

「科学的なものの見方や考え方」をはぐくむ理科教材に関する研究 ～「宇宙箱舟」教材を活用した授業実践～

科学技術教育部 河内 知己

1. はじめに

「宇宙箱舟」¹⁾とは、「もしみんなが宇宙に引っ越すとしたら、どんな生き物を連れて行く？」という基本の問いを出発点として授業を展開することにより、食物連鎖、宇宙科学など、幅広い指導につなげることができる理科教材である。また教材の使い方や児童生徒への発問を工夫することによって、様々な校種で活用できるとともに、生命倫理やキャリア教育など理科以外の教科・領域の指導も可能となっている。

今年度のセンター講座「化石から学ぶ科学的なものの見方・考え方」の中で、京都大学総合博物館の塩瀬隆之准教授に宇宙箱舟に関する講義・ワークショップを担当していただいた。さらに後日、府内の公立小学校の先生にこの教材を紹介・配布する機会があり、実際にこの教材を使った理科の授業を参観することもできた。

ここでは、「宇宙箱舟」教材の概要と、「宇宙箱舟」を用いた授業実践のようす、またそこから見えてきた現段階での成果と課題について紹介する。

2. 「宇宙箱舟」教材の概要

「宇宙箱舟」教材の中には、以下のものが含まれる。

- 教材ケース（組み立てることにより箱舟の船体となる）
- コマ（様々な生物・モノの絵と名前がかいてある）73個 + 白紙23個
- アクシデントカード12枚 + 白紙4枚
- ワークショップブック1冊（説明書）



図1：様々な生き物が描かれたコマ



図2：ワークショップ中の箱舟のようす

<コマにかかっている生物・モノの種類>

・ツバメ ・インコ ・ヘビ ・青カビ ・ダチョウ ・スズメ ・サンショウウオ ・イモリ
・ニワトリ ・タカ ・クラゲ ・カエル ・ハト ・クジャク ・タコ ・ペンギン ・トラ
・キリン ・ヒツジ ・イルカ ・ウシ ・シマウマ ・クマ ・ライオン ・サル ・アリのクイ
・ゾウ ・ブタ ・イヌ ・ハムスター ・ウサギ ・イノシシ ・ハヤブサ ・カバ ・タイ
・サギ ・ネコ ・サケ ・ミミズク ・ウナギ ・パンダ ・フナ ・サメ ・ネズミ ・ツル
・金魚 ・マグロ ・トキ ・クモ ・広葉樹 ・針葉樹 ・シイタケ ・テントウムシ ・イネ
・乳酸菌 ・カイコ ・イースト菌 ・野菜の盛り合わせ ・スズムシ ・ヒマワリ ・コウジ菌
・アリ ・ミミズ ・ミツバチ ・チョウ ・セミ ・シロアリ ・ゴキブリ ・ムギ ・ダイズ
・ダンゴムシ ・カブトムシ ・ナメクジ (＋白紙のコマ 23 個)

<アクシデントカードの内容>

- ・鳥インフルエンザが大流行し、鳥が全滅。
- ・口蹄疫が発生！蹄が偶数に割れている動物がいなくなる。
- ・小動物保護団体「スペース・ラブラドール」がウサギ、ネズミなど小動物を全て連れ去る。
- ・重力維持装置が故障、大きな動物にストレスがかかった。人間より大きなサイズの動物が全滅。
- ・未知の病原菌により肉食獣が死滅。
- ・未知の病原菌により虫以外の動物が全滅。
- ・シトリウィルス、「シ」「キ」「ン」「ウ」の文字を含む動物が死滅。
- ・タンク破損して殺虫剤が漏れた！赤印の虫*が死滅。
- ・タンク破損して殺虫剤が漏れた！青印の虫*が死滅。
- ・水の循環システムが故障。水の中の生き物がいなくなる。
- ・暖房装置が故障してとても寒くなった！寒さに弱い赤印の植物*がいなくなる。
- ・冷房装置が故障してとても暑くなった！暑さに弱い青印の植物*がいなくなる。

(＋白紙のカード 4 枚)

※用意された生き物の中には、赤と青の印がついているものがある。

ワークショップブックの中には、「宇宙箱舟」を用いた指導の一例が書かれている。基本的な活動の流れは、次のとおりである。

① グループ編成

まず準備として、4～6名程度のグループをつくる。このメンバーを箱舟の「乗組員」と呼ぶ。また、箱舟の船体や、コマを組み立てる。

② 宇宙箱舟出発のための背景

今から行う活動の動機付けとして、次のような内容を伝える。

「今から約 60 億年後、地球は太陽に飲み込まれてしまう。太陽系から脱出しなくてはならない日は、いつか必ずやってくる。そこで、地球から他の惑星に引っ越しをすることを想定して、宇宙箱舟に乗せる生き物を考えてみましょう。ただし、地球上の生き物の全てをロケットに積むことはできません。」

