗木の植栽とその後の保育管理に取り組んでいる。2016年3月~2023年11月の約7年半の間に、16種類584本(コナラ:426本、ヤマザクラ:60本、クヌギ:50本、ヤマグワ:16本、ネムノキ:5本、ムラサキシキブ:7本、ミズナラ:4本、ズミ:2本、ヤマブキ:2本、アカマツ:1本、スギ:1本、ヒノキ:1本、サンショウ:1本、ヤブツバキ:5本、エノキ:2本、ホオノキ:1本)の地域性苗木を植栽している。2023年11月現在、間伐が必要な時期を迎えていないが、将来的には間伐が必要となる。通常、1回目の間伐は植栽から20年~30年後に行う。33%の間伐率を採用する場合が多く、この間伐率で2回の間伐を行った場合には、66%の樹木が伐採される(林野庁 2023)。したがって、せっかく植栽した苗木のうちの大半が将来的には伐採されることになる。たねぶろじえくとは活動を通して、一生懸命、苗木を生産・植栽し、その後の森づくりに貢献してきたメンバーの気持ちを思うと、本当に心が痛むことである。そこで、たねぶろじえくとでは、これらの間伐材を処分してしまうのではなく、地域社会のために有効活用していくことを目指している。そのための最初のステップとして、植栽した苗木の木材としての特徴と、クロマツと比べてコナラは津波や強風に負けない強い木かどうかを学ぶ「木製教材」と「木育プログラム」を開発することにした。また、この木育プログラムは、「たねぶろじえくと」の参加団体である宮城県山元町立坂元小学校の全校児童を対象に実施することを前提として、開発することにした。なお、坂元小学校では、2018年4月から、「たねぶろじえくと」の活動として、1・2年生は「種子の採取(タネ集め)、種子の蒔き出し(タネまき)」、3・4年生は「芽生え観察会」、5・6年生は「苗木の植え替え」に、それぞれ「生活」や「総合的な学習の時間」の授業の中で参加し、「苗木の植栽(植樹祭)」については希望者のみが参加している。

2 木育教材「ドングリ」の開発

「たねぶろじえくと」の活動で植栽されている樹種(ミ

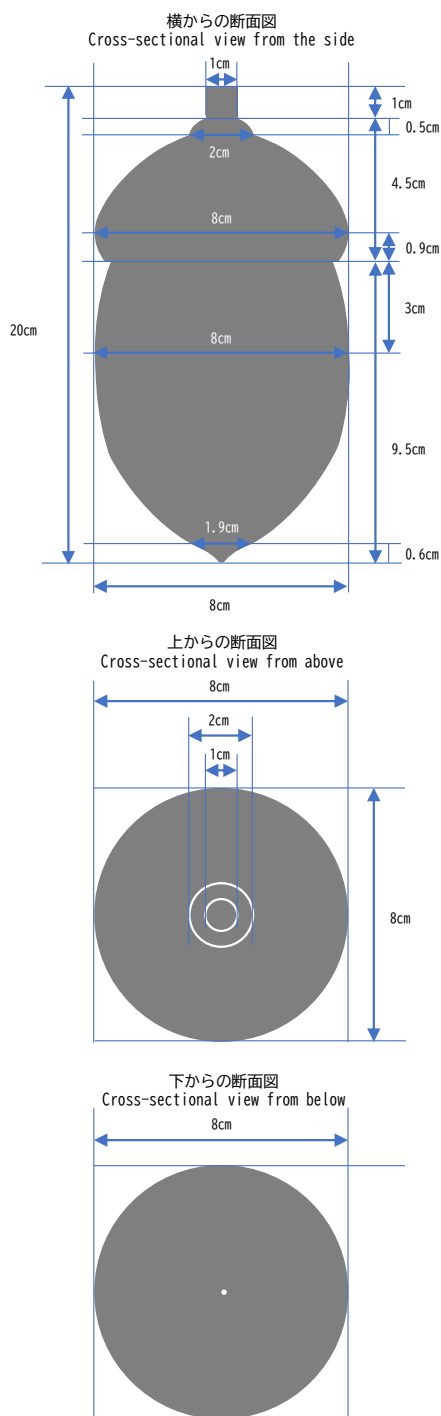


図1 木育プログラムの教材として作製された木製教材「ドングリ」の設計図
Figure 1 Blueprint of a wooden acorn used as teaching material in our Moku-iku learning program

ズナラ、コナラ、クヌギ、ヤマザクラ、スギ、ヒノキ)、海岸防災林の主要樹種であるクロマツ、主要な造林樹種(カラマツ、ヒノキ、スギ)、身近な里山でみられる樹種(ケヤキ、アカマツ)、豪雪地集落のブナ林整備とブナ材の有効活用を目指す「スノービーチプロジェクト」(紙谷 2020)で間伐されたブナから、木育教材「ドングリ」を開発した。植栽対象地では、まだ間伐が行われていないため、クロマツは新潟県で、クロマツとブナ以外の樹種は長野県で、それぞれ伐採された木材を使用した。本教材の作製に用いた樹種は、広葉樹 6 樹種(ブナ、ミズナラ、コナラ、クヌギ、ヤマザクラ、ケヤキ)と針葉樹 5 樹種(カラマツ、ヒノキ、スギ、アカマツ、クロマツ)を合わせて計11樹種である。本教材のデザイン(図1)は、著者らが考案した。本教材の形状は、コナラのドングリの形状(縦20cm、直径 8 cm)を模倣しており、樹種による木材としての特性の違いが理解できるよう、全ての樹種の規格を統一した。長野県原村の「家具工房 アトリエDEF 家具工房 木ずな」⁽⁵⁾に依頼し、木製教材「ドングリ」を作製した(図2)。

樹種による木材としての特性の違いを明らかにするために、作製した木製教材の重さ、色、木目、保温力を測定した。測定は、全て長野大学の研究室で行った。「重さ」は、木製教材を1つずつ上皿はかりの中央に乗せて測定した。「色」については、まず、快晴日の南中時刻に木製教材の中心部分(面積:縦 5 cm×横 5 cm)をデジタルカメラ(OLYMPUS製 Tough TG-6)で撮影した(図2)。その後、各画像の色をフリーソフト「画像色平均計算ツール(ImgAverager101)」を用いて平均化し、そのRGB値を求めた。さらに、各樹種



図2 教材として作製された木製教材「ドングリ」の写真
Figure 2 Photograph of the wooden acorns used as teaching materials

のRGB値の合計値が100になるように値を標準化した。各樹種について求めたR値(赤)、G値(緑)、B値(青)の値を用いて、三角形のレーダーチャート図を作成した。さらに、このレーダーチャート図の三角形の頂点の値から3つの差分値(R値-G値、G値-B値、R値-B値)を求め、その差分値の平均が小さいほど、材の色は白色に近く、高いほど、赤・緑・青のいずれかの色に近いと判断した。つまり、レーダーチャート図では、三角形がより正三角形に近いほど、材の色は白色に近く、尖った角を持つ三角形ほど、材の色は赤・緑・青のいずれかの色に近いことを意味している。「木目」については、まず、「色」の測定で撮影された各画像から夏目(木目の薄い部分)と冬目(木目の濃い部分)(面積: $0\text{ cm} \times 0\text{ cm} = 1\text{ 点}$)を10カ所ずつ抽出し、同様の「画像色平均計算ツール」を用いて、夏目と冬目のR値(赤)、G値(緑)、B値(青)をそれぞれ求めた。その後、夏目と冬目のR値(赤)・G値(緑)・B値(青)から3つの差分値(夏目R値-冬目R値、夏目G値-冬目G値、夏目B値-冬目B値)を求め、10カ所の平均を求めた。これら3つの平均差分値の合計が大きいほど、木目が濃いと判断した。「保温力」については、 30°C に設定された研究室で木製教材を7時間温めた後に、気温 14°C の室外に持ち出し、非接触型赤外線温度計(INKBIRD PLUS製 INK-IFT03 工業用温度計)を用いて、木製教材の表面温度を測定した。温度計から対象の木製教材までの距離は15cmとし、測定間隔は1分後から19分後までを1分間隔、20分後から30分後までを5分間隔、30分から60分までを10分間隔とした。表面温度の変化量が少ないほど、保温力が高いと判断した。

3 木育プログラムの開発

著者らが開発した木製教材「ドングリ」と著者らが所属する研究室の同級生が開発した木製教材「木琴」(藏田ら 2024)の2つを組み合わせ活用する木育プログラム「丈夫で、津波に強い木はどっち?～コナラの木とクロマツの木のちがい～」を開発した。本プログラムは、木製教材「ドングリ」を主に活用するプログラム「丈夫で、津波に強い木は、重い木と軽い木のどっち?」と木製教材「木琴」を主に活用するプログラム「重い木と軽い木で鍵盤を作った木琴は、どのように音が違うのか?」(藏田ら 2024)の2つを融合させて作られている。ドングリプログラムの学習のねらいは、(1)コナラはクロマツより重く、丈夫で折れにくいこと、(2)なぜ

重い木は丈夫なのか?の2つ、木琴プログラムの学習のねらいは、(1)コナラはクロマツより重く、低い音が鳴ること、(2)広葉樹は針葉樹より重く、低い音が鳴ること、(3)なぜ重い木の鍵盤は低い音が鳴るのかの3つとし、それぞれ学ぶこととした。これらのプログラムは、①事前学習、②本学習、③事後学習から構成される。木製教材「木琴」は、8樹種(コナラ、ミズナラ、クヌギ、ヤマザクラ、クロマツ、アカマツ、スギ、ヒノキ)の木材から作られた同じ形状の鍵盤(長さ $30\text{ cm} \times$ 幅 $4\text{ cm} \times$ 厚さ 2 cm)が1本ずつ、スノービーチプロジェクトのブナ材から作られた木枠(縦 $40\text{ cm} \times$ 横 $70\text{ cm} \times$ 高さ 4 cm)にはめ込まれた構造をしている。鍵盤は木枠に固定されていないため、取り外しが自由にできる。開発した木育プログラムでは、コナラとクロマツの「ドングリ」、木枠にコナラとクロマツの鍵盤がはめ込まれた「木琴」、8樹種全ての鍵盤がはめ込まれた「木琴」を活用した。

① 事前学習(動画)

本学習の事前学習として、「コナラの木とクロマツの木のちがいとは?」と題した動画(約8分)を作成した。事前学習の内容と目的の詳細を表1に示す。表1の「関連する木製教材」で「ドングリ・木琴」と「ドングリ」と記されている部分がドングリプログラム「丈夫で、津波に強い木は、重い木と軽い木のどっち?」の対象である。

② 本学習

「丈夫で、津波に強い木はどっち?～コナラの木とクロマツの木のちがい～」と題した本学習のプログラム(約15分)を作成した。本学習の内容と目的の詳細を表2に示す。表2の「関連する木製教材」で「ドングリ・木琴」と「ドングリ」と記されている部分がドングリプログラム「丈夫で、津波に強い木は、重い木と軽い木のどっち?」の対象である。

③ 事後学習(動画)

本学習の事後学習として、「振り返り&質問コーナー」と題した動画(約21分)を作成した。事後学習の内容と目的の詳細を表3に示す。表3の「関連する木製教材」で「ドングリ・木琴」と「ドングリ」と記されている部分がドングリプログラム「丈夫で、津波に強い木は、重い木と軽い木のどっち?」の対象である。本学習終了後に、後述する「振り返り学習シート」を活用した振り返り学習を実施した。この学習シートの記述から児童の質問を抽出し、それらの質問に対する回答を動画の質問コーナーにまとめた。

表1 木育プログラムの事前学習（動画）の内容と目的

時間 (分)	関連する 木製教材	内容	目的
0.5	ドングリ・木琴	コナラの木とクロマツの木のちがいは？	事前学習のテーマを確認する。
0.5	ドングリ・木琴	クイズ：コナラとクロマツ、丈夫なのは、どちらでしょう？	本学習で考えるクイズの内容を紹介する。クイズ「海風や津波に負けない、丈夫な木は、コナラとクロマツのどちらか？」を、木製教材（ドングリと木琴）を使って、考えることを知る。
2	ドングリ・木琴	なんで海岸防災林をつくる？	東日本大震災で被災した海岸防災林を再生する目的と海岸防災林の役割について学ぶ。
0.5	ドングリ・木琴	たねぶろじえくとで育て、海岸に植えられたコナラ	コナラの幹の色や模様、木の高さなど、コナラという樹木の形態的な特徴について学ぶ。
0.5	ドングリ・木琴	海岸に植えられたクロマツ	クロマツの幹の色や模様、木の高さなど、クロマツという樹木の形態的な特徴について学ぶ。
3	ドングリ・木琴	木からどのように教材（おもちゃ）ができたのでしょうか？	木製教材（ドングリと木琴）が一本の丸太から作製される過程（幹を切って、さらに四角や板の形に切って、削ったり、板を組み立てたりする）について学ぶ。
0.5	ドングリ	実験1：どんぐりを手で持って重さを比べてみよう！	本学習で行う実験1の内容を紹介する。
0.5	木琴	実験2：木琴を叩いて、音を聴いて比べてみよう！	本学習で行う実験2の内容を紹介する。

Table 1 Content and objectives of the preliminary (video-based) Moku-iku program

Time (min)	Wooden teaching materials used	Content/Questions	Objectives
0.5	Acorns and xylophone keys	What is the difference between konara oak wood and Japanese black pine wood?	Introduction to the learning theme.
0.5	Acorns and xylophone keys	Which is tougher: konara oak or Japanese black pine?	Introduction to the main study question (to be answered after exposure to the wooden teaching materials): "Which tree is better able to withstand ocean winds and tsunamis: konara oak or Japanese black pine?"
2	Acorns and xylophone keys	Why should we create or regenerate coastal disaster prevention forests?	To learn about the roles of and reasons for regenerating coastal disaster prevention forests damaged by the Great East Japan Earthquake.
0.5	Acorns and xylophone keys	Konara oak trees grown as part of the Tane-project and planted in coastal areas	To learn about the morphological characteristics of the konara oak tree, including its color, trunk characteristics, and height.
0.5	Acorns and xylophone keys	Japanese black pines planted in coastal areas	To learn about the morphological characteristics of the Japanese black pine tree, including its color, trunk characteristics, and height.
3	Acorns and xylophone keys	How were the teaching materials fashioned from trees?	To learn about the process of making the wooden teaching materials (acorns and xylophone keys) from a single log (cutting the trunk, cutting the wood into square pieces, shaving, assembling, and similar processes).
0.5	Acorns	Experiment 1: Hold the different wooden acorns in your hands and compare their weights!	To introduce Experiment 1 in advance of the main learning program.
0.5	Xylophone keys	Experiment 2: Strike the different xylophone keys and compare the sounds they make!	To introduce Experiment 2 in advance of the main learning program.

