

## 2025年度 日産財団理科教育助成 成果報告書

テーマ：ネイチャーテクノロジーを活用した発展教材の開発と評価

—小学校6年「生物と環境」におけるハニカム構造の学習を通して—

学校名：成城学園初等学校

代表者：高橋丈夫

報告者：小畑直輝

全教員数：39名

全学級数・児童生徒数：18学級・648名

実践研究を行う教員数：4名

実践研究を受けた学級数・児童生徒数：1学級・36名

## 1. 研究の目的（テーマ設定の背景を含む）

ネイチャーテクノロジーとは、生物が長い進化の過程で獲得してきた仕組みや構造を、モノづくりに生かす分野であり、バイオミメティクスやバイオインスピレーションとはほぼ同義である。自然を支配することを前提とした従来の近代テクノロジーとは異なり、太陽や自然の恵みを基盤とした生命文明の創出に資する技術であり、持続可能な社会を志向する現代の価値観と親和性が高い。小学校学習指導要領解説理科編「生物と環境」では、人の生活と環境との関わり方の工夫に着目し、持続可能な社会の構築という視点から多面的に考察することが求められている。これらの記述から、学習指導要領の目標達成には、ネイチャーテクノロジーに基づく自然観の形成が重要であるといえる。

これまでのネイチャーテクノロジーに関する研究や実践では、カタツムリの殻や鳥類の翼、昆虫の翅などを応用した製品開発や、中学校理科における科学技術との関連を扱った授業実践が報告されている。また、ハニカム構造に関しては、強度解析や軽量化に関する工学的研究が多数存在するが、学習教材として扱った研究は見当たらない。ハチの巣に見られるハニカム構造は、身近な材料を用いて小学生でも製作可能であり、体験を通して生物の合理性や環境適応を実感的に学ぶ教材として高い可能性をもつ。本研究で開発する教材と学習は、生物の生き方の工夫を体験的に理解させ、学習意欲の持続にも寄与すると考えられる。

以上より、本研究は、小学校第6学年「生物と環境」単元において、ネイチャーテクノロジーを取り入れたハニカム構造教材を開発し、授業実践を通してその有用性を検証することを目的とする。目指す子供像としては、身近な生物が効率的な生き方をもっていることに気づき、子どもなりに探究する姿である。



図1 ハチの巣とハニカム構造  
中村(2021)のニッセイ基礎研究所に掲載されている図

## 2. 研究にあたっての準備（機器・材料の購入、協力機関等との打合せを含む）

ハニカム構造の耐荷重測定や面積計算、隙間のない図形を探す計算を行い、大学教員とアンケートや授業計画、分析方法の検討をした。日産財団から助成をいただいたお金でカメラや、ICレコーダーを購入した。授業前に教材研究や授業デザインについての内容で2本の学会発表を行った。

## 3. 研究の内容

### 3.1 教材開発

#### (1) 隙間なく敷き詰められる図形

隙間なく敷き詰められる図形を探す。正 $n$ 角形の内角は  $(n-2) \times 180 \div n$ 、 $(n-2) \times 180 \div n$ 、 $(n-2) \times 180 \div n$  である。内角が  $360^\circ$  になるのは  $(m-2)(n-2) = 4$ 、 $(m-2)(n-2) = 4$ 、 $(m-2)(n-2) = 4$  である。このことから  $(n, m) = (3, 6), (4, 4), (6, 3)$  となる。そのため、様々な図形があるが、隙間なく敷き詰められる図形は正三角形、正四角形、正六角形の3種類のみとなる。

#### (2) 面積最大

外周長を1として正三角形・正四角形・正六角形の面積を比較する。正三角形の面積は約0.048。正四角形の面積は0.0625。正六角形の面積は約0.072。以上より、面積は正六角形 > 正四角形 > 正三角形となり、正六角形が最大である。

面積が大きいため、ハチの幼虫が入りやすい

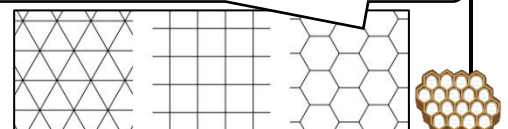


図2 隙間なく敷き詰められる図形

(3)耐荷重

三角柱・四角柱・六角柱の縦方向耐荷重を調べるため、コピー用紙と糊で角柱を作り、測定装置で耐荷重を測定した。その結果、**正六角柱(ハニカム構造) > 正三角柱 > 正四角柱**の順となった。コピー用紙と糊で作成したハニカム構造は、縦方向の力に強く、耐荷重が大きいことがわかった。

表1 形と上からの耐荷重

形	構成数(個)					
	1	2	3	4	5	6
三角柱	0.74	2.44	6.59	9.31	14.2	21.7
四角柱	0.62	1.49	5.23	9.96	11.9	18.3
六角柱	1.46	3.80	8.78	12.5	18.3	24.3