③ 宇宙箱舟に乗せる生き物を選ぶ。

箱舟に乗せていく生き物を、何種類か選ぶ。例えば「1人3種類選ぶ」、「班で12種類選ぶ」のように指示をする。選

んだ生き物のコマを、箱舟の船体に乗せる。

- ④ 箱舟に乗せた生き物を振り返る。
「どのような箱舟になったか?」「どのような理由で選んでいるか?」などの観点で、自分たちが選んだ生き物を振り返る。また、他の班の箱舟のようすを見回り、質問や意見をもらってもよい。

- ⑤ 出航～アクシデントの発生
選んだ生き物たちを乗せて、箱舟が出航する。これら物語の進行は、基本的に教員が口頭で行うが、補助的にスライド等を使用してもよい。出航後、航行途中で「アクシデント」が発生する。児童生徒は、アクシデントカードを指定された枚数ひく。アクシデントカードには、例えば、「鳥インフルエンザが大流行し、鳥が全滅」などの指示が書かれている。その指示に従って、該当する生き物を船から降ろさなければならない。

- ⑥ 惑星に到着
移住先の惑星に到着する。到着した日に食べる最初の晩ご飯のメニューを考えさせる。それぞれの班ごとに、メニューを発表する。

これはあくまで基本の流れであり、本教材の活用方法の大部分は指導者に任されている。惑星までの移動期間、箱舟内にあるもの、惑星の自然環境など、細かな設定の自由度は高い。

3. 「宇宙箱舟」教材を活用した授業実践

平成23年6月に実施したセンター講座「化石から学ぶ科学的なものの見方・考え方」の中で、京都大学総合博物館の塩瀬隆之准教授に、「宇宙箱舟」についての講義をしていただいた。そして後日、この教材を

府内の公立小学校の先生方数名にセンターから紹介する機会があり、それを受けてその中の1名の先生が所属校で理科の授業を実践された。これは、実際に児童生徒を対象として「宇宙箱舟」の授業を行った貴重な実践例となり得ると思われる。当日の授業のようすを紹介する。

- (1) 実施日時：平成23年7月13日（水）
5校時（13:40～14:25）

- (2) 対象：6年生27名
（男子12名、女子15名）
6班編制

- (3) 単元：「生物どうしのつながり」
本授業は、全5時間の単元指導計画の、最後の授業という位置付けで行った。
実は本単元の1時間目にも「宇宙箱舟」を用いた授業を行っており、その後、2～4時間目で、「食べ物を通した生物のつながり」「空気を通した生物のつながり」を扱い、その学習内容を踏まえて再度5時間目（本時）に「宇宙箱舟」授業を実施するという単元指導計画である。単元の学習を経て、生徒たちの理解や考えがどのように変容したのかをとらえるねらいがある。

- (4) 児童の実態（担任からの報告による）
全体的にまじめで、与えられた課題に対して、誠実に取り組むことができる。また男女の仲がよく、グループ活動では誰とでも意見が言い合えたり、協力し合えたりする。ただし主体的に活動する意欲や、学力の差が大きく、授業や実験も一部の児童が引っ張っていく傾向がある。

- (5) 授業の展開

<導入>

- ① めあての提示

「学習したことを生かして、生物について自分の思いや考えを伝え合おう。」

② 学習活動の背景の設定

- ・「はやぶさ」と「イトカワ」の話
- ・新しい星のルールの提示
 - I 新しい星までは、宇宙箱舟で2ヶ月かかる。
 - II 新しい星は、地球と同じ環境である。
 - III 新しい星には、生物はいない。

<展開>

- ③ 箱舟の組み立て
- ④ 発問「新しい星に、あなたは何を連れて行きますか？」
- ⑤ 第1希望のカード選択 → 班で意見交流
- ⑥ 第2希望のカード選択(数が少ないところは第3希望も) → 班で意見交流
- ⑦ 出発～アクシデントカードその1

