

RISUKEIRIN

卷頭特集

# コミュニケーション能力と 豊かな国際感覚の育成

直島小学校 一香川県香川郡直島町立一

教授用資料



<http://www.shinko-keirin.co.jp>

※本冊子は上記ホームページでもご覧いただけます。

- 編集・発行  
啓林館東京本部 TEL (03) 3814-5183(直通)
- デザイン・印刷  
株式会社 セブンブルックス・小川印刷株式会社

本 社 〒543-0052 大阪市天王寺区大道4丁目3番25号

TEL (06) 6779-1531 FAX (06) 6779-5011

東京支社 〒113-0023 東京都文京区向丘2丁目3番10号

TEL (03) 3814-2151 FAX (03) 3814-2159

札幌支社 〒003-0005 札幌市白石区東札幌5条2丁目6番1号

TEL (011) 842-8595 FAX (011) 842-8594

東海支社 〒461-0004 名古屋市東区葵1丁目4番34号双栄ビル2階

TEL (052) 935-2585 FAX (052) 936-4541

広島支社 〒732-0052 広島市東区光町1丁目7番11号広島CDビル5階

TEL (082) 261-7246 FAX (082) 261-5400

九州支社 〒810-0022 福岡市中央区薬院1丁目5番6号ハイヒルズビル5階 TEL (092) 725-6677 FAX (092) 725-6680



KEIRINKAN

## CONTENTS

### 01 卷頭特集

《国際理解》コミュニケーション能力と豊かな国際感覚の育成  
-自分たちや地域のことを話題にして、英語でやりとりができるために-  
直島小学校(香川県香川郡直島町立)

### 06 特別寄稿

《数学における文字指導》  
文字で「苦闘」する生徒の存在  
-学習者の心理を踏まえた指導展開-  
根岸均(秋田大学横手分校長・秋田大学客員教授)

### 10 クロスコンセプト特集

《算数・数学編》算数・数学は、身近な暮らしの中で役立ちます  
やってみなくともわかります・事象を予測・推測する-  
(監修)矢部敏昭(鳥取大学副学長・附属図書館長)  
(執筆)傍士輝彦(東京学芸大学附属世田谷中学校教諭)、田代勝(東京学芸大学附属大泉小学校教諭)、  
峰野宏祐(東京学芸大学附属世田谷中学校教諭)  
《理科編》理科は、身近な暮らしの中で役立ちます  
変化する大地・液状化現象や土石流のしくみ-  
(監修)金子美智雄(元 全国連合小学校長会理事)  
(執筆)山口哲司(元 埼玉県狭山市立笛井小学校長)  
《英語編》英語不安の乗り切り方  
-英語での授業を目指して-  
(監修)影浦攻(鹿児島純心女子大学副学長・教授／宮崎大学名誉教授)  
(執筆)町田智久(国際教養大学専門職大学院准教授)

### 22 授業力をみがく

《小学校編》算数の指導にあたって  
上質の授業力(1)  
-考えることを教える-  
佐藤学(秋田大学教育文化学部教授)  
《中学校編》理科の指導にあたって  
測ることと量の表現  
-物理量=数値×単位-  
田口哲(北海道教育大学教授(札幌校))

### 26 地域の窓

明石昆虫探検隊の活動  
-足元の自然に積極的に関わろうとする子どもたちの育成をめざして-  
寺岡錠平(兵庫県明石市立高丘中学校校長)

### 28 季節の科学トピックス

美しい花びらに、「ほう!」  
田中修(甲南大学特別客員教授)

# コミュニケーション能力と豊かな国際感覚の育成

## ～自分たちや地域のことを話題にして、英語でやりとりができるために～

## PROFILE

### 直島小学校 なおしましょうがっこう (香川県香川郡直島町立)

直島町は、直島本島を中心に瀬戸内海の自然豊かな大小27の島々からなる群島です。その地名は、崇徳上皇が保元の乱の後讃岐へ配流されたとき3年間住まわれ、島民の純真素朴さや素直な心を称賛して「直島」と命名したと伝えられています。近年「現代アートの島」として世界の注目を集め、国内外から多くの観光客を迎える、日常的に外国人を見かけるようになりました。直島小学校では、昭和63年度から町独自にALTを招き、28年の継続で外国語教育に取り組んでいます。