※単位(kg)

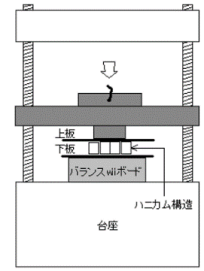


図1 耐荷重測定装置

3.2 素朴概念調査

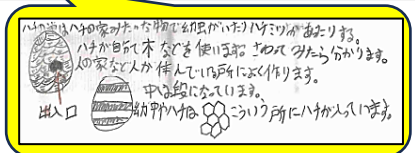
子どもの素朴概念に基づいた授業デザインを行うため、問1~3の問題を作成した。

- 問1: ハチとはどんな生き物ですか。低学年の子がわかるように絵などを使って説明してください。  
 問2: ハチの巣について知っていることをかいてください。低学年の子にわかるように絵などを使って説明してください。  
 問3: 自然は大切だと思いますか? その理由も教えてください。

問1では、子どもはハチについて「危険・針」「蜜を運ぶ」など行動面・安全面の記述が多く、ハニカム構造やネイチャーテクノロジーに関する記述は見られなかった。これは、ハチの巣がもっているテクノロジーに気が付いていないと考えられる。問2では、「六角形」「蜜を貯蔵する」「幼虫を育てる」など、形態や生活機能に関する記述が多く見られた一方で、「なぜ六角形なのか」といった合理性への言及はなかった。このことから、子どもはハチの巣が六角形であることは知っているが、その意味には気づいていないと考えられた。授業では、六角形の強さや理由を探究する活動を通して、自然に潜む合理性という科学概念を形成する授業が有効であると考えた。問3では、自然を大切だと考える記述が多く、生物の生存環境や人との関わりへの関心が高いことが示されたが、自然に存在するテクノロジーの言及は見られなかった。このことから、子どもは自然の価値は理解しているものの、「生物が環境との関わりの中で合理的な形を生み出している」という科学概念には至っておらず、学習による概念構築の可能性が示唆された。

表 子どもがもつハチやハチの巣、自然に関する素朴概念

質問項目	問1: ハチとはどんな生き物ですか		問2: ハチの巣について知っていることをかいてください		問3: 自然は大切だと思いますか? その理由も教えてください	
	回答数	内容	回答数	内容	回答数	内容
カテゴリー	危険・毒・針	29	卵・幼虫・子ども	16	空気・酸素・二酸化炭素	15
	蜜を運ぶ・はちみつ	19	蜜を貯蔵する	14	生き物・動物・生態系・絶滅	13
	色	10	形・六角形	13	食べ物	9
	役割・女王ハチ・働きハチ	5	家・住んでいる	7	地球温暖化	8
	花粉・花	3	女王ハチ	7	癒し	5
	大きさ	2	場所・木や土の中	6	水	4
	合理性	0	丈夫さ・面積	0	合理性	0
	他(1度刺すと死んでしまう等)	8	他(階層になっている等)	5	他(人間が困る等)	3
	合計	76	合計	68	合計	57



3.3 授業デザイン

そこで、本研究で開発したハニカム教材は、形態にとどまる素朴概念から、自然に潜む合理性という科学概念構築を促す学習を可能にする教材であると判断したこのことを基に、授業デザインを考案・実施していった。授業の写真は以下に示す。授業の予想の場面では子どもたちなりにハチの巣がなんで六角形なのかを探究する様子が見られた。その予想を基に3つの実験方法を計画し、考察で自分なりの考えをまとめていった。考察の写真にワークシートの記述も載せる。

表3 授業計画

時数	子どもの考え	教師の手立て
1時	<ul style="list-style-type: none"> <li>穴が六角形になっている</li> <li>しましまの模様がある</li> <li>ハチの巣の横向きと上から絵を描く</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>実際のスズメバチの巣を2人に1つずつ配布し、観察を行った</li> <li>子どもの考えを共有する中で学習問題を設定した</li> </ul>
2時	<ul style="list-style-type: none"> <li>ハチの巣はなぜ六角形なのだろうか</li> <li>六角形が丈夫だから六角形できている</li> <li>幼虫は丸いから丸に近い形になる</li> <li>六角形は隙間がないから</li> <li>六角形・四角形・三角形の多角柱を紙で作し、丈夫さを確かめる活動</li> <li>敷き詰めて、隙間のない図形を探す活動</li> <li>幼虫が入りやすいスペースを考える活動</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>学習問題「ハチの巣はなぜ六角形なのだろうか」の予想をする</li> <li>どのような実験方法をすると予想した内容が適切かを考えさせた</li> </ul>
3時	<ul style="list-style-type: none"> <li>強さランキングで1位2位の六角形と丸は丈夫で頑丈だった</li> <li>六角形は幼虫が入ったときに気持ちいい</li> <li>六角形、三角形、四角形は隙間なく敷き詰められる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>実験結果を共有し自分なりの考察をまとめさせた</li> <li>授業の前後で自らの考えがどのように変化したかを振り返らせた</li> </ul>