⑧ 新しい惑星に到着する直前～アクシデントカードその2

<終末>

- ⑨ 箱舟に残った生き物の振り返り
「新しい星に到着して1年後、私たちや箱舟に乗せてきた生物はどうなったか考えよう。」



図3：授業中のようす

(6) 児童が選んだ「コマの種類」および「1年後のようすの予想」の変容

表1：児童の選択の変容と1年後の惑星環境の予想

班	児童	1時間目(単元学習前)に選んだコマ および「1年後のようす」	5時間目(単元学習後)に選んだもの および「1年後のようす」
A	1	イネ・広葉樹	イネ・ミミズ・ニワトリ
	2	ムギ・ヒマワリ	牧草・ダチョウ
	3	ブタ・イノシシ	ウシ・ブタ・イルカ
	4	野菜盛り・キリン	広葉樹・針葉樹・ツバメ
	5	ウシ・針葉樹	ヒマワリ・ミツバチ・マグロ
	1年後	空気はキレイだけど、食料がなくなりそう。	人間が生きていける環境。地球に似てくる。
B	6	ニワトリ・ヒツジ	針葉樹・イースト菌
	7	サケ・ブタ	広葉樹・ミミズ
	8	ウシ・野菜盛り	ウシ・野菜盛り
	9	イネ・ダイズ	乳酸菌・ダイズ
	1年後	イネしか生き残れない。動物は死んでしまつて、人間は死にかける。	酸素がなくなり、生き物も人間も全滅。菌は生き延びると思う。

C	10	野菜盛り・イネ・針葉樹	広葉樹・トラ・イネ
	11	野菜盛り・コウジ菌・イースト菌	ミミズ・野菜盛り・イノシシ
	12	ミツバチ・ウシ・広葉樹	乳酸菌・サケ・クラゲ
	13	ヒマワリ・ブタ・イノシシ	土・ウシ・草
	1年後	野菜はミツバチが花粉を運んでくれる。ミツバチは1匹なので子孫が残せない。食べ物がほとんどないので、1年後は限界。	土や草やミミズがあるので空気はOK！食べ物も野菜の盛り合わせの種があるから大丈夫。トラは肉食だし、くらげもえさがなくて、この2つは死んでしまう。
D	14	野菜盛り・ウシ・広葉樹	広葉樹・ウシ・水
	15	ミツバチ・マグロ・ヒマワリ	野菜盛り・土・青カビ
	16	野菜盛り・ミミズ・広葉樹	ミミズ・ブタ・ヒマワリ
	17	野菜盛り・イヌ・ヒマワリ	針葉樹・ニワトリ・イネ
	1年後	野菜とマグロで生きていけて、ヒマワリと広葉樹で環境もいい。でも食事のバランスは悪い。	木や植物で環境がいい。食べ物もたくさんあり、食物連鎖も考えられ、暮らしていける。
E	18	野菜盛り・広葉樹・イルカ	広葉樹・ブタ
	19	野菜盛り・針葉樹・ネコ	針葉樹・ウシ
	20	野菜盛り・ヒツジ・ウナギ	ダイズ・タコ
	21	ウシ・ニワトリ・サメ	マグロ・野菜盛り
	22	ライオン・サケ・マグロ	インコ・ムギ
	1年後	魚は食べて全滅。木は生きている。食べ物がなくて、ヒトは1年もたたないうちに全滅する。	植物は植えて育つから、酸素は創り出していける。動物は食べてしまって、全滅。
F	23	広葉樹・クマ	ミミズ・イネ
	24	ウシ・青カビ	青カビ・油
	25	ウシ・マグロ	お茶の葉・ダイズ
	26	ニワトリ・イネ	マグロ・寿司屋の店員
	27	野菜盛り・乳酸菌	乳酸菌・ウシ
	1年後	病気はまぬがれそうだが、栄養不足でガリガリ（肉がないから）。	飲み物も食べ物もあるし、病気も防げるし、酸素もあるので、元気に生きていける。

※斜体は白紙のコマを用いて自分で作ったことを表す。

(7) 児童の感想

<第1時学習後の感想>

- ・どれを連れて行くか迷った。
- ・太陽の寿命が60億年後というのがびっくりした。
- ・アクシデントがなかったら、もっといい生活ができたと思う。
- ・私は食べ物のことしか考えていなかったけど、Aさんは「ヒツジは寒さ対策」と言っていたのを聞いて、なるほどと思った。ヒトは、食べ物や飲み物だけでは生きていけないと知りました。
- ・木の葉の掃除が大変なので、植物はやめた方がいいかなと思いました。
- ・動物を乗せるなら、エサも考えたら良かった。
- ・「健康的に」しか考えてなくて、肉を全然入れていなかったら、食事のバランスが悪かった。