動画の作成には、動画編集ソフト「PowerDirector」⁽⁶⁾を用いた。全学年の小学校児童が理解できるようにするため、動画では写真やイラストを多く使い、PowerPointの各スライドの解説文章には、全てルビを振った。理解が難しい内容については、別途、動画を取り入れたり、アニメーション機能を使ってイラストに動きを付けて図説した。また、時間の長い事後学習の動画については、集中して動画を視聴できるよう、休憩時間を設けた。

4 木育プログラムの実施

坂元小学校（宮城県山元町）の1年生から6年生までの全児童（84名）を対象に、開発した木育プログラム「丈夫で、津波に強い木は、重い木と軽い木のどちら？」を実施した。

① 事前学習（動画）

事前学習の動画視聴は、2022年9月27日から10月2日までの1週間に、学年ごと（各学年1クラス）に担任教員の指導のもとで行った（図3）。

② 本学習

全児童を、1年生（16名）・2年生（11名）、3年生（15名）・4年生（16名）、5年生（14名）・6年生（12名）の3つのグループに分けて、低学年・中学年・高学年の順で、同じ本学習を1回ずつ行った（約15分×3回）（図4）。プログラムの内容は3回とも同じではあるが、各学年に合わせて、理解しやすい言葉を使った。木製教材「ドングリ」を用いた実験1と「木琴」を用いた実験2では、2つのグループに分けた児童を入れ替えて、同時に2回ずつ行った。全員が平等に教材に触れ、考えることができるよう、児童3～5名に対して

表2 木育プログラムの本学習の内容と目的

時間 (分)	関連する 木製教材	学習形態	内容	目的
0.5	ドングリ・木琴	レクチャー	丈夫で、津波に強い木はどっち？～コナラの木とクロマツの木のちがい～	本学習のテーマを確認する。
	ドングリ・木琴	レクチャー	クイズ：コナラとクロマツ、丈夫なのは、どっちでしょう？	本学習で解くクイズの内容を確認する。コナラとクロマツの材で作った教材（ドングリと木琴）を使って、このクイズを解くことを知る。
2	ドングリ	体験	実験1：どんぐりを手で持って重さを比べてみよう！	教材「ドングリ」を実際に手で持って、重さを比較し、クロマツよりコナラの材の方が重いことを学ぶ。
2	木琴	体験	実験2：木琴を叩いて、音を聴いて比べてみよう！	教材「木琴」の鍵盤実際に叩いて、音高（音の高さ・低さ）を比較し、クロマツよりコナラの材の方が低い音が鳴ることを学ぶ。
0.5	ドングリ・木琴	レクチャー	実験1と実験2のまとめ	コナラの材の方が重く、低い音が鳴ること、クロマツの材の方が軽く、高い音が鳴ることを復習する。
0.5	木琴	レクチャー	考察：他の木でも、「重い」木の方が「低い」音が鳴る？	「重い木の方が低い音が鳴る」という法則が他の木でも成り立つかどうかを考えるきっかけを与える。
4	木琴	体験・ レクチャー	実験3：8種類の木の鍵盤を叩いて、「重い」木の方が「低い」音が鳴るか、確かめてみよう！	学生は、8種類（コナラ、クスギ、ミズナラ、ヤマザクラ、クロマツ、アカマツ、スギ、ヒノキ）の材で作った鍵盤の重さを実際に測ったり、鍵盤を実際に叩く。それらを児童は見たり、聴いたりしながら、材の重さと音の高さ・低さ（音高）を比較し、重い木の方が低い音が鳴ることを学ぶ。
1	木琴	体験・ レクチャー	ピアノでいうと、どの音階？	学生は、8種類の鍵盤の音高（周波数）とピアノの鍵盤の音階の対応を図で示し、実際に鍵盤を叩く。それらを児童は見たり、聴いたりしながら、8種類の鍵盤の音高がピアノのどの音階と一致するのかを学ぶ。
0.5	木琴	レクチャー	実験3のまとめ	重い木の方が低い音が鳴ることを学ぶ。
0.5	木琴	レクチャー	考察：針葉樹より広葉樹の方が、重く、低い音が鳴る！	広葉樹の材の方が重く、低い音が鳴ること、針葉樹の材の方が軽く、高い音が鳴ることを学ぶ。
	ドングリ	レクチャー	考察：「重い」木と「軽い」木はどっちが丈夫？	重い木の方が丈夫だということを学ぶ。
1	ドングリ	体験・ レクチャー	実験4：「重い」木が丈夫かどうか、実験してみよう！	学生は、重い木と軽い木で作られた同じ形状の棒（細長い円柱形）を、同じ力で折ってみて実験を行う。それを児童は見えて、折れやすさが違うかどうかを比較する。
0.5	ドングリ	レクチャー	実験4のまとめ	重い木は折れずに、軽い木は折れたことから、重い木の方が丈夫だということを学ぶ。
1	ドングリ・木琴	レクチャー	実験1～実験4のまとめ	針葉樹より広葉樹の方が、重く、低い音が鳴り、丈夫だということを学ぶ。
0.5	ドングリ	体験	クイズ：コナラとクロマツ、丈夫なのは、どっちでしょう？	4つの実験の結果から、コナラとクロマツのどっちの木が丈夫かを考え、クイズに答える。
0.5	ドングリ	レクチャー	答え（予想）：コナラの方がクロマツよりも丈夫！？	クロマツよりコナラの方が折れにくいことが予想されることから、クロマツよりコナラの方が丈夫だと考えられることを理解する。
	ドングリ	レクチャー	まとめ	「コナラは、クロマツに負けないぐらい丈夫！？」と「コナラは、津波から町を守ってくれる頼もしい木かも！？」という知識を習得する。

学生1名を配置し、目が行き届く体制を取った。

③ 事後学習(動画)

事後学習の動画視聴は、2023年3月14日から20日までの1週間に、学年ごと(各学年1クラス)に担任教員の指導のもとで行った(図5)。

5 振り返り学習シートの作成

木育プログラムのうち、ドングリプログラム「丈夫で、津波に強い木は、重い木と軽い木のどっち？」で定めた2つの学習ねらいについて、事前学習、本学習、本学習のレクチャーや体験を通じて学んだことを覚えていたかどうか(知識の習得)を確認するために、確認テスト・アンケート形式の振り返り学習シートを、本学習後と事後学習後用の2つ作成した。振り返り学習シートは、木育教材「ドングリ」に関連する学習、木育教材「木琴」に関連する学習、「ドングリと木琴の両方の教

材に関連しつつ、全体を通した学習」の3つに関する質問から構成されている。「本学習後用の振り返り学習シート」と「事後学習後の振り返り学習シート」の内容を以下にそれぞれまとめる。

① 本学習後の振り返り学習シート

- ・質問1-1「コナラの木の幹の色は何色でしょうか」(選択式)
選択肢は、茶色、赤色、黒っぽい灰色(灰黒色)の3つ。正解は、黒っぽい灰色(灰黒色)。
- ・質問1-2「コナラの木の幹の模様は何でしょうか」(選択式)
選択肢は、横に裂け目がある、縦に裂け目がある、亀の甲羅のような模様の3つ。正解は、横に裂け目がある。
- ・質問2「コナラ(広葉樹)とクロマツ(針葉樹)、持ったときに重かったのはどっちでしたか」(選択式)

Table 2 Contents and objectives of the main Moku-iku program

Time (min)	Wooden teaching materials used	Learning modality	Content/Questions	Objectives
0.5	Acorns and xylophone keys	Lecture	Which is more tsunami-resistant: konara oak or Japanese black pine?	Introduction to the learning theme.
	Acorns and xylophone keys	Lecture	Which is tougher: konara oak or Japanese black pine?	To build upon the first lecture.
2	Acorns	Hands-on experience	Experiment 1: Hold the different wooden acorns in your hands and compare their weights!	To learn that konara oak wood is heavier than Japanese black pine wood.
2	Xylophone keys	Hands-on experience	Experiment 2: Strike the different xylophone keys and compare the sounds they make!	To learn that konara oak wood produces a lower-pitched sound than Japanese black pine wood by actually striking the xylophone keys and comparing the pitches (high and low) of the sounds.
0.5	Acorns and xylophone keys	Lecture	Summary of Experiments 1 and 2	To review the previous learning, namely that konara oak wood is heavier and produces lower-pitched sounds than Japanese black pine wood.
0.5	Xylophone keys	Lecture	Does heavier wood always produce a lower-pitched sound?	To consider whether the rule that “heavier wood produces a lower-pitched sound” applies to all wood types.
4	Xylophone keys	Hands-on experience and lecture	Experiment 3: Strike eight different wooden xylophone keys to see if heavier wood always produces a lower-pitched sound!	To compare the weights of eight types of wooden xylophone keys and classify the pitches of the sounds that they produce (high or low), with the goal of learning that heavier wood always produces lower-pitched sounds. Species: konara oak (<i>Quercus serrata</i>), kunugi oak (<i>Quercus acutissima</i>), mizunara oak (<i>Quercus crispula</i> var. <i>crispula</i>), mountain cherry (<i>Cerasus jamasakura</i>), Japanese black pine (<i>Pinus thunbergii</i>), Japanese red pine (<i>Pinus densiflora</i>), sugi (<i>Cryptomeria japonica</i>), and hinoki cypress (<i>Chamaecyparis obtusa</i>).
1	Xylophone keys	Hands-on experience and lecture	Further pitch comparison	To strike the xylophone keys and determine the piano scales that their pitches correspond to.
0.5	Xylophone keys	Lecture	Summary of Experiment 3	To reinforce the learning that heavier wood produces lower-pitched sounds.
0.5	Xylophone keys	Lecture	Does wood from broad-leaved trees, which are heavier, produce lower-pitched sounds than wood from coniferous trees?	To learn that broad-leaved tree wood is heavier and produces a lower-pitched sound than coniferous tree wood.
	Acorns	Lecture	Discussion: Which is tougher, heavy wood or light wood?	To learn that heavier wood is tougher than light wood.
1	Acorns	Hands-on experience and lecture	Experiment 4: Let's experiment to see if heavy wood is tougher!	To complete an experiment in which the goal is to break long, cylindrical sticks made of heavy wood and light wood, then compare them in terms of breakability.
0.5	Acorns	Lecture	Summary of Experiment 4	To reinforce the learning that heavier wood is tougher than lighter wood, given its lower breakability.
1	Acorns and xylophone keys	Lecture	Summary of Experiments 1-4	To reinforce the learning that broad-leaved tree wood is heavier and tougher, and produces lower-pitched sounds, than coniferous tree wood.
0.5	Acorns	Hands-on experience	Which is tougher: konara oak or Japanese black pine?	To determine whether konara oak or Japanese black pine is tougher based on the results of all of the experiments.
0.5	Acorns	Lecture	Konara oak is tougher than Japanese black pine!	To reinforce the learning that konara oak wood is tougher than Japanese black pine wood because it is more difficult to break.
	Acorns	Lecture	Summary	To understand that konara oak wood is more effective for protecting towns against tsunamis.

選択枝は、コナラとクロマツの2つ。正解は、コナラ。

- ・質問3「コナラ(広葉樹)とクロマツ(針葉樹)、たいたときに音が低かったのはどちらでしたか」(選択式)

選択枝は、コナラとクロマツの2つ。正解は、コナラ。

- ・質問4「木の重さが重いと、音の高さはどうなりますか」(選択式)

選択枝は、高くなる、低くなる、変わらないの3つ。正解は、低くなる。

- ・質問5「コナラとクロマツ、折れにくい(丈夫)のはどちらでしょうか」(選択式)

選択枝は、コナラとクロマツの2つ。正解は、コナラ。

- ・質問6「木育教室に対する感想や、質問を自由に書いて下さい」(記述式)

表3 木育プログラムの事後学習（動画）の内容と目的

時間 (分)	関連する 木製教材	内容	目的
0.5	ドングリ・木琴	振り返り&質問コーナー	事後学習のテーマを確認する。
0.5	ドングリ・木琴	丈夫で、津波に強い木はどっち？ ～コナラの木とクロマツの木のちがいを～	本学習のテーマを確認する。
1	ドングリ・木琴	事前学習の振り返り	事前学習で学んだことを振り返る。
5	ドングリ・木琴	本学習の振り返り	本学習で学んだことを振り返る。
2	ドングリ・木琴	質問①：クロマツの木とコナラの木の 見た目の違いは？ ・ 亀の甲羅の模様はどこにあるのか？ ・ コナラの木の高さはだいたい何mか？ ・ 木の見分け方	クロマツの幹の模様、コナラの木の高さについて学ぶ。 ミズナラとスギの幹の模様、葉や木の実の形や大きさについて学ぶ。
2	ドングリ	質問②：木の丈夫さについて ・ コナラ（広葉樹）はクロマツ （針葉樹）より、なぜ丈夫？ ・ 8種類の木の中で、コナラが1番丈夫 なのか？	針葉樹より広葉樹の方が、重く、低い音が鳴り、丈夫だということを学ぶ。 木の幹を作っている「つぶつぶ」（セルロース、ヘミセルロース、リグニンという物質）が、幹の中にぎゅうぎゅうと詰まっているコナラは重くて、丈夫であり、「つぶつぶ」がすかさずのクロマツは軽くて、丈夫ではないことを学ぶ。
4	木琴	質問③：木琴を叩いたときの音について ・ 叩いた時の音が低いと、 なぜ重いのか？	太鼓を叩いたときに、太鼓の面がふるえて音が出ることを例として挙げ、音の仕組みを学ぶ。つまり、太鼓の面がふるえると、空気の波ができ、その波の力で鼓膜がふるえると、音が聞こえる、といった仕組みを理解する。さらに、大きな太鼓は、面がゆっくりとふるえて、空気の波が少なくなるから、低い音が鳴り、小さな太鼓は、面が速くふるえて、空気の波が多くなるから、高い音が鳴る、といった仕組みを理解する。ということは、重い材のコナラは、鍵盤がゆっくりとふるえていて、空気の波が少なかったから、低い音が鳴り、軽い材のクロマツは、鍵盤が速くふるえていて、空気の波が多かったから、高い音が鳴っていたことが予想されることを理解する。それでは、なぜそのような違いが生じたかについては、同じ力でコナラとクロマツの鍵盤を叩いたときに、「つぶつぶ」（セルロース、ヘミセルロース、リグニンという物質）が、幹の中にぎゅうぎゅうと詰まっているコナラでは、一つ一つのつぶつぶに行きわたる力の小さくなるため、鍵盤がゆっくりとふるえるのに対して、「つぶつぶ」がすかさずのクロマツでは、一つ一つのつぶつぶに行きわたる力の大きくなるため、鍵盤が速くふるえることによって、コナラは低い音が、クロマツは高い音がそれぞれ鳴る、と解釈できることを理解する。
3	ドングリ	質問④：根の強さについて ・ 根の強さはどれくらい強いのか？	コナラは重くて、硬くて、丈夫だが、直根が生長していなかったら、倒れやすい木になってしまうため、苗木を育てる段階から直根を生長させることが重要であることを学ぶ。例えば、底の深い植木鉢で育てた苗木は、直根がまっすぐ下に伸びているのに対して、底の浅い植木鉢で育てた苗木は、植木鉢の中で根がぐるぐると回ってしまい、直根が生長しない。それぞれの苗木を植えると、直根が生長した苗木はさらに根が地中深く伸びて倒れにくい木になるのに対して、直根が生長していない苗木は根が地中深くに伸びづらく倒れやすい木になってしまうことを学ぶ。 直根が生長した苗木と直根が生長していない苗木の模型を作って、小石を敷き詰めた水槽に植え付け、水槽の中で人工的に津波を発生させる実験を行うと、直根が生長した苗木が倒れにくいことが確かめられることを学ぶ。 そこで、たねぶるじゅくでは、ペットボトルを縦につないだ植木鉢を開発し、直根がまっすぐ伸び、将来、津波に負けない強い木になる苗木を育てていることを学ぶ。
1	ドングリ	質問⑤：海岸防災林に植えられた クロマツとコナラについて ・ クロマツはなぜ海側に植えるのか？ ・ コナラは潮に強いのか？	東日本大震災で被災した海岸防災林を再生する目的と海岸防災林の役割について学ぶ。 コナラはクロマツより潮風に弱い、クロマツは主に海からの風や砂を防ぐ役割を担うのに対して、コナラは主に津波に強い林を作る役割を担うことを学ぶ。
0.5	ドングリ・木琴	まとめ	「木は種類によって違う特徴（重さ=丈夫さ、音の高さ）があること」と「木の特徴を活かして海岸防災林を作ったり、木材として活用することが大切であること」を知識として習得する。
0.5	ドングリ	実は、重さや音の高さ以外にも、木材としての特徴がある！？	木の種類によって、色（赤っぽい、白っぽい）、木目（濃い、薄い）、保温力（温かい状態をどれくらい保てるか）、音色（音の心地よさ）などが異なることを知る。
0.5	ドングリ	重さ、色、木目、保温力	ヤマザクラは重さが重く、色が赤く、木目は中程度で、保温性が高い、ブナは重さ・色・保温力は中程度で、木目が薄い、ヒノキは重さ・木目は中程度で、色が白く、保温力は低い、スギは重さが軽く、色は中程度で、木目は濃く、保温力は低い、といったそれぞれの特徴があることを学ぶ。
0.5	木琴	1/fゆらぎかどうか (心地よい音かどうか)	ヤマザクラ、ブナ、ミズナラ、ヒノキ、スギの鍵盤の中で、一番、心地よい音が鳴るのは、ブナであることを学ぶ。

- ・ 質問 7-1 「木育教室は楽しかったですか」(選択式)
選択肢は、とても楽しかった、まあまあ楽しかった、あまり楽しくなかった、つまらなかったの4つ。
- ・ 質問 7-2 「特に楽しかったことがあれば、教えてください」(記述式)
- ・ 質問 7-3 「動画や、今日の学習で学ぶことができましたか」(選択式)