### 予想

**問題** ハチの巣はなぜ六角形なのだろう

① ○だと真ん中にすき間がでちゃう

② 六角形だとすき間を埋めなくていいから材料の節約になるんだ

③ 四角も、すき間はないけど、ハチの幼虫は丸だから住みにくい

① 丈夫さ・頑丈さ

② すき間・しきつめる

③ スペース・気持ち

### 方法

① 丈夫さ・頑丈さ

② すき間・しきつめる

③ スペース・気持ち

### 考察

**結果**

円(丸)	X	△	○	X
三角	X	△	○	X
四角	X	△	○	X
五角	X	△	○	X
六角	X	△	○	X
七角	X	△	○	X
八角	X	△	○	X

結果と考察 分かったこと

丈夫さ・がんじょう

すき間・しきつめる

丈夫さ・がんじょう

スペース・気持ち

## 4. 研究の成果と成果の測定方法

### 4. 1 質問紙調査

質問紙調査では、「ハチの巣について知っていることを、低学年の子にも分かるように説明してください」という質問を行った。子どもの回答を筆者が分類し、それぞれのカテゴリーごとの人数を比較した。その結果、事前の回答では「六角形の形」「ハチが住む場所」など、形態的・生態的な特徴に着目した理解が中心であった。一方、事後の回答では「六角形は丈夫」「すき間ができない」など、構造的な記述が増加した。このことから、授業を通して子どもが形態的な特徴だけではなく、構造的な概念も構築させたことが推測される。

### 4. 2. ワークシート分析

ワークシートの分析を行う。子どもが記述した内容を図にまとめ、授業を通して子どもがどのように科学概念を構築させていったのかを明らかにする。子どもAは理科に関する学力や意欲が高い子どもであり、子どもBは学力が低めで、集中力が続かない子どもである。子どもA・Bを抽出して分析していく。子どもAは本物のハチの巣を観察する中で「六角形」ということに着目して気が付いたことをまとめていった。その後、学習問題をたて、「面積・スペース」「丈夫さ・頑丈さ」「敷き詰め・隙間」について予想したり、実験したり、友達の見聞を聞いたりして自分なりに3つの実験の考察し、ハチの巣が六角形の理由を探究していった。子どもBもハチの巣を観察する中で、ハチの巣が六角形で構成されていることに気が付き、学習問題をたてていた。子どもBは「面積・スペース」に着目し、探究していく様子が見られた。考察では自分なりにハチになりきり、どのように生活していくのかの思いに馳せていた。ハチの巣がなぜ六角形なのかの理由を自分なりに探究していく様子が見られた。

表4 質問紙の回答者数 (n=32)

分類	事前	事後
形・六角形	21	29
蜜を貯蔵する	17	10
卵・幼虫・子ども	11	14
女王バチ	10	8
家・住んでいる	6	11
丈夫さ・頑丈さ	0	9
面積・スペース	0	8
隙間・敷き詰め	0	6
他(階層になっている等)	1	8
合計	66	103