### ① はじめに

直島町は人口約3100名の静かな島ですが、瀬戸内国際芸術祭の開催とともに観光客が増え、特に海外からの訪問者が多く、日常的に外国の方々を見かけるようになりました。子どもたちも道を尋ねられるなど、外国の方と接する機会が多く、他の地域以上に、国際感覚を身につけることにある必要感のある生活をしています。

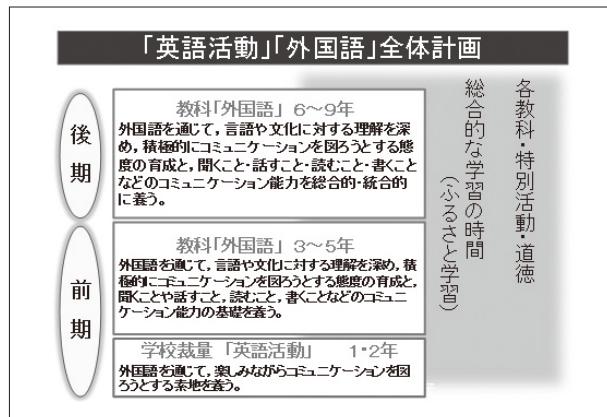
本校は、隣接する幼稚園・中学校と、昭和51年より幼小中一貫教育を進めています。コミュニケーション能力の育成が共通する課題であり、中学3年生のときに「自分たちや地域のことを話題にして英語でやりとりできる」姿を目指し、昭和63年度から町でALTを招き、外國語教育を通してその育成に取り組んできました。

さらに、平成14年度からは「5・4制」を取り入れた小中連携をスタートし、小学校6年生が中学校に行き、中学校教員から外國語を学ぶことを継続しています。

平成26年度までに「文部科学省指定研究開発学校」を3回、現在は、平成27～30年度「文部科学省指定教育課程特例校」を受け、英語活動や外國語の研究推進に取り組んでいます。

### ② 特色ある教育活動

#### (1) 小中9年間を通した英語のカリキュラム編成

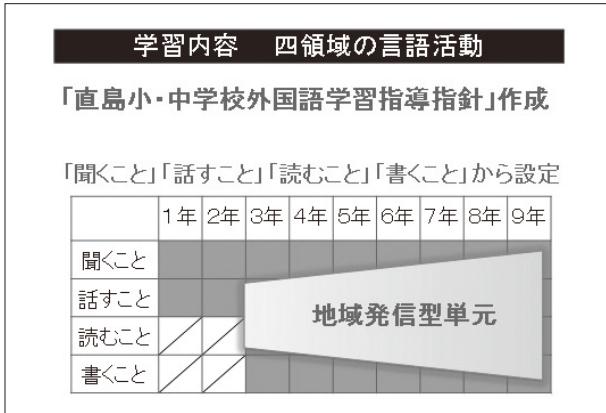


小中一貫の教育課程として、小5までを「前期」、小6～中3を「後期」と考え計画を進めています。

小1・2では、英語の音声やリズムに親しみ素地を育てる英語活動を年間34・35時間行います。

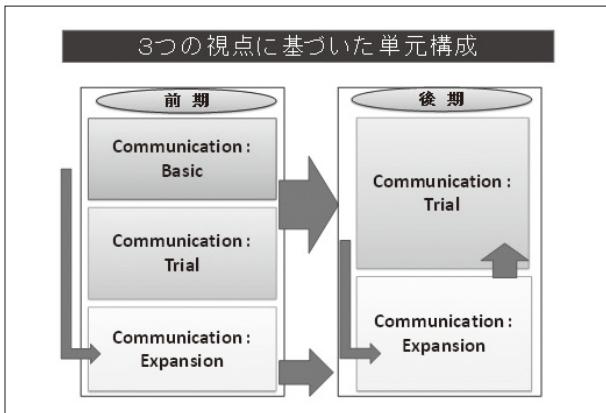
小3からの教科「外國語」は、教育課程の特例を活用し、総合的な学習の時間から時数を確保して年間35時間、小5・6は年間70時間で、小5は英語の免許をもつ外國語専科とALTで、小6は中学校で、中学校外國語教員とALTで指導を行っています。