- 選択肢は、たくさん学べた、まあまあ学べた、あまり学べなかった、何も学べなかったの4つ。
- ・ 質問 7-4 「具体的に、何を学びましたか」(記述式)
このうち、木製教材「ドングリ」に関わる質問は、質問 2、5 であり、木育教室の「全体」に関わる質問は、質問 1-1、1-2、6、7-1、7-2 である。
- ② 事後学習動画後の振り返り学習シート
この学習シートでは、「体験したこと」を4つ、「学ん

Table 3 Contents and objectives of the post-learning (video-based) Moku-iku program

Time (min)	Wooden teaching materials used	Content/Questions	Objectives
0.5	Acorns and xylophone keys	Reflections and questions	Introduction to the learning theme.
0.5	Acorns and xylophone keys	Which is tougher and more tsunami-resistant: konara oak or Japanese black pine?	Introduction to the learning theme (part 2).
1	Acorns and xylophone keys	Review of preliminary learning program	To review what was learned in the preliminary learning program.
5	Acorns and xylophone keys	Review of main learning program	To review what was learned in the main learning program.
2	Acorns and xylophone keys	What are the main aesthetic differences between Japanese black pine and konara oak trees? Where is the “turtle shell” pattern located? What is the typical height of a konara oak tree?	To learn about the trunks of Japanese black pine trees, the height of konara oak trees, and the trunks and shapes/sizes of the leaves and fruits of mizunara oak and sugi trees.
2	Acorns	Why are konara oak (broad-leaved) trees tougher than Japanese black pine (coniferous) trees? Are konara oak trees the toughest of the eight types of trees?	To reinforce the learning that broad-leaved tree wood is heavier and tougher, and produces lower-pitched sounds, than coniferous tree wood. To learn that konara oak tree wood is heavier and tougher than Japanese black pine tree because its trunk is packed with cellulose, hemicellulose, and lignins.
4	Xylophone keys	Why does heavier wood produce lower-pitched sounds?	To learn about the mechanisms underlying sound production using a drum as an example (“When the skin of the drum vibrates, air waves are formed; when the eardrums vibrate because of the force of the waves, sound is heard. A large drum makes a low-pitched sound because its skin vibrates slowly and the number of air waves is relatively low, whereas a small drum makes a high-pitched sound because its skin vibrates quickly, resulting in a greater number of air waves.”). On the basis of the drum example, to understand that konara oak xylophone keys produce lower-pitched sounds than the lighter Japanese black pine wood xylophone keys because striking the former keys results in fewer air waves. The children are informed that the cellulose, hemicellulose, and lignins in konara oak tree trunks reduce the strength of any force applied, such that the xylophone keys vibrate less rapidly compared with keys made from Japanese black pine.
3	Acorns	How strong are konara oak tree roots?	To understand that although konara oak is heavy, straight roots are required from the seedling stage onward to prevent the trees from falling over. For example, seedlings grown in deep-bottomed plant pots have straight roots, whereas those grown in shallow-bottomed plant pots have roots that circle around the inside of the pots. To learn that straight seedling roots are also deeper, such that the tree is less likely to fall over. To make model seedlings, with and without straight roots, and plant them in a water tank filled with pebbles; and to create an artificial tsunami in the tank to demonstrate that seedlings with straight roots are less likely to fall over. To learn that, in the Tane-project, polyethylene terephthalate plant pots were used to promote straight root growth and, by extension, tsunami resistance.
1	Acorns	Why are Japanese black pine trees planted on the ocean side? Are konara oak trees resistant to sea breezes?	To reinforce the learning about the roles of and reasons for regenerating coastal disaster prevention forests damaged by the Great East Japan Earthquake. To understand that because konara oak is more vulnerable to sea breezes than Japanese black pine, it plays a larger role in tsunami-resistant forests, whereas Japanese black pine is mainly used to reduce the impact of sea breezes and sand.
0.5	Acorns and xylophone keys	Summary	To consolidate understanding that different tree species have different characteristics (i.e., weight, toughness, and sound pitch), such that it is important to exploit their particular characteristics when planting or regenerating coastal disaster prevention forests.
0.5	Acorns	What are characteristics of wood other than its weight and sound pitch?	To understand that wood types differ in color (reddish vs. whitish), grain (dark vs. light), heat-retaining capacity, and sound tone/pleasantness.
0.5	Acorns	Wood weight, color, grain, and heat-retaining capacity	To learn that each tree has its own characteristics: mountain cherry exhibits heavy weight, with a red color, medium grain, and high heat-retaining capacity; Japanese beech (<i>Fagus crenata</i>) is of moderate weight, with an intermediate color, moderate heat-retaining capacity, and light grain; sugi is of moderate weight, with an intermediate grain, white color, and low heat-retaining capacity; and hinoki cypress exhibits light weight, with an intermediate color, dark grain, and low heat-retaining capacity.
0.5	Xylophone keys	Sound pleasantness	To understand that, among xylophone keys made of mountain cherry, mizunara oak, hinoki cypress, sugi, and Japanese beech, the beech keys are thought to produce the most pleasant sounds when struck.



図3 木育プログラムの事前学習（動画）の概要
Figure 3 Overview of the preliminary Moku-iku learning program



図4 木育プログラムの本学習の概要
Figure 4 Overview of the main Moku-iku learning program



図5 木育プログラムの事後学習（動画）の概要
Figure 5 Overview of the post-learning Moku-iku program

だこと」を5つ、それぞれ列挙し、それらの選択肢の中から各質問に当てはまるものを選んで答える形式とした。「体験したこと」は、「①コナラとクロマツのどんぐりを手に持って重さを比べた」「②コナラとクロマツの鍵盤をたたいて音を聴き比べた」「③8種類の鍵盤の重さと、たたいた時の音を比べた」「④重い木と軽い木の丈夫さを比べた」の4項目、「学んだこと」は、「⑤コナラはクロマツより重く、丈夫で、折れにくい」「⑥コナラはクロマツより重く、低い音が鳴る」「⑦広葉樹は針葉樹より重く、低い音が鳴る」「⑧なぜ重い木は丈夫なのかの理由」「⑨なぜ重い木の鍵盤は低い音が鳴るのかの理由」の5項目である。このうち、木育教材「どんぐり」に関わる項目は、①、④、⑤、⑧の4項目である。

- ・質問1-1「上記の中で、面白かったと思うことの番号を全て書いてください」(選択式)
- ・質問1-2「上記の中で、不思議に思ったことの番号を全て書いてください」(選択式)
- ・質問1-3「上記の中で、興味を持ったことの番号を全て書いてください」(選択式)
- ・質問1-4「上記の中で、わかったことの番号を全て書いてください」(選択式)
- ・質問1-5「上記の中で、わからなかったことの番号

を全て書いてください」(選択式)

- ・質問2「事前学習(動画)、木育教室、事後学習(動画)の全体を通して、自由に感想を書いてください」(記述式)

以上の全ての質問が木製教材「どんぐり」に関わるものである。

6 振り返り学習の実施

「本学習後の振り返り学習シート」を用いた振り返り学習を、2022年10月4日から10日までの1週間に、「事後学習後の振り返り学習シート」を用いた振り返り学習を、2023年3月14日から23日までの10日間に、それぞれ行った。

7 データ解析

本学習後に行った振り返り学習の回答データから、本学習で「学んだこと」について、学年と正答率との間に相関があるかを、Spearmanの順位相関係数(ρ)を用いて分析した。「木育教室に対する感想、学んだこと、質問」の質問に対する回答を、木製教材「どんぐり」に関連のある記述、木製教材「木琴」に関連のある記述、木育教室の「全体」に関わる記述の3つに分類し、

木製教材「ドングリ」に関連のある記述と木育教室の「全体」に関わる記述をテキスト分析の対象とした。共起ネットワーク分析を用いて、記述式の「感想」「特に楽しかったこと」「学んだこと」の回答を分析した。共起ネットワーク分析とは、テキスト(文章)における単語同士のつながりを可視化し、示唆を得る手法である。出力された図では、出現回数が多い語ほど円が大きく、語と語を結んでいる線が太いほど関連性が強いことを示す。対応分析を用いて、記述式の「感想」の回答を分析した。対応分析とは、テキスト(文章)が特定のグループの単位でどのように異なるかを散布図で可視化し、示唆を得る手法である。散布図では、原点(0, 0)付近には特徴のない語が集まり、原点から見て、各グループの方向にある語、そして原点から離れている語ほど、特徴的な語であることを示す。記述式の「特に楽しかったこと」「学んだこと」の回答を、コーディングによるクロス集計を行った。コーディングとは、あるコンセプトを決めて、そのコンセプトに当てはまる用語をグルーピングすることである。出力された図では、コンセプトに関連する語が多いほど四角が大きく、暖色系か寒色系かと、色の濃さは、それぞれ相関の正負と強さを示す。事後学習後に行った振り返り学習の回答データから、本学習で「体験したこと」について「面白かった」「不思議に思った」「興味を持った」と回答した児童数が、「学んだこと」について「わかった」「わからなかった」と回答した児童数が、それぞれ学年によって偏りがあるかを、 χ^2 検定を用いて分析した。「全体(事前学習・本学習・事後学習)の感想」の質問に対する回答を、木製教材「ドングリ」に関連のある記述、木製教材「木琴」に関連のある記述、木育教室の「全体」に関わる記述の3つに分類し、そのうち、木製教材「ドングリ」に関連のある記述と木育教室の「全体」に関わる記述をテキスト分析の対象とした。共起ネットワーク分析と対応分析を用いて、記述式の「全体(事前学習・本学習・事後学習)の感想」を分析した。

なお、いずれの共起ネットワーク分析、対応分析、コーディングによるクロス集計も、各学年のテキストデータを全てまとめて、分析を行った。テキスト分析には、フリーソフトウェアKH Coder(ver.3.Beta.07d)を用いた。それ以外の解析には、無料統計ソフトEZR(Easy R)(version 1.54 2020/12/24)(R version 4.0.3 2020/10/10)(Kanda 2013)を用いた。

III 結果

1 木製教材「ドングリ」の木材としての特性

木製教材「ドングリ」の材の重さは、クヌギが最も重く、次いでコナラ、ミズナラ、ブナ、ケヤキ、ヤマザクラ、カラマツ、ヒノキ、クロマツ、アカマツ、スギの順であった(図6上)。

材の色について、各樹種で求めたRGB値を比較すると、いずれの樹種もR値(赤)が最も高く、次いで、G値(緑)、B値(青)の順であった(図7)。R値(赤)が最も高かった樹種は、ケヤキで、次いでカラマツ、ヤマザクラの順、最も低かった樹種はヒノキで、次いでクヌギ、アカマツの順であった(図7)。G値(緑)が最も高かった樹種はクロマツで、最も低かった樹種はヤマザクラであり、B値(青)が最も高かった樹種はヒノキで、最も低かった樹種はケヤキであった(図7)。また、各樹種について、R値、G値、B値のそれぞれの差分値の平均を求め、材の色が白色、赤色、緑色、青色のどの色に近く、それぞれの原色により近い樹種はどれかを特定したところ、各RGB値の差分値の平均が最も小さく、材の色がより白色に近い樹種は、ヒノキで、次いでクヌギ、アカマツ、ミズナラ、クロマツ、コナラの順であった。一方、その差分値の平均が最も大きく、材の色がより赤色に近い樹種はケヤキで、次いでカラマツ、ヤマザクラ、ブナ、スギの順であった。

木目の濃さについて、夏目と冬目のRGB値の平均差分値の合計を樹種間で比較すると、平均差分値が最も大きかった樹種はカラマツであり、次いでスギ、ミズナラ、クヌギ、アカマツ、ヤマザクラ、クロマツ、ブナ、ケヤキ、ヒノキ、コナラの順であった(図8)。よって、木目が濃い樹種はカラマツ、薄い樹種はコナラであった。

木材の保温力の指標として用いた表面温度の推移を図9に示す。実験開始時の表面温度は、ブナが29.4℃で最も高く、クヌギとクロマツがともに29.0℃で最も低く、その差はわずか0.4℃であり、全ての樹種で同程度の値であった。それに対して、実験終了時の表面温度は、クヌギが17.4℃で最も高く、アカマツが14.0℃で最も低く、その差は3.4℃であり、実験開始時よりも樹種間の差は大きかった。また、実験開始時と終了時の表面温度の変化量は、ヤマザクラが最も大きく、次いでクヌギ、ミズナラ、ブナ、ケヤキ、コナラ、カラマツ、クロマツ、ヒノキ、スギ、アカマツの順であった(図6下)。よって、保温力が最も高い樹種はヤマザクラ、最も低い樹種はアカマツであった。

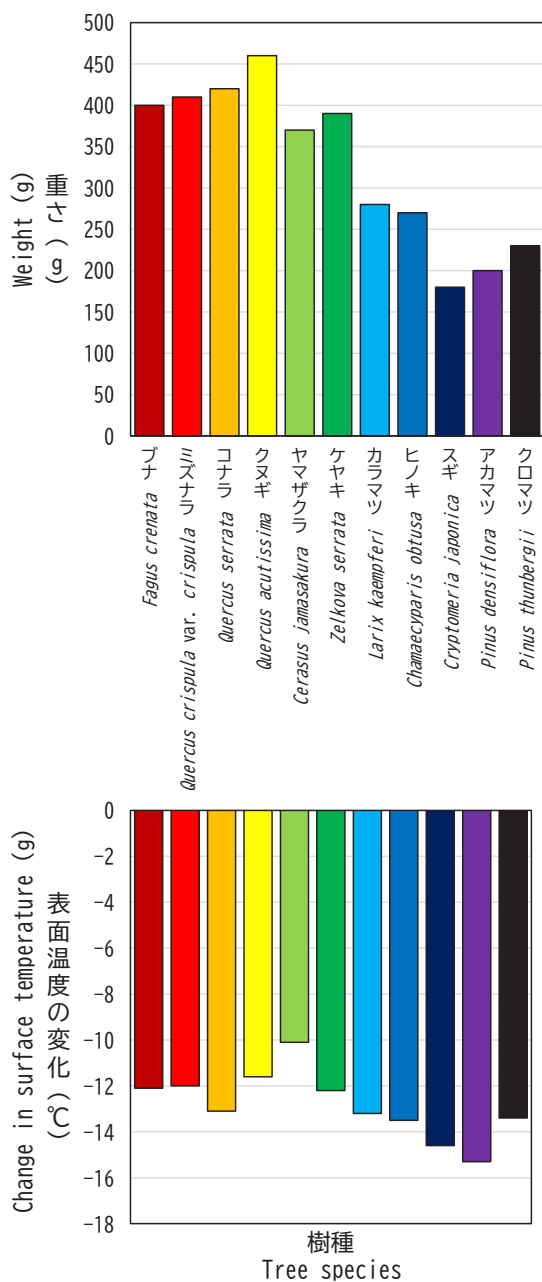


図6 木製教材「どんぐり」の重さ（上図）と表面温度の変化（下図）
Figure 6 Weights (top panel) and changes in surface temperatures (bottom panel) of the wooden acorns