〇気が付いたこと

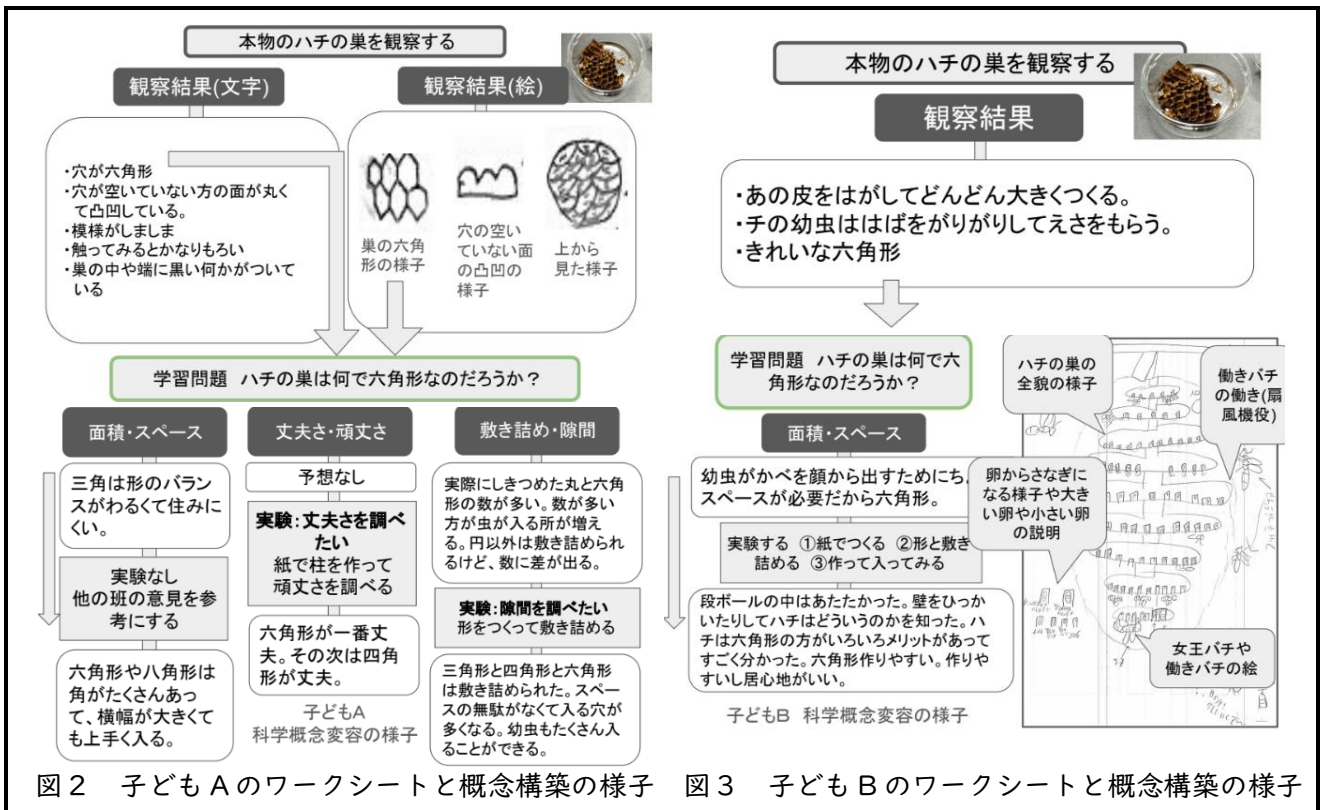
ハチの巣が六角形の王虫

子どもA ワークシート

〇気が付いたこと

ハチの巣が六角形

子どもB ワークシート



## 5. 今後の展開（成果活用の視点、残された課題への対応、実践研究の可能性や発展性など）

### ○個人内評価について

本研究を進める中で、子ども一人ひとりが探究的に学ぶ過程を具体的に見取ることができた。一定の到達基準に基づいて学習成果を判断する絶対評価のみでは、こうした個々の学びの変容を十分に捉えることは難しい。本研究を分析しまとめていく中で、子ども一人ひとりの学びの過程や変化に着目し、それぞれの進歩を評価することの重要性を感じた。子ども自身の過去の学習状況と現在の学びを比較し、その成長に焦点を当てる評価方法である個人内評価が有効であると考え。また文部科学省(2025)の論点資料⑨の中にも「個人内評価」という言葉が使われているため、今後の日本の教育にも寄与できるのではないかと考える。今後は、個人内評価の視点にたち、評価を行ったり授業をデザインしたりことで、子どもの学びの質をより一層高める授業へと改善していくことが可能になると考えられる。



図 学習評価の在り方に関する資料

## 6. 成果の公表や発信に関する取組

### ○教材研究や授業デザインや評価の内容で4本の学会発表を行った。

- ①「ハニカム構造を活用して自然界の建造物の合理性を学ぶ教材の開発」日本理科教育学会第74回全国大会 2024年9月7日
- ②「第6学年「生物と環境」における教材開発と理科授業デザイン～ネイチャーテクノロジーに着目して～」日本理科教育学会オンライン全国大会 2025年3月20日
- ③「生物が進化の過程で獲得した合理性を理解する授業のデザイン～ハチの巣に関する子どもの素朴概念と教材化の視点～」日本理科教育学会 第75回全国大会 2025年8月24日
- ④「生物が環境に適応する過程で獲得した合理性の理解を促す授業デザイン—子どものプリコンセプションとイプサティブ評価の視点から—」日本教科教育学会第51回全国大会 2025年11月15日

### ○学外の方を招き授業実践を行った。

日産財団の職員さんや大学の学生さん、大学の先生をお招きして授業実践を行った。

## 7. 所感

本研究の授業で、子どもが身近な生物が効率的な生き方をもっていることに気づき、子どもなりに探究する姿が見取れた。今後も子どもが子どもなりに考えを深めている授業を行っていきたいと感じる。報告書の最後あたり、このような研究の機会をいただいた日産財団のご支援に感謝を申し上げます。