## (2) 直島小中学校外国語学習指導指針



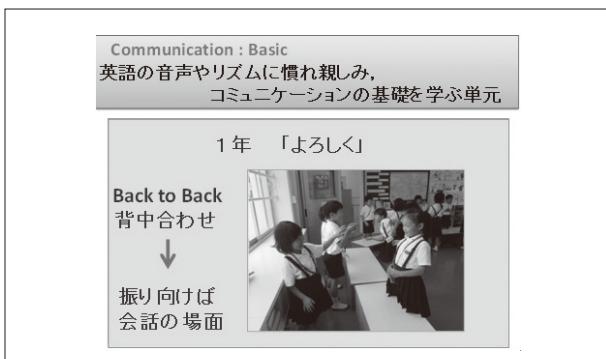
小1では「聞くこと」「話すこと」を中心に行いますが、アルファベットなどの文字にも日頃から自然に触れるようにしています。それが素地になり、小3からは「読むこと」「書くこと」の4技能を扱い、教科や総合的な学習の時間と関連した「地域発信型単元」の地域をテーマにした言語活動を中心に行っています。

## (3) 3つの視点に基づいた単元構成



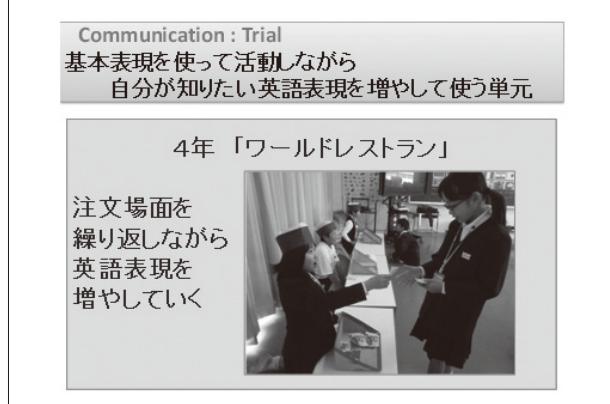
### □ Communication:Basicについて

音声やリズムに親しみ、コミュニケーションの基礎を学ぶ単元で、基礎的な文字学習も行います。



### □ Communication:Trialについて

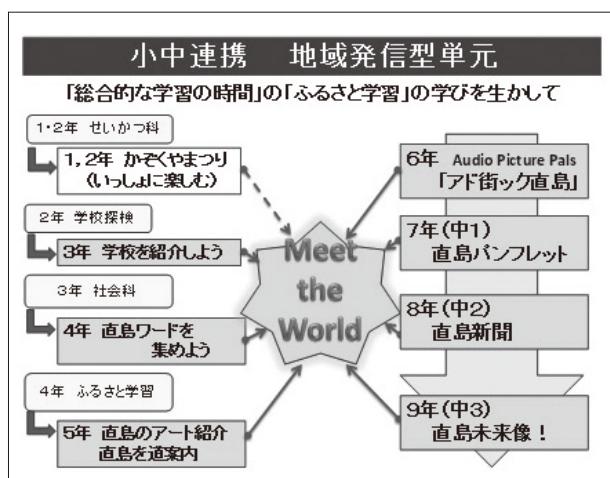
前期では、設定した場面の中で基本表現を使う活動で、自分が知りたい表現を増やし、使いながら身についていきます。後期では、テーマに向かって自分の思いを表現する過程で学びを深められるようにします。



### □ Communication:Expansionについて

地域発信型単元として、自分たちの生活や文化、地域をテーマに、実際に英語で受信・発信する学習を取り入れます。総合的な学習の時間におけるふるさと学習や教科での学びを生かして、自分達や地域のことを伝えるために、TV電話を使ったオーストラリアの小学校との交流や、全校生での交流行事を行います。そして、学習内容を発展充実させるために、各自が直島ファイルを作り、学習内容を振り返り活用できるようにしています。

交流行事「Meet the World」では、学校、地域にあるアートや伝統行事人々の暮らし等、それぞれの発達段階にあった表現方法で、外国の方に英語で伝えます。



## □ Meet the World

ふるさと学習と外国語の学びの成果を試す機会として、毎年11月末～12月初旬頃、県内のALTや教員に呼びかけ、小中合同で行う交流行事です。午前中は、小中各校にて学年ごとに準備したゲームや日本文化の紹介を、午後は小5・6と中1・2が直島のアートスポットに一緒に出かけて英語でガイドするプロジェクトです。各学年で楽しい交流活動があり、自分の英語が通じる楽しさを味わっています。



手作りゲームと一緒に楽しむ2年生



お店の商品を買ってもらう3年生



身ぶり手ぶりを交えて観光スポットを説明する5年生

毎年ALTによる評価は高く、平成28年度アンケートでは、下記のようになっています。(28名のALT)