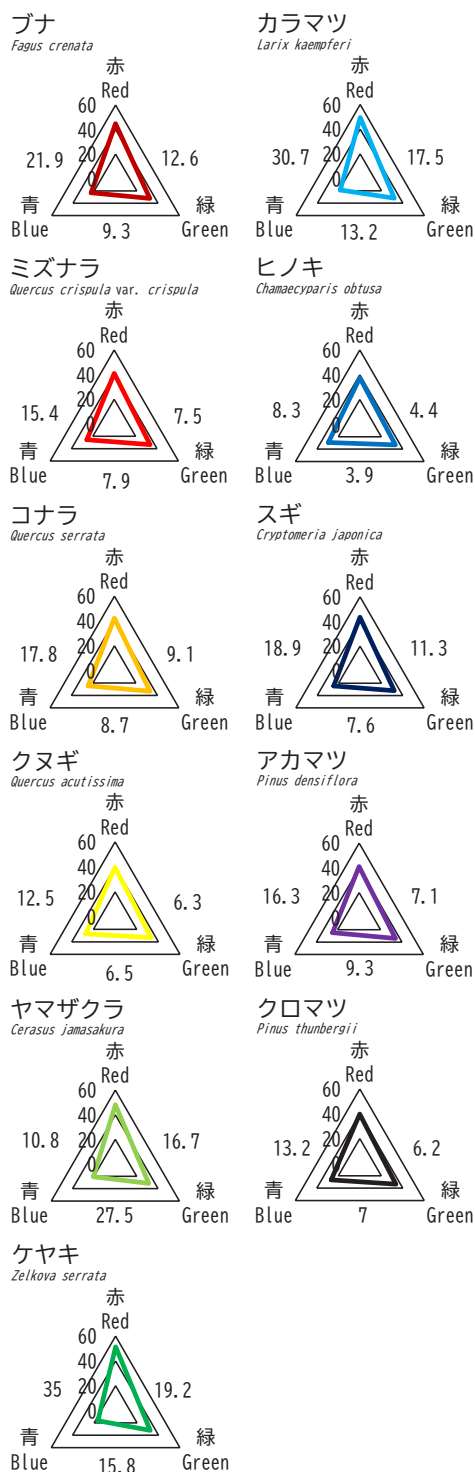


図7 木製教材「どんぐり」の色をRGBに分解した値
Figure 7 Colors of the wooden acorns

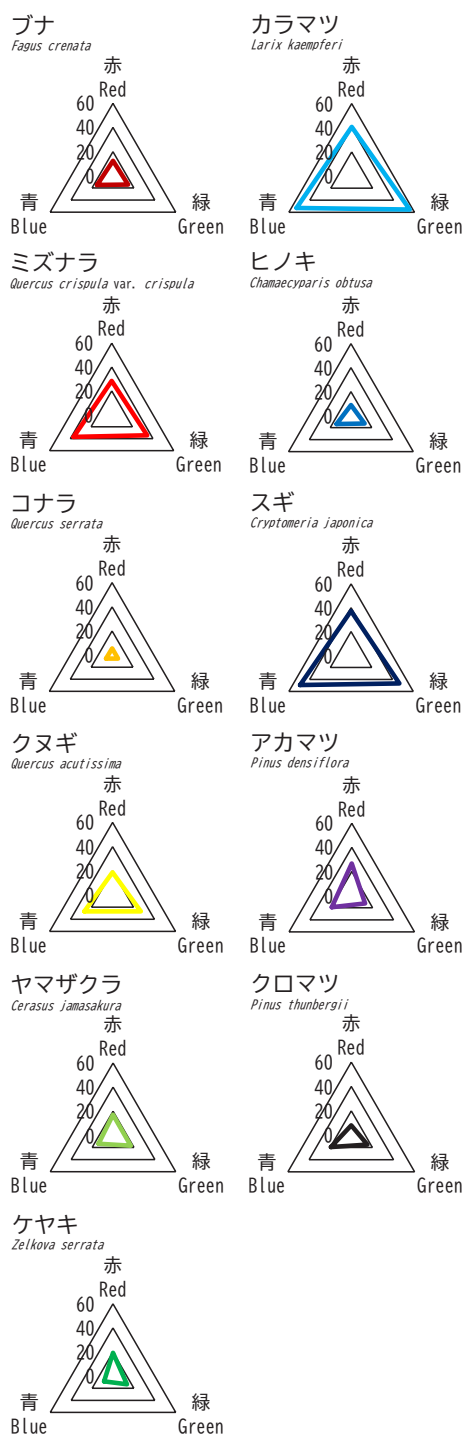


図8 木製教材「ドングリ」の夏目と冬目の色のRGB値の差分

Figure 8 Differences in color between acorns made from summer and winter wood

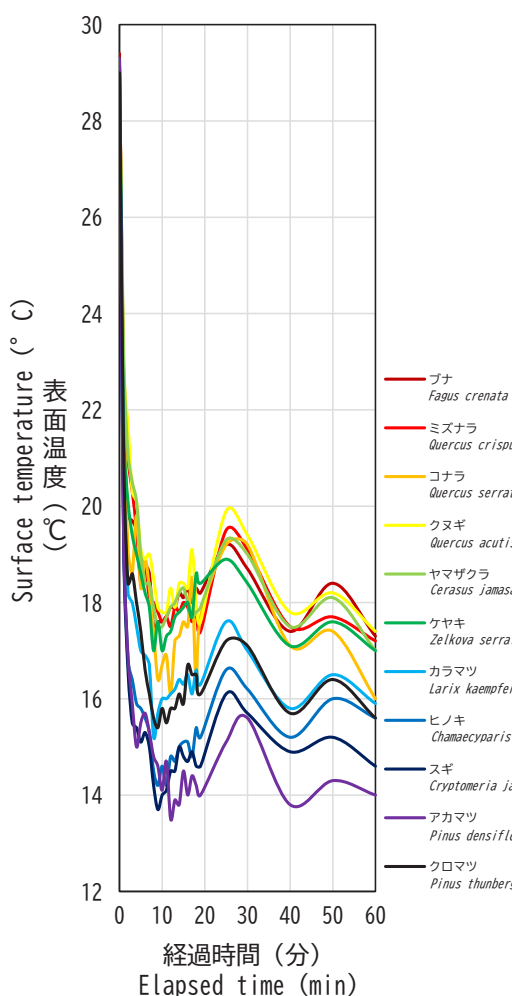


図9 木製教材「ドングリ」の表面温度の推移
Figure 9 Changes in surface temperatures of the various wooden acorns

2 木育プログラムの評価

1) 本学習後の振り返り学習シートの分析

「コナラの幹の色は何色か」と「コナラの幹の模様は何か」の質問に対し、正しい選択肢を選ぶことができていたかをみると、全学年の平均正答率は、それぞれ68.8%と71.3%であった(図10)。また、「コナラとクロマツの木製教材を持ったときにどっちの方が重かったか」と「コナラとクロマツのどっちが丈夫(折れにくい)か」の質問に対し、正しい選択肢を選ぶことができていたかをみると、全学年の平均正答率は、それぞれ92.5%と88.8%であった(図11)。これら4つの質問の全てについて、学年と正答率の間には有意な相関が

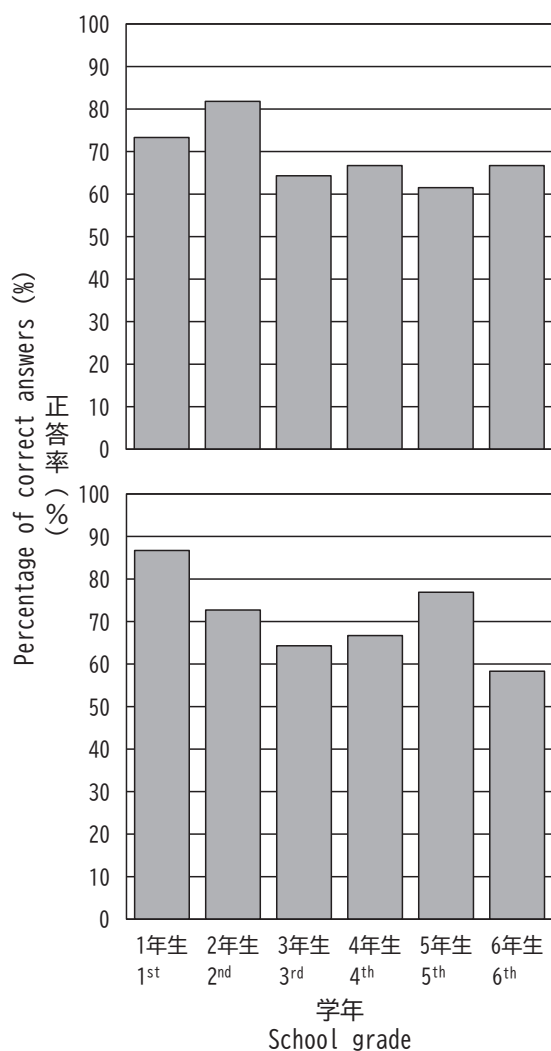


図10 コナラの幹の色（上図）と模様（下図）を答える質問の正答率

Figure 10 Percentages of correct answers to the questions about the color (top panel) and pattern (bottom panel) of konara oak trunks

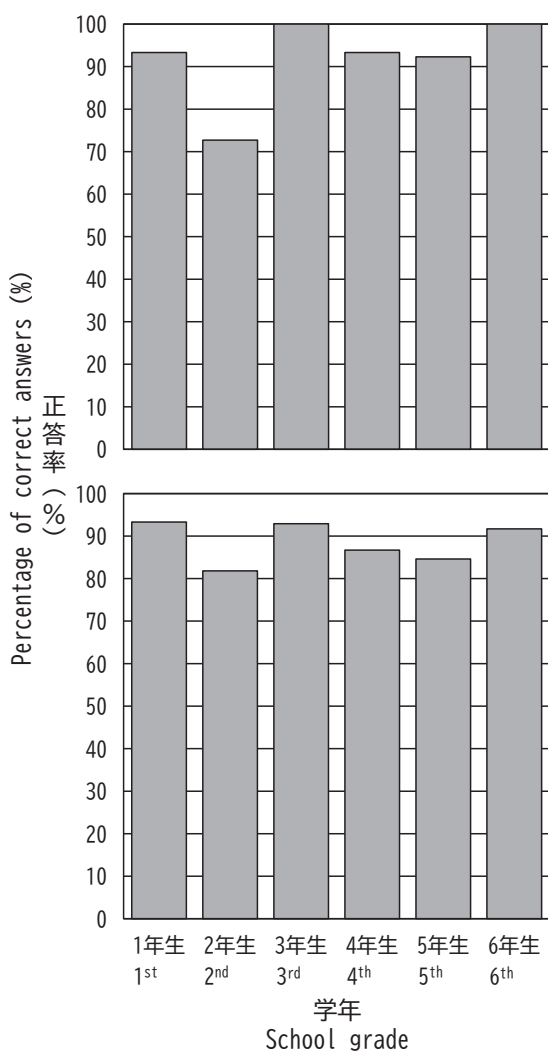


図11 コナラとクロマツのどちらが重い（上図）とどちらが丈夫（折れにくい）か（下図）を答える質問の正答率

Figure 11 Percentages of correct answers to the questions about the weight (top panel) and toughness (bottom panel) of konara oak and Japanese black pine

認められなかった (Spearmanの順位相関、幹の色： $\rho = -0.61$ 、幹の模様： $\rho = -0.60$ 、教材の重さ： $\rho = 0.32$ 、材の丈夫さ： $\rho = -0.26$ 、いずれも $P \geq 0.05$)。

「木育教室に対する感想や質問」に対する回答の中から抽出された「感想」は73件（木製教材「ドングリ」に関連のある内容：25件、木育教室の「全体」に関わる内容：48件）、「質問」は15件であった。その「感想」のテキ

ストデータを、共起ネットワークを用いて分析し、出力された図から、「感想」に関する動詞とそれに関連のある用語をもとに、児童の「感想」を読み解いた。その結果、「木について知り、クロマツよりコナラの方が重いことが分かった」「木育教室で初めて実験して楽しかった」「（木から）作ったドングリで学べて嬉しかった」「今度は違うもので比べたい」「（ドングリ）を持ったことが

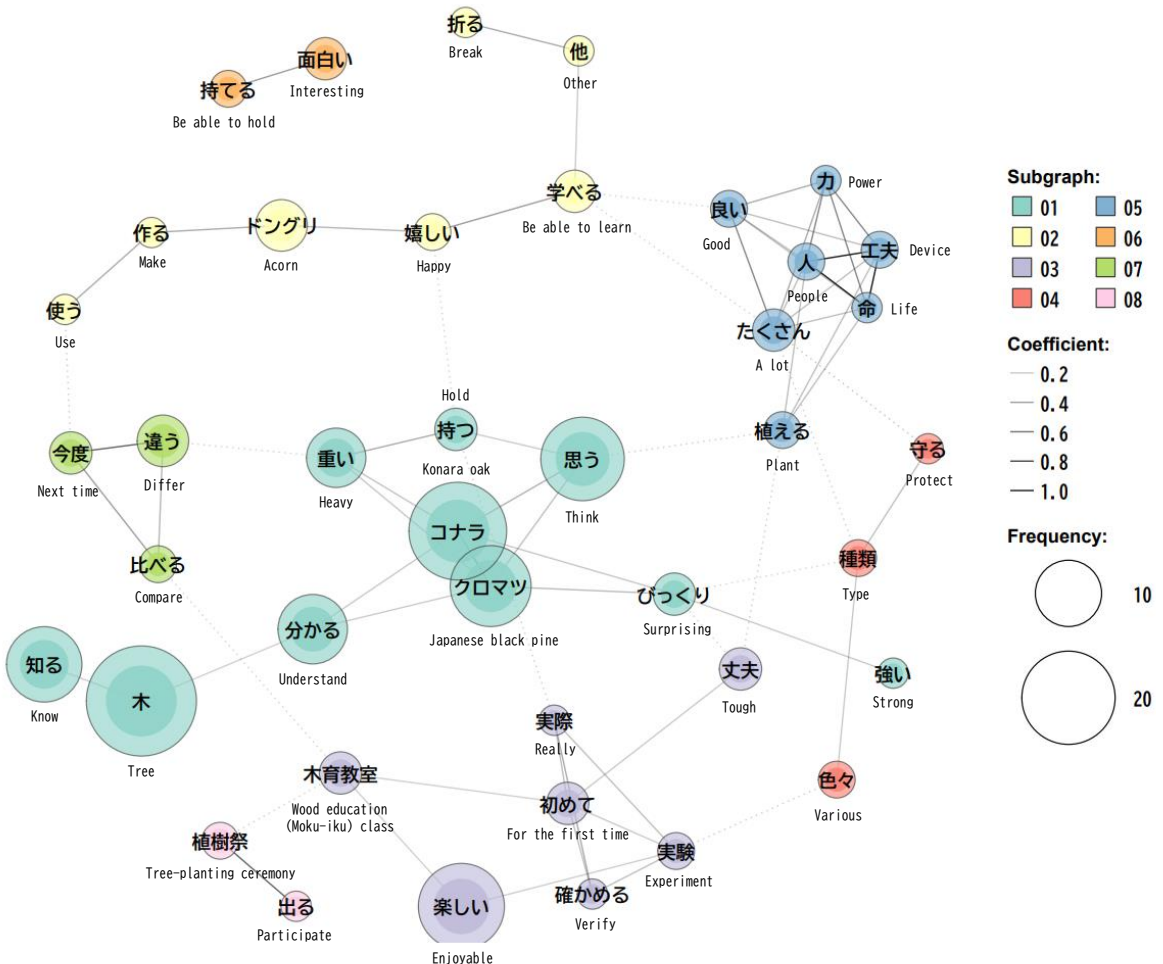


図12 木育プログラムの事前学習と本学習に対する感想の共起ネットワーク分析の図
Figure 12 Co-occurrence network analysis of the participants' opinions of the preliminary and main Moku-iku learning programs

面白かった」といった内容が読み取れた(図12)。また、同様のテキストデータを、対応分析を用いて分析し、出力された図から、各学年に特徴的な用語を拾い上げてみると、1年生は「面白い」、2年生は「嬉しい」、3年生は「楽しい」、4年生は「学べる」、5年生は「分かる」、6年生は「思う」という単語をそれぞれ多く使っていた(図13)。1年生～3年生は、面白い、嬉しい、楽しいなどの感情に関する用語が多く使われていたのに対し、4年生～6年生では、学べる、分かる、思う(考える)などの学びに関する用語が多く使われていた。よって、学年が上がるにつれて、深い学びができていたことが読み取れた。

「木育教室は楽しかったか」の質問に対しては、「と

ても楽しかった」と回答した児童が全体の78.8%で最も多く、次いで「まあまあ楽しかった」の13.8%であった(図14)。「木育教室で特に楽しかったことは何か」の質問に対する回答から抽出された「楽しかったこと」に関する記述は、44件(木製教材「ドングリ」に関連のある内容:36件、木育教室の「全体」に関わる内容:8件)であった。そのテキストデータを、共起ネットワーク分析を用いて分析し、出力された図から、「楽しかったこと」に関する動詞とそれと関連のある用語をもとに、児童が「特に楽しかった」と感じていたことを読み解いた。その結果、「ドングリを持って重さを比べる」「コナラとクロマツで作ったドングリの形をしたものを持つ体験をする」「木を折る」「違いが分かり、知る」「実際に触