<第5時（本時）学習後の感想>

- ・今日は、生物のつながりを大切にして選べました。
- ・アクシデントカードで、植物が全滅して、酸素が作れなくなってしまったのが残念でした。
- ・肉類は、食物連鎖の関係でピラミッドのようになれたので良かった。
- ・食べ物のことと空気のことを両方を考えました。
- ・動物と植物の関係はすごいと思う。私たちは、空気と食べ物を通して生きていることを、改めて実感しました。
- ・食物連鎖や空気のことも考えて、前よりもいい星ができた。
- ・食べ物と空気のことを考えると「お茶の葉」のアイデアが浮かんできて自分が進化したと思った。

4. 成果と課題

「宇宙箱舟」の概要を知り、それを活用した授業を参観し、また協議することによって、この教材の特徴や効用、あるいは活用の際に注意すべきことなどが見えてきた。その内容を、成果と課題に分けて述べる。

<成果>

○「正解が無い」教材の効果

多くの理科教材は、ある自然現象について一定の結論や理解を得ることを補助・促進するものである。それに対して本教材は、「宇宙に引っ越すとしたら誰を連れて行く？」というベースの質問について、「こういう選択をすることがベストだよ」と教えることが目的なのではない。

実社会の中では、むしろ正解が一つに絞れない問題に出遭うことの方が多い。したがって、「正解が無い」というこの教材の特徴は、開発者が最も大切にしたいコンセプトのひとつとなっている。

実際に、今回授業を受けた児童のようすを見ても、単に「野菜盛り」のように、即時的な食用目的でコマを選択している児童もいれば、食物連鎖の視点を踏まえて選択したり、食物だけでなく酸素の供給という視点を組み込んだり、さらにはペニシリンの生成という目的で青カビを持ち込んだりする児童も見られた。また時には自分たちが思いもよらないアクシデントが起り、頼りにしていた生物がいなくなってしまう場合もある。そのような場合に自分たちの生物の選択をどのように振り返り、箱舟内の生態系の将来についてどのように考えるのか。これも児童の多様な考えが見られる場面である。

意外な展開により直面した課題を解決するために思考を重ねるという本教材の特徴はこれまでにないものであり、児童が知識

を活用するとともに多様な考えを交流し合い、尊重し広げていけるという点で大きな意義があると思われる。

また授業の中では、それぞれの児童の意見を班や学級内で発表し合うことによって、今までになかった視点が共有され、広がっていくようすも窺えた。

これらのことは、あえて正解を求めないことによってもたらされた効果であると思われる。

○教師の中に、「児童の考えを尊重し広げる意識」を醸成する効果

活発に交流される児童の考えは、厳密に検証すれば、科学的に妥当性を欠くものもあるかもしれない。しかしそのどれをとっても、各児童にとってみれば、それぞれ独自の学習経験や生活体験から導いた自分なりの判断である。ゼロから生態系を構築していくという難問の前で、児童が懸命に発揮した思考力や発想力は、尊重すべきものである。教師が、それらを埋もれさせることなく大切に拾い上げることによって、児童は自らの考えを出発点として、科学的なものの見方や考え方に到達することができるものとする。

このような、児童の考えをもとにした授業づくりは、普段はなかなか実践することが難しい。しかし児童の思考力の育成には非常に有効であり、様々な単元で活用されることが望まれる。本教材は、教師にとって、そのような指導法を模索するためのひとつのきっかけになり得ると考える。

○単元の前後に組み込んだことによる効果

今回参観させてもらった授業は、「宇宙箱舟」を単発の授業として行ったのではなく、6年生の単元「生物どうしのつながり」の中に組み込まれたものであった。これは、「食べ物を通した生物のつながり」「空気を

通した生物のつながり」という2つの学習内容の前後に「宇宙箱舟」の授業を位置付け、単元全体を通した児童の考えの変容を確かめるという目的によるものである。このような「宇宙箱舟」の活用方法はワークショップブックにも書いておらず、今回の授業を指導された先生の考えによるものであるが、これは効果的な活用の仕方であったと思われる。表1を見ると、児童の考えが学習によって顕著に変化していることがわかる。

6年生となると、単元内容を学習する前である1時間目であっても、大部分の児童は「かっこいいから」とか「かわいいから」などの好みだけで選んでいるわけではない。しかし選択の動機としては、単に「食用として」という視点で選んでいる児童が多いようである。「野菜盛り」を選んでいる児童が多いことから、それがわかる。