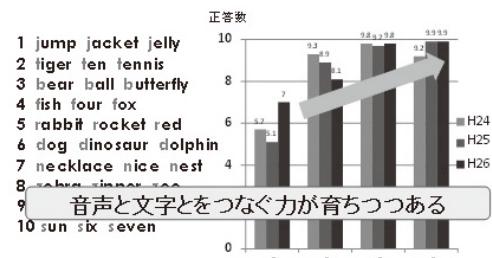
	Excellent	Good	So so	Poor
English	20	8	0	0
Attitude	27	1	0	0

### 【感想】

- The students were very energetic and were willing to use the English they have learnt. When they didn't understand, they would ask their friends for help. They tried hard to answer my question! Very good everyone!!
- They tried very hard to use English. The students were very friendly. I had a great time. I look forward to it next year, too.

### (4)「読むこと」「書くこと」

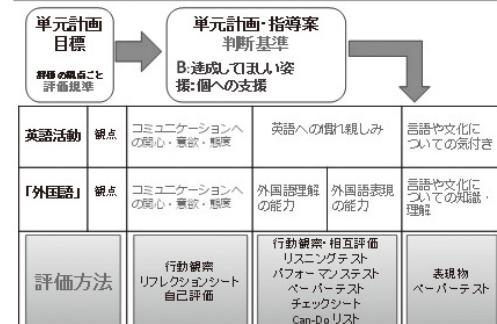
3つの単語を聞いて、共通する最初の文字を書く問題(10問)の正答数  
実施時期：平成24・25・27年3月 対象：小3～小6児童



音声中心に学習しながら文字学習も実践しています。データからも、児童は抵抗なく少しづつ文字に親しみ、音韻認識の力が育ってきていることが分かります。

### (5)評価について

#### 評価の観点・評価方法



評価の観点として、小3からの教科「外国語」では、4観点「コミュニケーションへの関心・意欲・態度」「外国語理解の能力」「外国語表現の能力」「言語や文化についての知識・理解」についています。評価方法は、関心・意欲・態度については行動観察・リフレクションシート、自己評価。

表現・理解の能力については、行動観察・相互評価・リスニングテスト・パフォーマンステスト・ペーパーテスト・チェックシート(Can-Doリスト)。言語や文化についての知識・理解については表現物・ペーパーテストによる評価を行っています。

聞くこと 第6学年 Can-Doリスト		
後削りの内容	6年生の内容と終了時を想定したCAN-DOリスト	各単元の評価規準
ア 強勢、イントネーション、区切りなど基本的な英語の音声の特徴をとらえ、正しく聞き取ること	ゆっくりとはっきりと話されれば、身の回りの事語や場面の表現を聞き取ることができる。 初歩的なクラスルームイングリッシュを聞いて理解し、行動することができます。	L6:リスニングテストⅠの中で、野菜、果物、学用品、動物、色、形の語彙を聞き取ることができ る。 LB:グループの発表を見て伝えたいことを理解することができる。
イ 自然な口調で話されたら聞き取れたりする言葉を聞いて、情報を正確に聞き取ること	なじみのある簡単な内容を、ゆっくりはっきりとされれば、聞いて理解することができます。	L1:先生や友達の自己紹介をよく聞いて理解することができます。 L4:先生や友達の質問の内容を聞いて理解することができます。 LB:会話を聞いてどのような用語かを理解することができます。 L7:キーワードや聞き取れた単語から紹介の概要を理解することができます。 L9:先生や友達の質問を聞いて、必要な情報を聞き取ることができます。 L11:相手の話を聞いて、や理由を理解することができます。
ウ 質問や伝達などについて、適切に応じること	先生や友達から、好き嫌い、趣味、したこと、興味の用語や会話、または、自己紹介や相手の話を聞いておむね理解することができます。 相手が説明する問題を理解することができます。 現在の時刻や、起きたり寝たりする時間に限らず質問や会話を聞いておむね理解することができます。	L1:相手が言葉を理解することができる。 L3:相手が提出する数、大きさ、色を理解することができる。 L10:相手の話を聞いて、それが、遅れ、遅れて動く