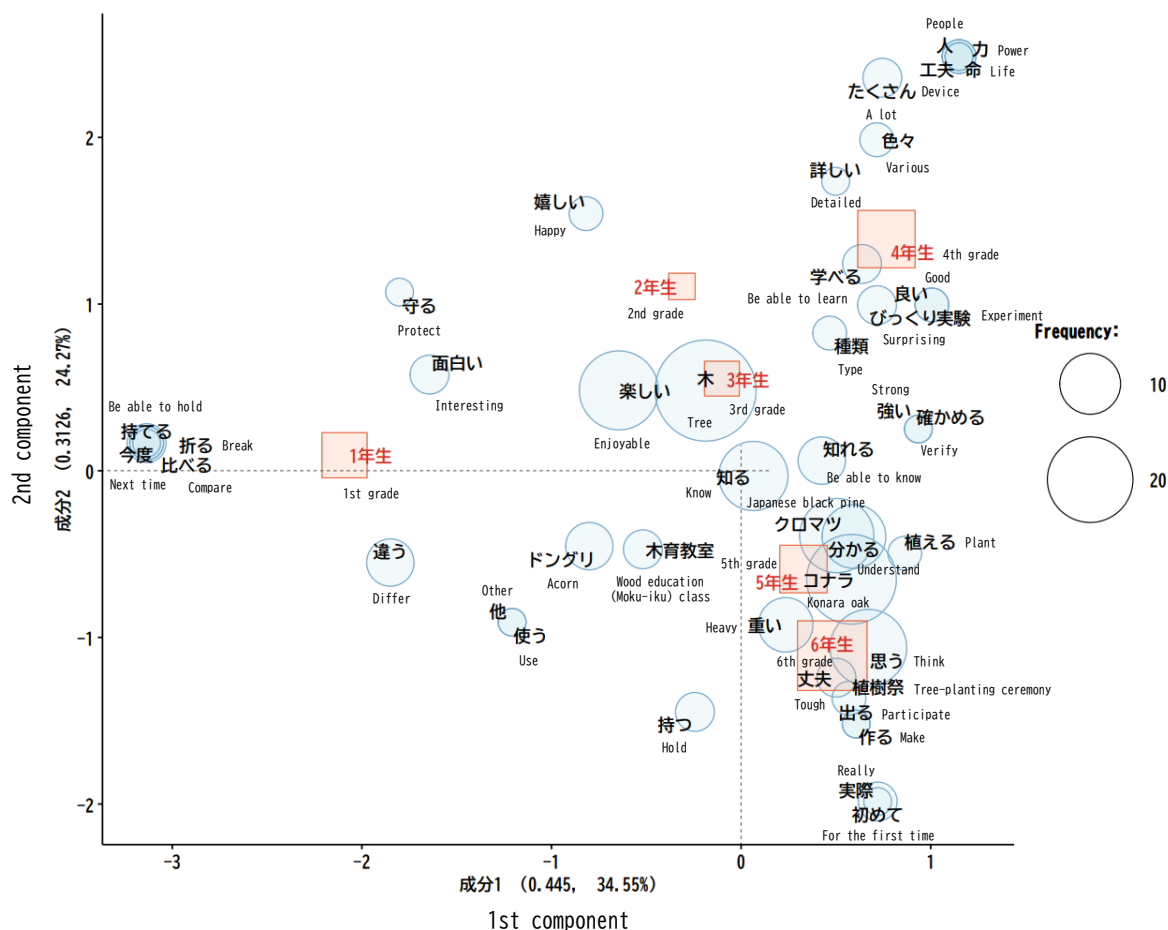


図13 木育プログラムの事前学習と本学習に対する感想の対応分析の図

Figure 13 Correspondence analysis of the participants' opinions of the preliminary and main learning Moku-iku programs

る「実験をする」といった内容が読み取れた(図15)。また、同様のテキストデータを「コナラ」「クロマツ」「重さ」「丈夫さ」「教材「ドングリ」」「手で持つ」「手で折る」「比べる」「学び」のコンセプトでコーディングし、各学年でクロス集計を行った。その結果、9つのコンセプトのうち、「手で持つ」「手で折る」「学び」のコンセプトで、各コンセプトに関する用語数と学年の間に有意な偏りが認められ(χ^2 検定、 $P < 0.05$)、「手で持つ」に関連する用語は3年生と6年生、「手で折る」に関連する用語は1年生、「学び」に関連する用語は2年生と5年生で多く使われる傾向が認められた(図16)。

「動画や、今日の学習で学ぶことができたか」の質問に対しては、「たくさん学べた」と回答した児童が全体

の76.3%で最も多く、次いで「まあまあ学べた」の13.8%であった(図17)。「木育教室で学んだことは何か」の質問に対する回答から抽出された「学んだこと」に関する記述は、68件(木製教材「ドングリ」に関連のある内容:46件、木育教室の「全体」に関わる内容:22件)であった。そのテキストデータを、共起ネットワーク分析を用いて分析し、出力された図から、「学んだこと」に関する動詞とそれに関連のある用語をもとに、児童が「学んだこととして自覚していたこと」を読み解いた。その結果、「コナラはクロマツより、強く、折れづらく、丈夫」「重さと軽さは、種類・色・形によって違う」「広葉樹と針葉樹の特徴」「ドングリの木が津波から守る」「これらが木に関係している」といった内容が読み取れた(図18)。ま

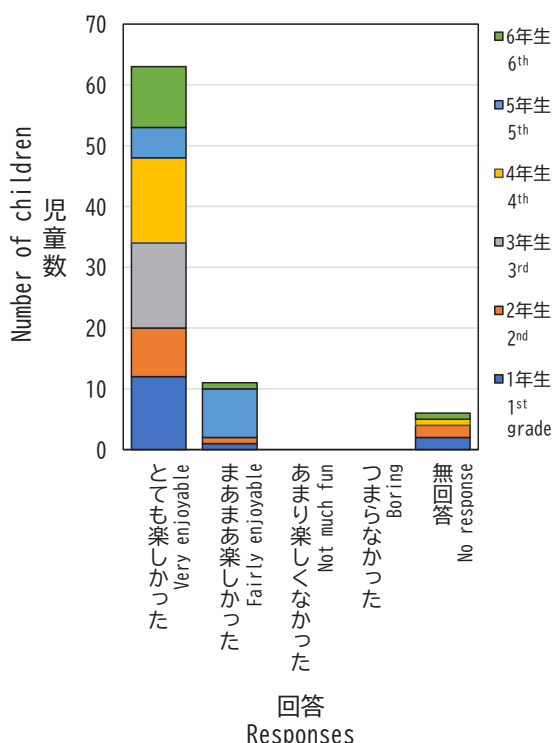


図14 木育プログラムの本学習で楽しめたかどうかの質問に対する回答

Figure 14 Participants' responses to the question regarding whether they enjoyed the main Moku-iku learning program

た、同様のテキストデータを「コナラ」「クロマツ」「重さ」「丈夫さ」「木の違い」「防災」のコンセプトでコーディングし、各学年でクロス集計を行った。その結果、6つのコンセプトのうち、「丈夫さ」「木の違い」のコンセプトで、各コンセプトに関する用語数と学年の間に有意な偏りが認められ(χ^2 検定、 $P < 0.05$)、「丈夫さ」に関連する用語は3年生～6年生、「木の違い」に関連する用語は1年生と6年生で多く使われる傾向が認められた(図19)。1年生については、「丈夫さ」に関する用語が使われていなかった。「木の違い」に関連する用語については、1年生では「特徴」という用語が多かったのに対して、6年生では「違い」という用語の他に、「種類」「広葉樹」「針葉樹」「名前」「形」「色」など、多様な用語が使われていた。

「木育教室に対する感想や質問」に対する回答の中から抽出された木製教材「ドングリ」に関連のある「質問」は10件、木育教室の「全体」に関わる「質問」は5件であった。木製教材「ドングリ」に関連のある「質問」

としては、2年生から「木の中で、1番、硬い木は何か」、3年生からは「○コナラはなんで硬いのか」、4年生からは「コナラは、硬くて丈夫だから、クロマツと違って、折れにくく、とても硬いということか」「どうしてクロマツの方が重いのか」、5年生からは「同じ重さでやると、折れないのか」、6年生からは「コナラはどのような所がいいのか?丈夫さか」「○今日紹介した中で1番コナラが丈夫なのか」「○なぜ針葉樹は弱く、広葉樹は強いのか」「○根の強さはどのくらい強いのか」「○コナラは塩に強いのか」がそれぞれ出された。木育教室の「全体」に関わる「質問」については、2年生から「○亀の甲羅のような模様は、どこにあるのか」、3年生からは「○なんで木の幹の色は全部違うのか」、4年生からは「○コナラの木の高さはだいたい何mか」「○どうしてクロマツが海の近くに植えられているのか」、6年生からは「現在、木の種類は何種類あるのか」がそれぞれ出された。このうち、○印のついている9つの質問については、事後学習で回答することにした。

2)事後学習後の振り返り学習シートの分析

本学習で「体験したこと」は、「コナラとクロマツの教材を持って比べたこと」と「重い木と軽い木の丈夫さを比べたこと」の2つである。これらの体験について、「面白かった」「不思議に思った」「興味を持った」とそれぞれ回答した全学年の児童数に有意な偏りが認められた(図20-21、 χ^2 検定、 $P < 0.05$)。「コナラとクロマツの教材を持って比べた」体験については、「面白かった」と回答した児童が最も多く、次いで「興味を持った」「不思議に思った」の順であった(図20)。「重い木と軽い木の丈夫さを比べた」体験についても、「面白かった」と回答した児童が最も多く、次いで「不思議に思った」「興味を持った」の順であった(図21)。いずれの質問についても、「面白かった」「不思議に思った」「興味を持った」と回答した児童数と学年の間には有意な偏りは認められなかった(χ^2 検定、 $P \geq 0.05$)。

本学習で「学んだこと」は、「コナラはクロマツより丈夫で折れにくいこと」と「なぜ重い木は丈夫なのかの理由」の2つである。「コナラはクロマツより丈夫で折れにくいこと」に対する理解度(全体(「わかった」と回答した児童+「わからなかった」と回答した児童)に対する「わかった」と回答した児童の割合)の各学年の平均は、77.2%であった。「わかった」「わからなかった」とそれぞれ回答した全学年の児童数に有意な偏りが認められ、「わからなかった」と回答した児童より「わかった」

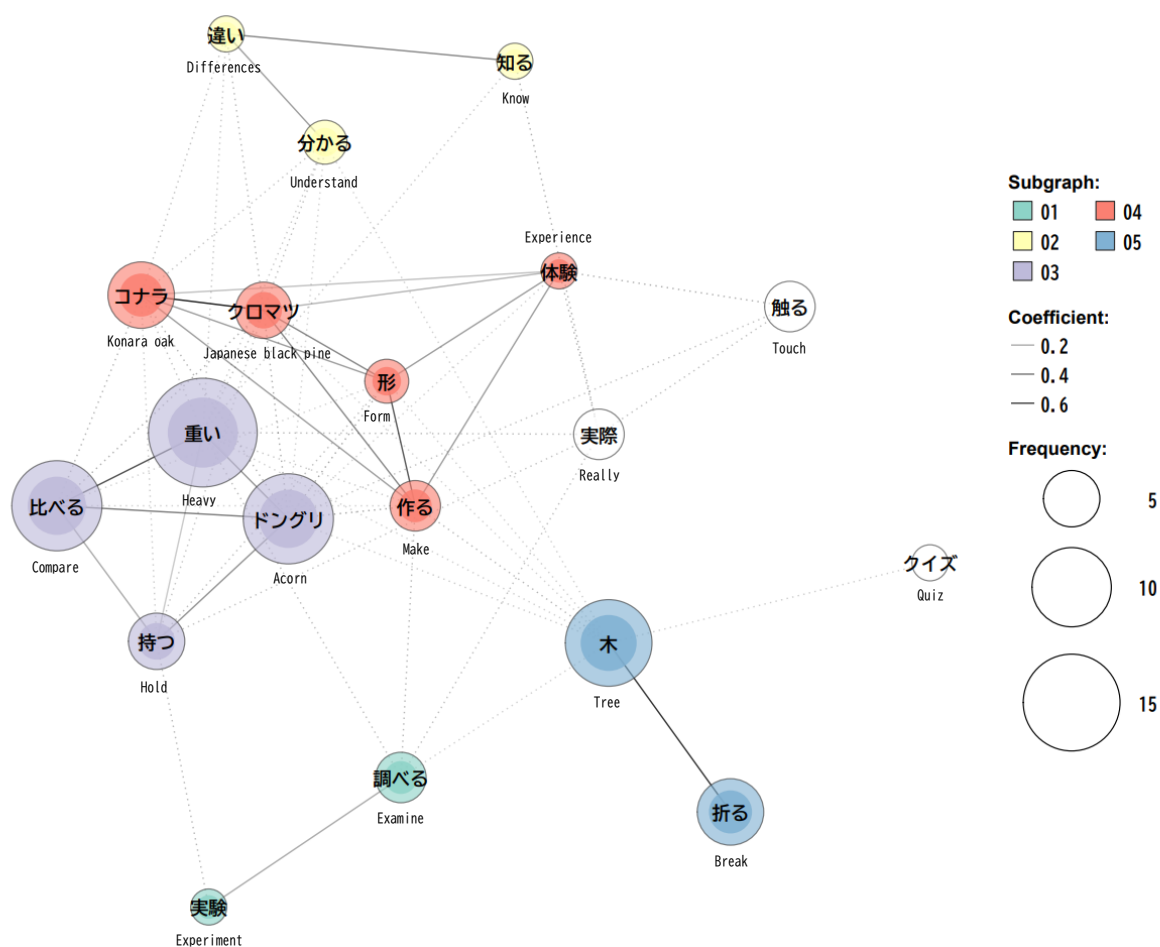


図15 木育プログラムの本学習で特に楽しかったことの共起ネットワーク分析の図

Figure 15 Co-occurrence network analysis of the participants' opinions regarding the most enjoyable aspects of the main Moku-iku learning program

と回答した児童の方が有意に多かった(図22、 χ^2 検定、 $P < 0.05$)。「なぜ重い木は丈夫なのかの理由」に対する理解度の各学年の平均は、59.8%であり、「わかった」と回答した児童数と「わからなかった」と回答した児童数の間には有意な偏りはない(図23、 χ^2 検定、 $P \geq 0.05$)。

「事前学習(動画)、本学習、事後学習(動画)の全体の感想」に対する回答の中から抽出された「学んだこと」は、69件(木製教材「どんぐり」に関連のある内容: 22件、木育教室の「全体」に関わる内容: 47件)、「感想」は60件(木製教材「どんぐり」に関連のある内容: 9件、木育教室の「全体」に関わる内容: 51件)、「今後やってみたいこと」は6件(全て、木育教室の「全体」に

関わる内容)。「質問」は11件(木製教材「どんぐり」に関連のある内容: 6件、木育教室の「全体」に関わる内容: 5件)であった。これら全てのテキストデータを、共起ネットワーク分析を用いて分析し、出力された図から、動詞とそれに関連のある用語をもとに、児童が学んだことや感想を読み解いた。その結果、「コナラの木はクロマツの木より、重くて、丈夫で、折れにくいことが分かった」「木育教室で(木を)植えることを学んだ」「特徴や形が違うどんぐりを実際に持って比べて(何かを)思った」「事後学習の動画で知ることができた」「たくさん、興味をもって学べたことが楽しかった」「覚えることができた実験、興味をもって学べた実験が楽しかった」「たねぶろじえくとが楽しい」「教えてくれてありがと