それが単元内容の学習後である5時間目になると、多くの児童にまず食物連鎖という視点が備わり、食用として連れて行った生き物がより長く生存するために、別の生き物を連れて行く、という選び方が多く見られるようになった。また、生きていくためには、食べ物だけではなく、酸素が必要であるという見方をする児童が増えている。さらに「水」「土」といったコマを自分でつくって選択していく児童も多い。1時間目に比べると、より多角的に、人間が生きていくために必要なものや、生物同士のつながりについて考えていることが窺える。

○主体的な言語活動を促す効果

今回参観した授業後の事後研究会の中で、授業者の先生のコメントから、今回の授業内で構成されていた班の中には普段の学校生活の中ではなかなか自分の意見を言いにくい児童が集まっている班もあったということを知った。しかし授業中のようすを見

る限り、どの班もほぼ同じように活発に意見交流を行っていた。実際、授業者の先生の印象としても、心配された班の児童は普段よりも自分の意見を一生懸命表現しようとしていたようである。

今回の「宇宙箱舟」授業の序盤は、「まず箱舟に乗せたい生き物を各自が1つずつ選び意見交流を行う」→「さらにもう1つずつ（メンバーが少ない班はもう2つずつ）選び意見交流を行う」という流れで進んでいった。意見交流の前に必ず自分で考える時間を設けてあるので、意見交流のときには、児童の中に自分なりの選択の根拠が用意されている状態である。その場で与えられた問いに対して答えを述べるという受動的な活動ではなく、自分で考えた選択の理由を述べるという能動的な活動なので、意見交流の際に発言しやすいのではないかと思われる。また前述のように「正解が無い」教材であることも、安心感をもって自分の意見を外に出せる要因のひとつであろう。

本教材の特性を生かすことによって、主体的な言語活動を促す効果も期待できると考える。

<課題>

○環境設定の必要性

「宇宙箱舟」は、児童生徒にとってだけではなく指導者側から見ても自由度の高い教材である。与えられているものは最低限のアイテムと流れだけであり、その他の細かな背景や条件については指導者が設定していく必要がある。それゆえに、多様な授業展開が期待できる教材となり得るのであるが、ともすれば、その自由度の高さが原因となって児童生徒側に混乱を招いてしまう恐れもある。

したがって、児童生徒がコマを選択する際の根拠を持たせやすくするためにも、全くの白紙状態で考えさせるのではなく、い

くつかの項目については指導者側からある程度の環境設定をしておく必要があると思われる。例えば、「宇宙箱舟にはどれぐらいの期間乗っているのか」、「新しい惑星には土や水、植物は存在しているのか」、「箱舟には、コマとして与えられている生き物以外にどのようなモノを載せているのか」などの設定が考えられる。

指導者側としては、その時の授業のねらいや児童生徒に考えさせたいことを踏まえた上で、適切な環境や条件を設定・提示していきたい。

○「宇宙箱舟」の終わらせ方

事後研究会の中で、授業者の先生から、「授業の終わらせ方で困った」という意見が出された。

確かに、「宇宙箱舟」を活用した授業のまとめ方はなかなか難しいと思われる。「宇宙箱舟」の授業は、單元ごとにはっきりとした学習内容が設定されている普通の授業とは性格が異なり、児童生徒の自由な思考や着想に主眼を置いている。それゆえに、例えば教師が安易に授業の最後に結論めいたことを言ってしまうたり、最終的な箱舟の中身について優劣をつけてしまったりすると、そこに至るまでに広がりを見せた児童生徒の考えが収束してしまう。

校種や学年にもよるが、ひとつの提案としては、授業の最後に今回の「宇宙箱舟」を振り返らせ、どのような視点が大事であったかをワークシートに書かせる、ということが考えられる。教師がまとめるのではなく、個々の児童生徒あるいは班の中での気付きを記述させることでまとめの代わりにするという形である。

全ての児童生徒の考えを尊重しながら授業を終わらせる、この課題については、今後も多くの実践を重ねる中で、検討していく必要があるだろう。

5. まとめ

今回本教材を紹介していただき、実際にそれを活用した授業を参観させてもらう中で、工夫された教材のもつ効果というものを改めて実感することができた。授業参観を通して、児童生徒への大きな成果を感じるとともに、授業の展開の仕方や発問の投げかけ方によって様々なねらい達成の可能性を期待させる教材でもあると思われる。

現在、教員同士のつながりの中で、「宇宙箱舟」の輪がどんどん広がっている状況である。今後、実践事例も増えてくることが予想されるので、それらの指導案や振り返りを踏まえて、本教材のより有効な活用方法を模索していきたい。

註

- 1) 企画・製作：磯部洋明／堂野能伸／塩瀬隆之
監修：京都大学総合博物館／宇宙箱舟製作委員会