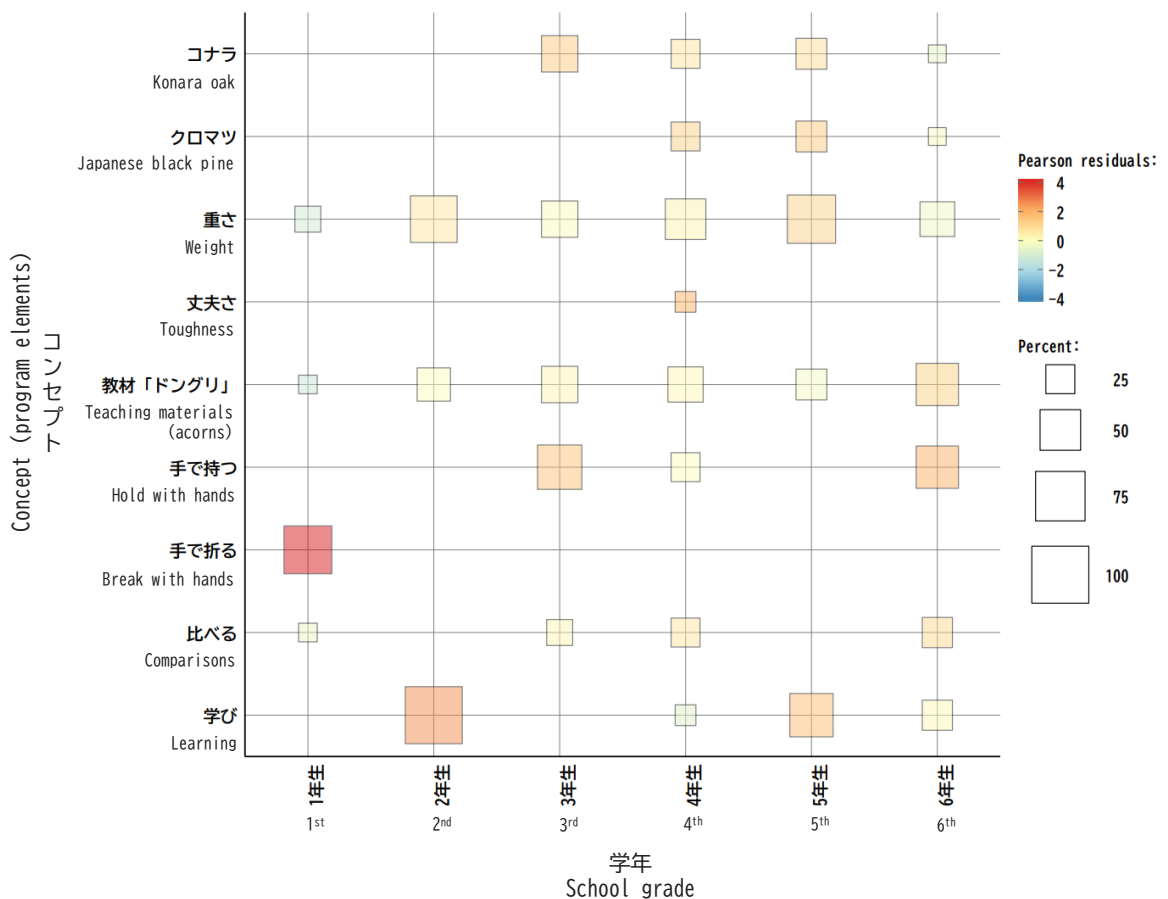


図16 木育プログラムの本学習で特に楽しかったことのコーディングによるクロス集計の図
Figure 16 Cross-tabulation of the aspects of the main Moku-iku learning program rated most enjoyable by the participants

う」といった内容が読み取れた(図24)。また、同様のテキストデータを、対応分析を用いて分析し、出力された図から、児童が多く使っていた特徴的な用語を拾い上げてみると、1年生は「重い」、2年生は「教える」、3年生は「楽しい」、4年生は「面白い」、5年生は「分かる」、6年生は「学ぶ」であった。つまり、1年生は「(ドングリを持った時の)重さ」、2年生は「教えてもらったこと」、3年生は「楽しかったこと」、4年生は「面白かったこと」、5年生は「分かったこと」、6年生は「学んだこと」が、それぞれ印象に残っていたことが読み取れた。低学年は自分が直接した経験、中学年は自分がした経験や学びに対する率直な感想、高学年は自分が学んだ内容について、それぞれ表現していたことが読み取れた(図25)。

「今後やってみたいこと」については、2年生から「僕

たちのコナラを育てて海に植える」、3年生からは「楽しかったし、実験をするのが楽しかったからもう1回やりたい」「次のたねぷろじえくとは何をやるのか楽しみ」、5年生からは「コナラやクロマツ、ミズナラのことをもっと調べたいと思った」「今年も植樹祭に行って、また、木について学習したいと思った」、6年生からは「中学校に行っても学びたい」という回答がみられた。木製教材「ドングリ」に関連のある「質問」については、4年生から「⑤「コナラはクロマツより重く、丈夫で、折れにくい」の解説が面白かったのもっと聞いてみたい」「⑧「なぜ重い木は丈夫なのかの理由」をもっと教えてほしい」、6年生からは「津波は何本の木(海岸防災林)で防ぐことができるのか疑問に思った」「コナラはクロマツより重くてどうしてなのかと思った」「コナラとクロマツはどちらが折れにくいのか、コナラの方が重いというの

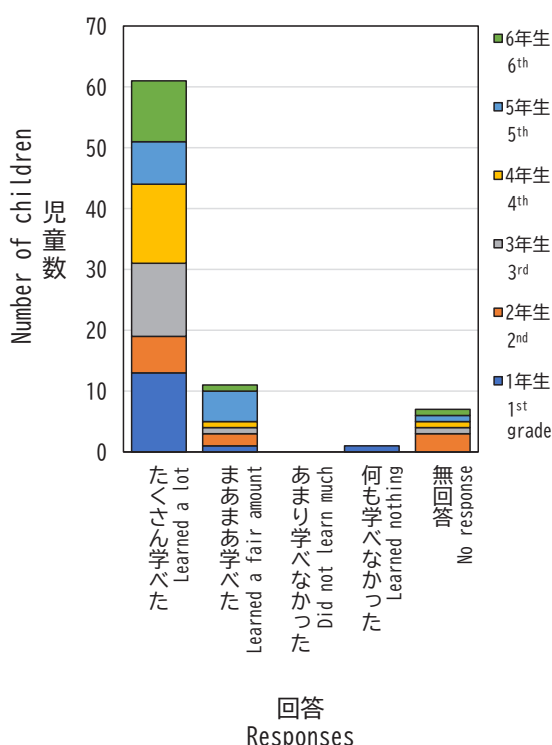


図17 木育プログラムの事前学習と本学習で学べたかどうかの質問に対する回答

Figure 17 Participants' responses to the question regarding whether they learned anything in the preliminary and main Moku-iku learning programs

は少し疑問になったりした」「①コナラやクヌギの木は津波をどのくらい守れるのか」がそれぞれ出された。木育教室の「全体」に関わる「質問」については、2年生から「木の重さや硬さなど、大学生の皆さんは木に興味があるのか？もしあるなら、ジャングルやマングローブなど、色々、行きたいですね！」「コナラ、クロマツなどの木の名前を教えてほしい」、4年生からは「いっぱい木のことやドングリのことを教えてほしい」「もっと木のことを教えてほしい」、5年生からは「6年生になったらもっと知りたい」がそれぞれ出された。

IV 考察

1 木育プログラムの評価

1) コナラはクロマツより重く、丈夫で折れにくいことを理解できたか？

本学習後の振り返り学習シートでは、質問2「コナラ(広葉樹)とクロマツ(針葉樹)、持ったときに重かつ

たのはどちらでしたか。」の平均正答率は92.5%、質問5「コナラとクロマツ、折れにくい(丈夫)のはどちらでしょうか。」の平均正答率は88.8%であった。また、記述式の質問の回答をテキスト分析した結果、「学んだこと」に関する記述から、「コナラはクロマツより、強く、折れづらく、丈夫」といった内容、「感想」の記述から、「木について知り、クロマツよりコナラの方が重いことが分かった。」「コナラの木はクロマツの木より、重くて、丈夫で、折れにくいことが分かった。」といった内容をそれぞれ確認できた。これらの結果から、本学習のプログラムを通して、「コナラはクロマツより重く、丈夫で折れにくいこと」を理解できた児童が多かったと考えられる。岳野ら(2015)は、木材を使ったものづくり体験活動が子どもの興味を促し、ものづくりや環境保全への意識も向上されやすいことを報告している。本プログラムの本学習でも、児童にとって木材に触る体験や、重さの違う木材を折ってみせる体験が新鮮であったために、興味が引き出され、学ぶ意欲が向上し、理解が促された可能性がある。また、目標とする知識や技術の習得を、段階を追って、少しずつ学習していく「スモールステップ式の学習」は、高い学習目標を達成するための有効な手法(加藤・黒木 2004)であり、思考の整理が促進される(瀧川・鈴木 2016)ことが指摘されている。本学習では、「①コナラとクロマツの重さの違い」→「②広葉樹と針葉樹の重さの違い」→「③重い木と軽い木の丈夫さの違い」のように、徐々に学習テーマが高度化するように、プログラムを設計していた。このような段階的な学習によって、児童は1つ1つの事象を捉えることができ、理解の深化に繋がった可能性が考えられる。また、資料やテキストを使った解説と体験の両方を1つのプログラムで行うことによって、森林機能に対する認知度が向上したという報告もある(大内・西村 2018、大内・坂上 2021)。本学習でも、座学での解説と体験を組み合わせることによって、学習効果が高められていたことが示唆される。

事後学習(動画)後の振り返り学習シートでは、「コナラはクロマツより丈夫で折れにくいこと」を学べたかどうか、その理解度を問う質問で、「わかった」と回答した児童の割合(平均理解率)は77.2%であった。この数値を、本学習後の振り返り学習シートで「コナラとクロマツの重さや丈夫さ」に関する質問の平均正答率(質問2「コナラ(広葉樹)とクロマツ(針葉樹)、持ったときに重かったのはどちらでしたか。」:92.5%、質問5「コナラとクロマツ、折れにくい(丈夫)のはどちらでし

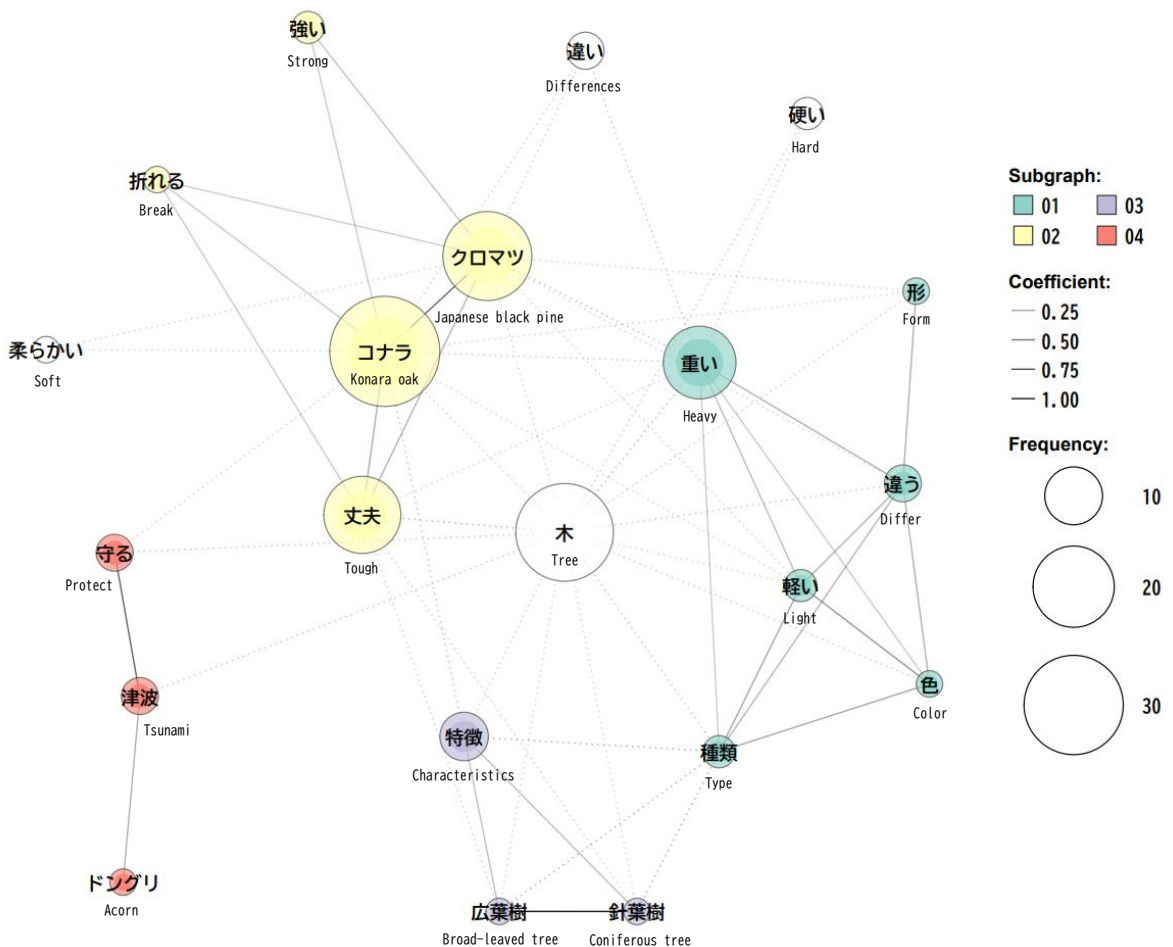


図18 木育プログラムの事前学習と本学習で学んだことの共起ネットワーク分析の図

Figure 18 Co-occurrence network analysis of things learned in the preliminary and main Moku-iku learning programs

うか。」:88.8%)と比較すると、やや低下していた。事後学習(動画)でも、本学習と同様のPowerPointのスライドを用いて解説したにも関わらず、事後学習(動画)後の理解度が低下する傾向が認められた。本学習後の振り返り学習シートの質問が正解・不正解のある問題形式であったのに対し、事後学習後の振り返り学習シートの問題は、児童が自分で学べたかどうかを問う自己評価形式であったため、それらの結果の数値を単純に比較することはできないが、動画を用いた振り返り学習では、児童が自らの体験をすることがなかったため、このような理解度の低下が生じたことが推察される。

2)なぜ重い木は丈夫なのか?を理解できたか?

事後学習(動画)後の振り返り学習シートでは、「⑧なぜ重い木は丈夫なのかの理由」の内容を学べたかどうか、その理解度を問う質問で、「わかった」と回答した児童の割合(平均理解率)は59.8%であった。約60%の児童が理解できたと自覚していたが、他の質問に比べると低い値に留まった。「なぜ重い木は丈夫なのかの理由」に関するレクチャーは、「物質の密度」の概念に関わる内容であり、中学校の「理科」で習う内容である(文部科学省 2019a)。児童にとっては難しいと感じる内容であったと考えられる。事後学習(動画)では、木材を構成している分子を「つぶつぶ」と表現し、密度の概念をPowerPointのアニメーション機能を駆使して図説したが、「つぶつぶ」が何かという具体的なイメー

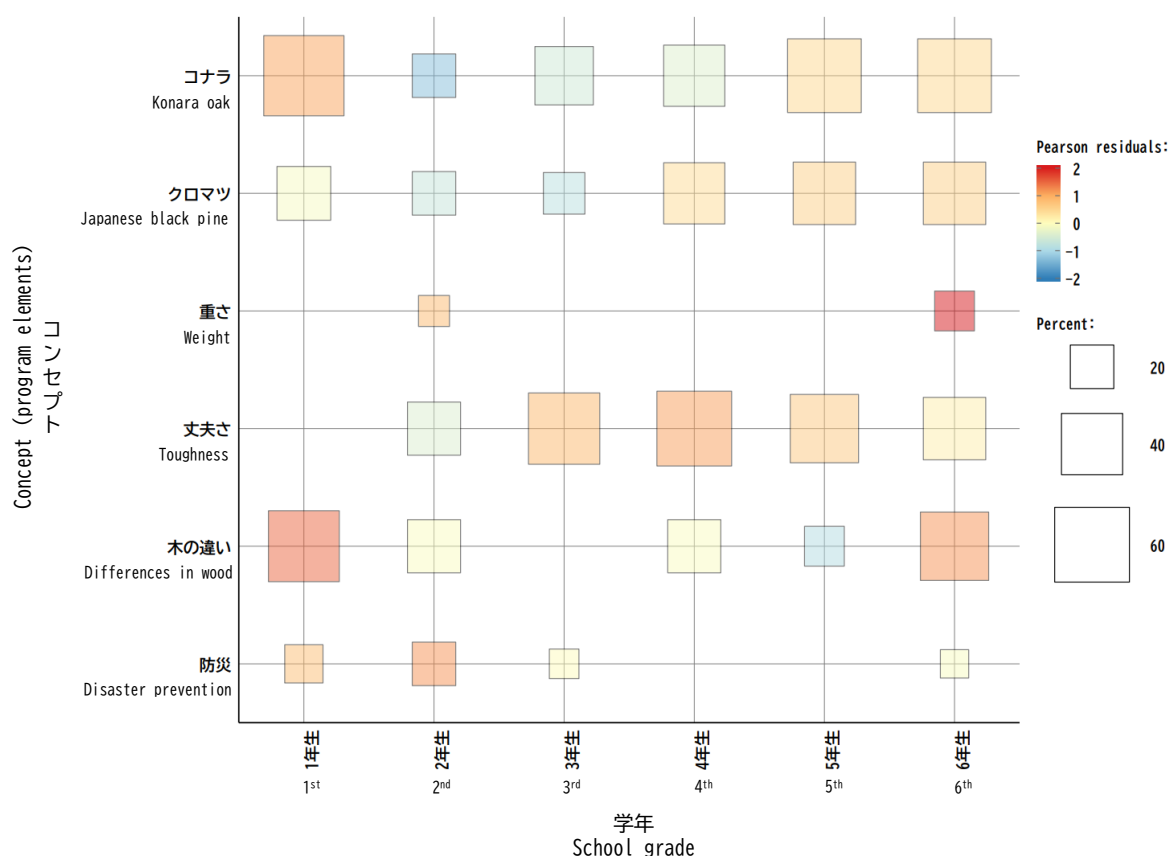


図19 木育プログラムの事前学習と本学習で学んだことのコーディングによるクロス集計の図
Figure 19 Cross-tabulation of things learned during the preliminary and main Moku-iku learning programs

ジがつかめず、「つぶつぶが多い＝重い＝丈夫である」といった結びつきを理解できた児童が少なかった可能性がある。このことから、難しい内容や授業で習っていない内容を教える場合には、動画のみによる学習では不十分であることが示唆された。木材の構造や密度の概念を学ぶ実物教材を作製し、その教材を用いた体験学習とレクチャーを行うことで、理解度の向上が期待できると考えられる。また、一方向型のレクチャーにならないよう、本学習後の振り返り学習シートで児童から寄せられた質問から、レクチャーの内容を組み立てる工夫をしたが、理解度の向上には結びつかなかった。授業内での教師の「問いかけ（設問）」は、生徒の知識や理解を高め、認知の手助けをする「はしご」として機能する（Chin 2007）。また、教育効果を高めるためには、子どもの思考や表現に着目した指導を即時的に行う「対話型の学習」が有効である（松本ら 2015）。

これらの報告から、児童にとって難しい学習内容については、レクチャーを動画ではなく、対面で行い、レクチャー中に児童から湧きだした疑問に対して、その場で答えるような双方向型のレクチャーを取り入れる必要があったと考えられる。

事前学習（動画）、本学習、事後学習（動画）の全体の感想から、1年生は「（どんぐりを持った時の）重さ」、2年生は「教えてもらったこと」、3年生は「楽しかったこと」、4年生は「面白かったこと」、5年生は「分かったこと」、6年生は「学んだこと」について、それぞれ書いていたことから、低学年は自分が直接した経験、中学年は自分がした経験や学びに対する率直な感想、高学年は自分が学んだ内容について、それぞれ表現していたことが読み取れた。これは、学年が上がるにつれて、語彙力や理解力が向上していたことを反映した結果だと解釈できる。一般的に、年齢が上がる

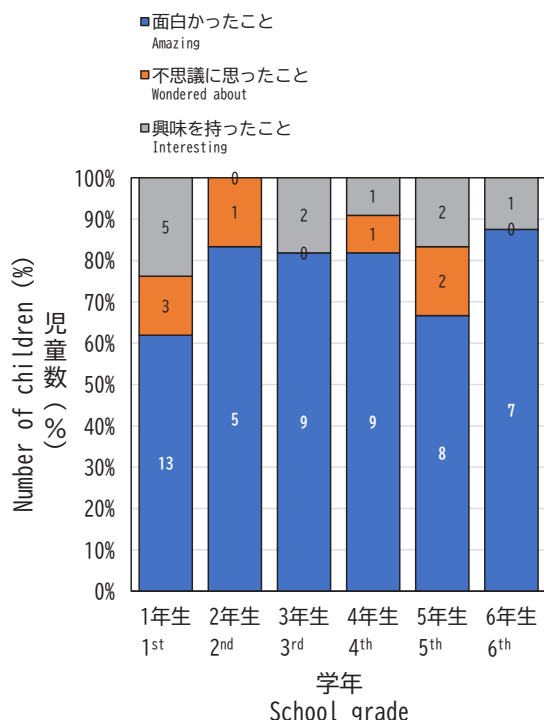


図20 木育プログラムの本学習でコナラとクロマツの木製教材「ドングリ」を手にとって比較した時に感じたことの回答

Figure 20 Participants' emotional responses to holding the konara oak and Japanese black pine acorns in the main Moku-iku learning program

につれて、語彙力や作文力が発達し、それらが影響して文章理解力も向上すると言われている(天野・黒須 1992、玉岡・小坂 2003、勝二 2022)。一方で、学年の違いによる感想の違いは、各学年の教科で学習している内容の影響を受けているとも考えられる。第5学年の「総合的な学習の時間」で、調査対象の児童は、防災学習の一環として海岸防災林について学習している。文部科学省(2019b,c)によると、第3学年と第4学年の「図画工作科」では、木材に触れ、造形を行う学習、第5学年の「社会科」では、自然災害や森林資源についての学習を行うことが目標として定められている。これらのことから、高学年の児童については、これまでの森林、木材、海岸防災林に関わる学習を通じて習得した語彙や知識を、本プログラムのコナラやクロマツの材としての特性や森林としての防災機能の学習に結びつけることによって、より深い学びができた可能性を指摘しておきたい。

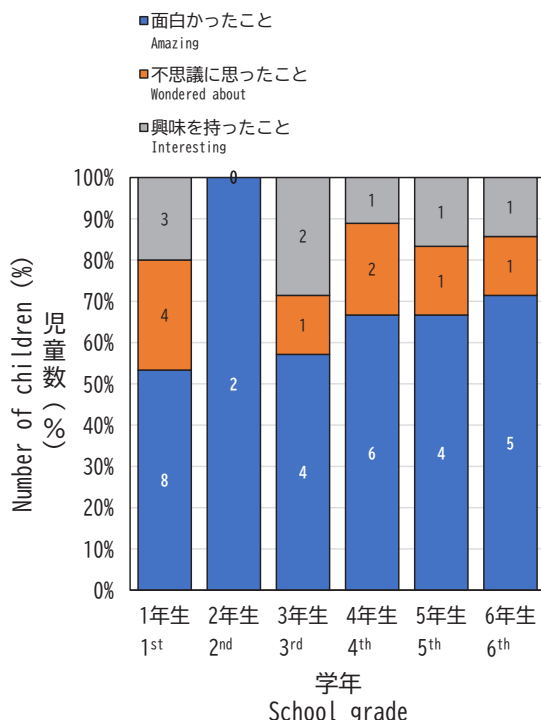


図21 木育プログラムの本学習で重い木と軽い木の丈夫さ(折れにくさ)を比較した時に感じたことの回答

Figure 21 Participants' emotional responses to comparing the toughness of heavy and light wood in the main learning Moku-iku program

3) 森林の有する多面的機能を学ぶ木育プログラムとしての有効性

本学習後と事後学習(動画)後の振り返り学習シートの結果から、「コナラがクロマツより重く、丈夫で折れにくいこと」を約60%～90%の児童が理解していたことが明らかになった。また、事前学習と本学習で「学んだこと」をテキスト分析した結果からは、「ドングリの木が津波から守る」といった内容も読み取られていた。また、テキスト分析を行う前の感想文の中には、「なぜコナラを植えているのかが分かって良かった」「災害から守られてるんだなと思った」といった感想もみられた。このことから、海岸防災林の有する多面的機能のうち、防災機能について理解できた児童は、一定数いたと考えることができる。したがって、事前学習(動画)・本学習・事後学習(動画)から構成された本プログラムは、森林の有する多面的機能の一つである防災機能を学ぶ木育プログラムとして有効であり、著者らが期待する

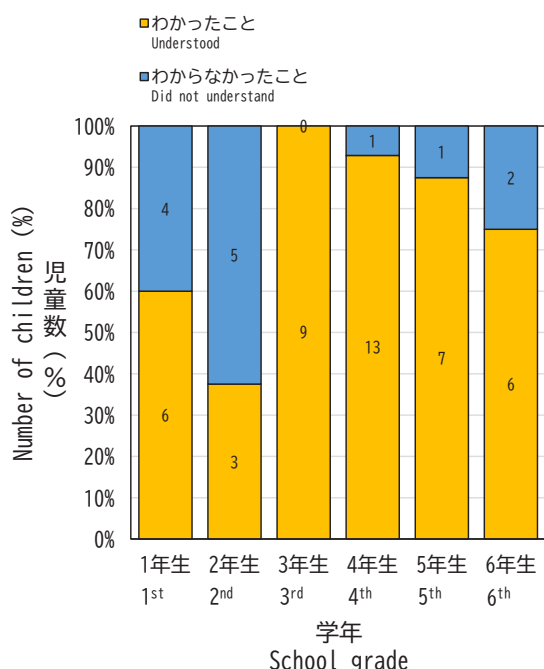


図22 木育プログラム全体（事前学習・本学習・事後学習）でコナラはクロマツより重く、丈夫で折れにくいことが理解できたかどうかの質問に対する回答

Figure 22 Percentages of participants who understood and did not understand that konara oak is heavier, tougher, and harder to break than Japanese black pine in the preliminary, main, and post-learning parts of the Moku-iku program

学習のねらいもおおむね達成できたと結論づけられるであろう。

また、事後学習（動画）後の振り返り学習シートでは、感想文の中に「忘れていたことを思い出せた」といった感想があった。一例ではあるが、動画による事後学習で、本学習の振り返りを丁寧に行ったことによる効果だと考えられる。また、「今後やってみたいこと」の回答の中には、「僕たちのコナラを育てて海に植えます」といった回答も見受けられた。これも一例ではあるが、本プログラムの全体を通して、樹木の丈夫さや海岸防災林の重要性を学び、次の行動に移す意欲に繋がったと考えることができる。

一方で、感想文の中には、「もっと知りたい」といった内容の回答が多数みられたことから、より詳細な解説を求める児童もいたことが分かった。対話型な学習や、実際に森林に訪れる体験型の学習を取り入れるなど

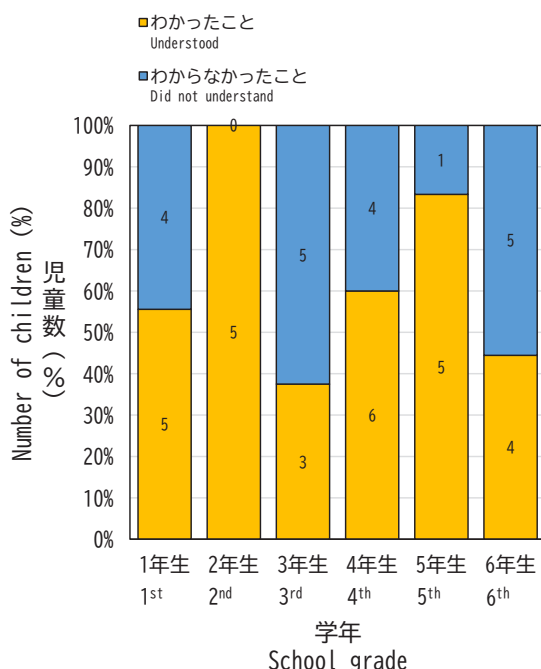


図23 木育プログラム全体（事前学習・本学習・事後学習）で重い木が丈夫な理由を理解できたかどうかの質問に対する回答

Figure 23 Percentages of participants who understood and did not understand why heavy wood is tougher than light wood in the preliminary, main, and post-learning parts of the Moku-iku program

の改善を図りつつ、森林の有する多面的機能についてのイメージを容易につかみながら学ぶことができる木育プログラムの開発と実践が、今後、求められるであろう。

2 木製教材「ドングリ」の評価と活用法

本研究では、11樹種の木材から木製教材「ドングリ」を開発し、それらの木材としての特徴を把握するために、各木製教材の重さ、色、木目、保温力（温度変化が小さいほど、保温力が高いとみなす）を測定した。11樹種の木製教材のうち、重さが重い6樹種が広葉樹、軽い5樹種が針葉樹であった。また、温度変化が小さく、保温力が高かった6樹種が広葉樹、温度変化が大きく、保温力が低かった5樹種が針葉樹であった。これらの結果には、木材の密度が関係していると考えられる。木材の容積密度は、ナラ属14樹種の平均が0.66g/

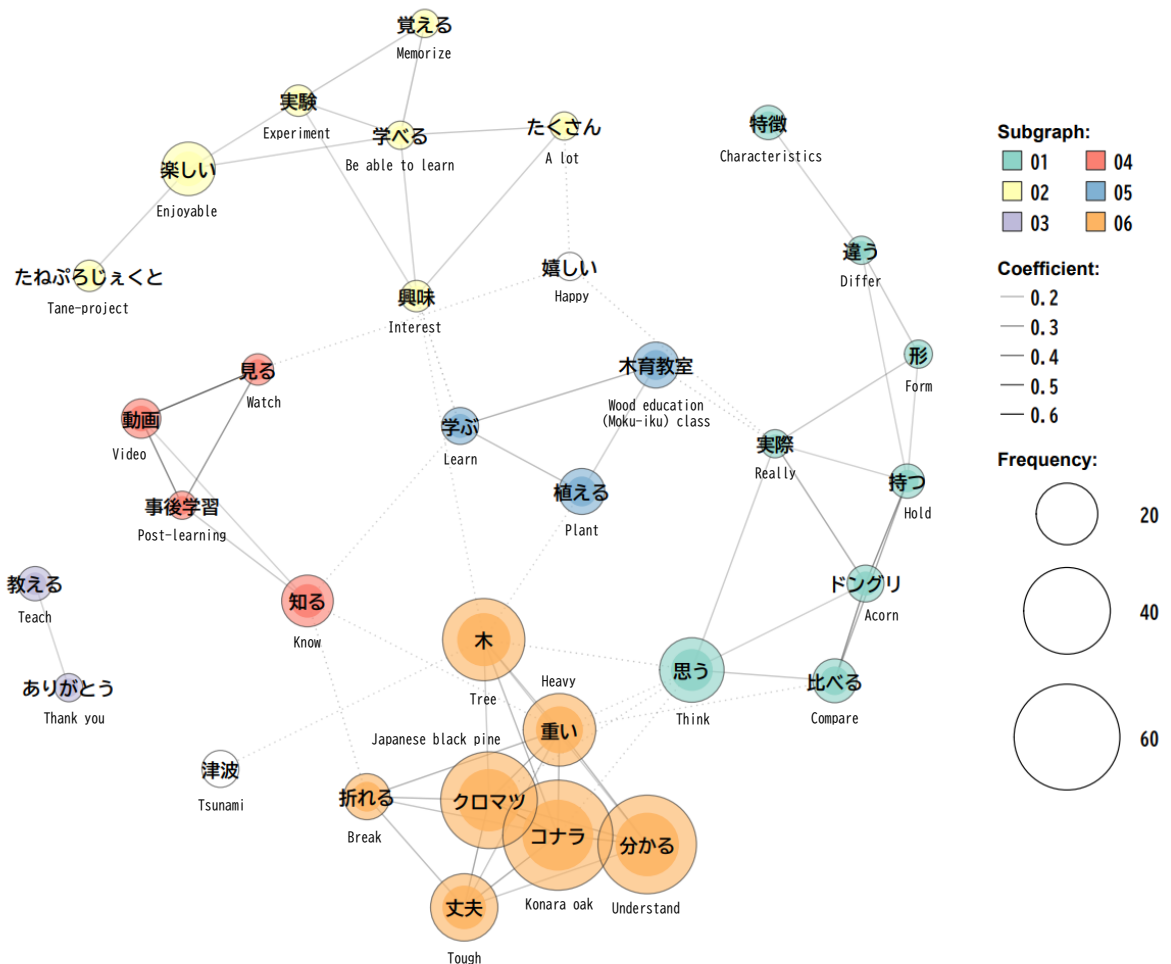


図24 木育プログラム全体（事前学習・本学習・事後学習）に対する感想の共起ネットワーク分析の図
Figure 24 Co-occurrence network analysis of the participants' opinions of the entire Moku-iku learning program (preliminary, main, and post-learning parts)

cm^3 (安倍ら 2012)、スギ16品種の平均が $0.31\text{g}/\text{cm}^3$ (津島ら 2005)である。また、木材の比熱は樹種によらず、ほぼ同等であることから、容積比熱(値が高いほど、木材は温まりにくい)は密度に比例する(農林省林業試験場編 1973、日本熱物性学会 1990、日本機械学会 1993、小畑 2018)。これらの木材の特性から、密度の高い広葉樹の方が、温まりにくく、冷めにくい、つまり保温力が高いと判断できる。したがって、このような木材の特性は、木製教材「ドングリ」でも確認できた。白みの強い樹種は、針葉樹のヒノキと広葉樹のクヌギであり、赤みの強い樹種は、広葉樹のヤマザクラと針葉樹のカラマツであった。よって、木材の色と木目については、広葉樹と針葉樹に分けられるような特徴が認め

られなかった。また、RGB値は、各樹種について、各木材から10か所のポイントを選んで、その測定値の平均を求めたが、一つの木材の中でも色に濃淡がある種もあるため、RGB値の分析結果と、実際に木材を見たときの印象が異なる場合も予想される。

本プログラムでは、木製教材「ドングリ」のコナラとクロマツを用いて、木材の重さの違いについて、実際に持つという体験を通じて、学ぶことができた。しかし、木材の丈夫さについては、このような体験ができなかったため、別の重い木材と軽い木材を準備して、どちらが折れるかの実験を行い、児童はそれを見るだけに留まった。つまり、本教材を用いて、直接的に学ぶ体験ができなかった。教材を開発する際には、プログラムの学

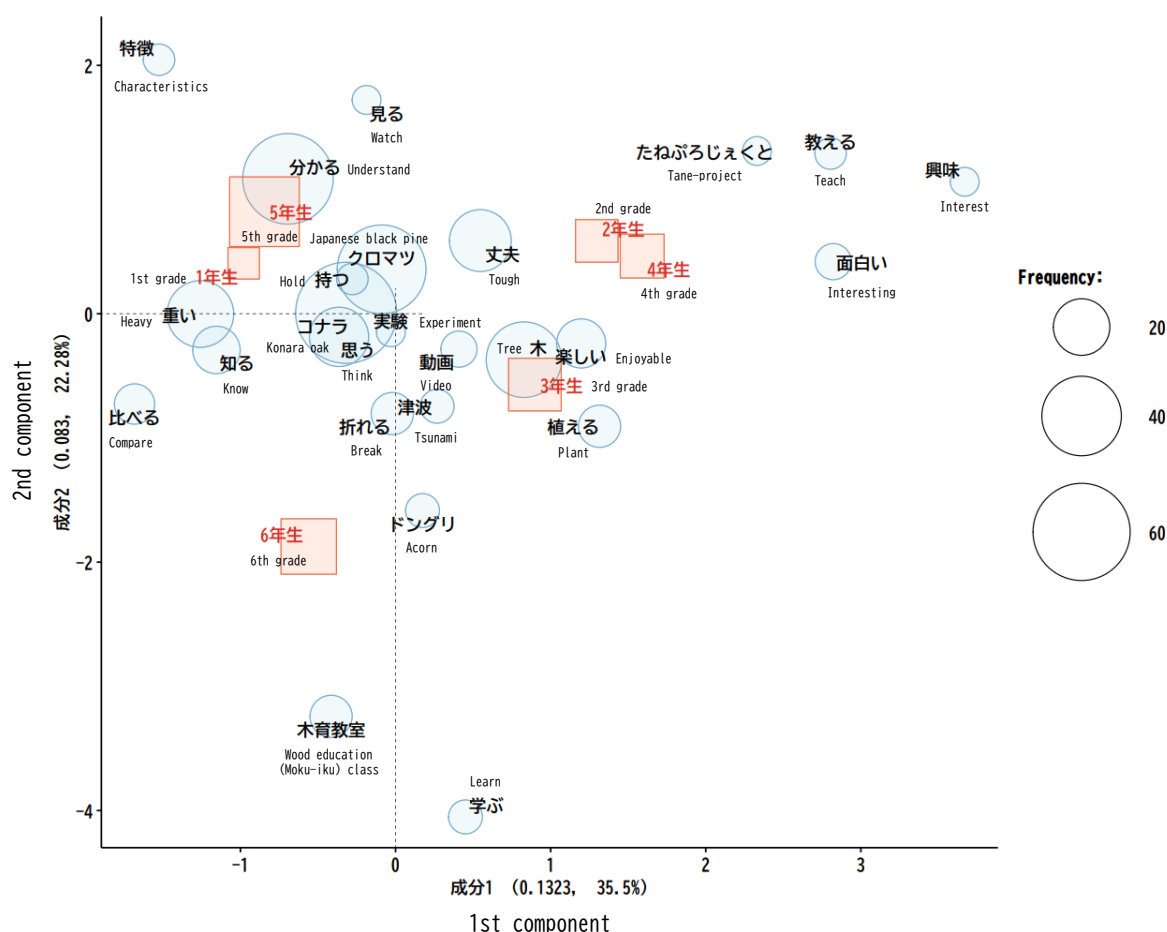


図25 木育プログラム全体（事前学習・本学習・事後学習）に対する感想の対応分析の図
Figure 25 Correspondence analysis of the participants' opinions of the entire Moku-iku learning program (preliminary, main, and post-learning parts)

習のねらいを達成するために必要な教材の条件や特徴を十分に検討する必要があるだろう。

本教材は、木材のさまざまな特徴（重さ、色、木目、肌ざわり、ぬくもり（保温力））を学ぶことができる教材として活用できるであろう。例えば、教材を手にとって、重さ、色、木目、肌ざわり、ぬくもり（保温力）の共通点や相違点を比較しながら、重い・軽い順、赤み・白みの強い順、木目が濃い・薄い順、肌触りが良い・悪い順、ぬくもりがある・ない順で、それぞれ並べたり、その順番が、広葉樹か針葉樹か、近縁種かどうかと関係があるかを考えながら、それぞれの樹種が持つ木材の特徴に気づき、理解を深める学びができる。また、木製教材「ドングリ」を作った木材の樹種名とそれぞれの樹種の形態的特徴をヒントに、実際の教材を当てるクイズ

を作ることでもできる。本教材を用いて、各樹種の木材の特徴を理解した上で、実際に森林に行き、「森林の有する多面的機能」や「木材生産を目的とする林業」について学ぶプログラムへと展開することもできるだろう。このような体験を通じた学習は、自分にとって森林や木材を身近な存在へと引きつけ、理解を深める貴重な機会になるのではないだろうか。さらには、それぞれの木材を使って何を作りたいか、作れそうかを考えるワークショップ型の木育プログラムを開発することも可能である。各地域の里山や人工林の木材から木製教材を開発し、それを活用した木育を行うことができれば、各地域で生産される木材への理解が深まり、やがては地域材の利用促進にも貢献できるに違いない。このように、木製教材「ドングリ」は多様な学習に活用

できるポテンシャルを持っていると言えるだろう。

謝辞

山元町立坂元小学校の教職員の皆様、全児童の皆様には、研究にご協力いただき、大変お世話になった。また、長野大学里山再生学ゼミナールの学生・卒業生(大内梓・馬場惣亮・新井梓・藏田大和・近森雄作・野原那月・三枝広樹・盛田美生・大坪祐太・佐古哲祥・白鳥美緒・須藤翔大・鷹野いろは・戸澤伴栄・矢作尚賢)には、プログラムの準備・実施にご協力いただいた。特に、共同研究者である藏田大和氏には大変お世話になった。本研究は、経団連自然保護基金の支援のもと行われた。以上の方々はこの場を借りて深く感謝したい。

注

- (1) 林野庁, 令和2年度の公共建築物の木造率について, <https://www.rinya.maff.go.jp/j/press/riyou/220323.html> (2023年5月30日確認)
- (2) 特定非営利活動法人活木活木(いきいき)森ネットワーク, 木育.jp, <https://www.mokuiku.jp/> (2023年5月30日確認)
- (3) 宮城県, 宮城海岸林再生みんなの森林づくり活動, <https://www.pref.miyagi.jp/soshiki/sinrin/minmori.html> (2023年6月20日最終確認)
- (4) たねぶろじえくとネットワーク(正式名:被災地里山救済・地域性苗木生産ネットワーク), たねぶろじえくと(正式名:被災地里山救済・地域性苗木生産・植栽プロジェクト), <https://tane-project.org/about/> (2023年5月30日最終確認)
- (5) アトリエDEF, 家具工房きずな, <https://a-def.com/defblog/56208> (2023年12月28日最終確認)
- (6) CyberLink, PowerDirector (version 20.4), https://jp.cyberlink.com/products/powerdirector-video-editing-software/overview_ja_JP.html (2023年12月28日最終確認)

引用文献

- 安倍久・黒田克史・山下香菜・矢崎健一・能城修一・藤原健 (2012) 「日本産コナラ属木材の容積密度放射方向変動」『木材学会誌』58(6), 329-338.
- 天野清・黒須俊夫 (1992) 『小学生の国語・算数の学力』秋山書店.
- 安藤範親 (2013) 「木質バイオマス発電の動向と課題

への対応」『農林金融』66(10), 24-39.

- Chin, C. (2007) Teacher questioning in science classrooms: approaches that stimulate productive thinking. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(6), 815-843.
- 藤森隆朗 (2005) 「間伐問題を考える 間伐はなぜ必要か」『森林科学』44, 4-8.
- 北海道庁木育推進プロジェクトチーム (2005) 『平成16年度協働型政策検討システム推進事業報告書 木育～木とふれあい、木に学び、木と生きる～』, https://www.pref.hokkaido.lg.jp/fs/5/4/0/8/3/4/3/_/project_report.pdf (2023年12月28日閲覧)
- 石崎涼子 (2016) 「内閣府世論調査にみる木材生産に関する国民ニーズー長期推移と2000年代の特徴ー」『森林総合研究所研究報告』15(4), 111-143.
- 紙谷智彦 (2020) 「スノービーチプロジェクト: 豪雪地集落のブナ林整備とブナ材の有効活用を目指す」『森林技術』935, 10-13.
- Kanda, Y. (2013) Investigation of the freely available easy-to-use software 'EZR' for medical statistics. *Bone Marrow Transplant*, 48(3), 452-458.
- 加藤竜吾・黒木伸明 (2004) 「スモールステップを利用した高次な目標を目指した数学学習に関する研究: 多角形数の指導を事例として」『数学教育学会誌』45(3-4), 71-80.
- 藏田大和・大西春帆・高橋 一秋 (2024) 「木育教室「重い木と軽い木で鍵盤を作った木琴は、どのように音が違うのか?」の開発・実施・評価」『長野大学紀要』46(2), 45-74.
- 松本朱実・馬場敦義・森本信也 (2015) 「動物園における小学校の理科教育と連携の試みー対話的な学習を通じた指導の試みー」『理科教育学研究』56(1), 59-74.
- 宮城県森林整備課 (2012) 『海岸防災林に適した植栽樹種に関する調査報告書～宮城県における海岸防災林に適した樹種の選定と種苗の供給について～』, <https://www.pref.miyagi.jp/documents/23707/113397.pdf> (2023年12月28日最終確認)
- 文部科学省 (2019a) 『中学校学習指導要領(平成29年告示)解説 理科編』, https://www.mext.go.jp/content/20210830-mxt_kyoiku01-100002608_05.pdf (2024年1月15日最終確認)
- 文部科学省 (2019c) 『小学校学習指導要領(平成

- 29年告示)解説 社会編』, https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2019/03/18/1387017_003.pdf (2024年1月15日最終確認)
- 文部科学省 (2019b)『小学校学習指導要領(平成29年告示)解説 図画工作編』, https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2019/03/18/1387017_008.pdf (2024年1月15日最終確認)
- 宗方宏幸・鈴木省三・富樫誠 (1991)「海岸防災林に関する研究—クロマツ海岸林の立木密度と防災効果に関する研究—」『福島県林業試験場研究報告』24, 66-75.
- 長崎結美・馬場拓也 (2017)「幼児・児童を対象とする音楽と造形を融合した総合的な表現活動に関する研究—「木育」を取り入れた楽器づくりと演奏実践を通して—」『帯広大谷短期大学地域連携推進センター紀要』4, 53-62.
- 日本機械学会 (1993)『伝熱ハンドブック』丸善.
- 日本熱物性学会 (1990)『熱物性ハンドブック 初版』養賢堂.
- 野々山順一・伊坪徳宏 (2009)「間伐材及びこれを利用した製品の環境負荷分析」『第4回日本LCA学会研究発表会講演要旨集』, 348-349.
- 農林省林業試験場編 (1973)『木材工業ハンドブック 新版』丸善.
- 小畑良洋 (2018)「木材の熱物性と接触温冷感」『材料』67(5), 551-556.
- 長南あずさ・橋森祐介・浅田茂裕 (2016)「小学校における木育の実践」『埼玉大学教育学部附属教育実践総合センター紀要』15, 99-104.
- 大内毅・西村修平 (2018)「小学校における木育の実践とその効果(1)—学外施設を活用した取り組みについて—」『福岡教育大学紀要』67(6), 1-5.
- 大内毅・坂上周平 (2021)「小学校における木育の実践とその効果(2)—学内施設を活用した取り組みについて—」『福岡教育大学紀要』70(6), 31-36.
- 林野庁 (2006)『森林・林業基本計画』, <https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/plan/attach/pdf/koremadenokihonkeikaku-21.pdf> (2023年12月28日最終確認)
- 林野庁 (2016)『森林・林業基本計画』, <https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/plan/attach/pdf/koremadenokihonkeikaku-14.pdf> (2023年12月28日最終確認)
- 林野庁 (2022)『令和4年度 森林・林業白書』, <https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyo/r4hakusyo/attach/pdf/zenbun-41.pdf> (2023年12月28日最終確認)
- 林野庁 (2023)『令和5年度 森林総合管理士(フォレスター)基本テキスト』, https://www.rinya.maff.go.jp/j/ken_sidou/forester/attach/pdf/index-65.pdf (2023年12月28日最終確認)
- 林野庁 企画課 (2023)『令和3年 木材需給表』, <https://www.rinya.maff.go.jp/j/press/kikaku/attach/pdf/220930-2.pdf> (2024年1月15日最終確認)
- 林野庁 東北森林管理局 (2011)『海岸防災林の再生 平成23年東北地方太平洋沖地震 巨大津波による被害と復旧』, https://www.rinya.maff.go.jp/tohoku/koho/saigaijoho/pdf/pamphlet_hyousi.pdf (2023年12月28日最終確認)
- 勝二博亮 (2022)「文章検証法課題による小学生の文章理解力の発達—ワーキングメモリと語彙力との関連に注目して—」『LD研究』31(2), 56-171.
- 岳野公人・馬場雄介・奥野信一 (2015)「滋賀県の木質資源を利用した環境教育教材の開発」『滋賀大学環境総合研究センター研究年報』12(1), 55-61.
- 岳野公人・笠木哲也 (2007)「里山におけるものづくり教材開発と環境教育の実践」『環境教育』16(2), 59-65.
- 瀧川佳苗・鈴木俊太郎 (2016)「スモールステップ方略が目標達成に及ぼす影響—スケーリング・クエストを用いたスモールステップ方略の提案—」『信州心理臨床紀要』15, 23-34.
- 玉岡賀津雄・小坂圭子 (2003)「就学前5歳児を対象とした聴覚性文理解テストの作成」『音声言語医学』44(4), 315-320.
- 富松義晴・沼田敦紀・濱田政則・三輪滋・本山寛 (2012)「持続可能社会へ向けた土木事業における木材利用の提案」『土木学会論文集F4(建設マネジメント)』68(2), 80-91.
- 津島俊治・古賀信也・小田一幸・白石進 (2005)「九州産スギ在来品種の成長と木材性質」『木材学会誌』51(6), 394-401.