※ 各単元の評価規準の LB ( ) は、直島小中学校外国语指導指針の各学年の

単元計画表【学習展開の視点・目標・評価規準と評価基準】									
6年	Lesson7 アド街ックin直島 AUDIO PICTURE PALS	時数	8	類型	CE	10月			
学習展開の視点									
本単元は、小・中学校で継続実施する地域発信型単元に当たる。これまでの経験を生かして、直島の屋外アートについて英語で紹介する学習をする。そして、11月末に行われるMeet the Worldでは、ALTアートをめぐらしながら、それぞれのアートについて実際に紹介することとなる。 「人やもの」を紹介するための基本表現を身に付けるとともに、相手を意識して、英語やジェスチャー、繰り返しや強調などの工夫をしながら伝えることを心がけて、コミュニケーション能力を高める。									
目標									
・LB:ホットの屋外アートについて、基本表現などを使って説明することができます。 伝える内容や自分たちの思いが相手に伝わるよう工夫して、意欲的に練習する。									
評価									
評価規準	コミュニケーションへの関心 意欲 標度	外国语理解の能力	外国语表現の能力	言語や文化の知識・理解					
評価規準	友達とともにアートについて表現するよろしく紹介文を書くことができる。 表現するよろしく紹介文を書くことができる。 児童観察	キーワードや聞き取れた単語から紹介の概要を理解できる。	基本文などを見て、アート紹介文を書くことができる。 紹介の文を書くことができる。 ジェスチャーを工夫するなど、相手を意識して紹介することができます。	人やもの紹介する表現が分かる。 アート紹介するためには、会話を理解している。					
評価基準 (評価方法)	日友連と協力して紹介文を書いたり、発表する工夫を考えたりしている。 児童観察	B友達のアート紹介文を聞き取ることができる。 児童観察	B日本文を適切に使って、アート紹介文を書くことができる。 児童観察	B直島の屋外アートに関する会話を理解している。 児童観察					

自律的な学習者をめざして、児童は毎時間また単元末にリフレクションシートで自分の学習を振り返り、パフォーマンス評価を通して互いに学び合います。

自律的な学習者をめざした評価			
リフレクションシートで自己評価	パフォーマンス評価で学び合い		
自分の姿を自分で評価			
チェックシート・CAN-DOリストで自己評価			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>項目</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 ALTが話す趣向、音楽、スポーツなどに聞こ解すことができる。 日常的な会話であれば、はっきりと自分に向かわされたことを理解することができます。 難解な英文を聞いた時に、習った後であれば解すことができる。 よく、はっきりとした簡単な店舗の会話やアナウンス</td> </tr> </tbody> </table>		項目	1 ALTが話す趣向、音楽、スポーツなどに聞こ解すことができる。 日常的な会話であれば、はっきりと自分に向かわされたことを理解することができます。 難解な英文を聞いた時に、習った後であれば解すことができる。 よく、はっきりとした簡単な店舗の会話やアナウンス
項目			
1 ALTが話す趣向、音楽、スポーツなどに聞こ解すことができる。 日常的な会話であれば、はっきりと自分に向かわされたことを理解することができます。 難解な英文を聞いた時に、習った後であれば解すことができる。 よく、はっきりとした簡単な店舗の会話やアナウンス			

### ③ 外国語教育を支えるために

#### (1) 外国語や外国文化に触れる機会

毎日13:45~14:00は「English Time」として、Picture Dictionary等のCDを使って活動し、身のまわりの語彙を増やすようにしています。毎日確実に英語に触ることで、楽しみながら抵抗なく英語に親しんでいます。

また、給食時の放送で月ごとに学年の単元に関連した英語の歌を流したり、教員による外国旅行体験を紹介する「World View」集会(年4~5回)や日々の学びを発表したりする英語集会も行っています。

#### (2) 教員研修

本校独自の教育課程に沿って指導するためには、教員研修により指導力向上を図ることが何より大切です。教員の指導力を高めるには、理論研修、指導法研修、英語力向上研修が必要です。効率よく進めるために、4つの研修に分けて、目的をはっきりさせて研修しています。

研究授業を基に、研究の方向性を共通理解する全体会、研究授業の事前研修を通して指導法を学ぶPre研修。月1回、児童生徒の何を育成するかを確認しながら次の月の単元計画を立てるplan研修。教員自身が英語を使う体験をする自主研修、REACTです。時間割上に位置づけた担任とALTとのミーティングそのものも研修です。

教員は、授業をするほどに、自分自身の英語力の向上を図りたいと考えるようになってきます。



### (3)国際理解教室の教材・掲示物等環境の充実

毎回の授業は、ここでALTとT・Tで行い入室と共に英語スイッチが入ります。長年かけて教材・掲示物の環境整備を行い、後方の棚には単元ごとの教材があります。

また、教材机椅子兼用のロッカーベンチで、下にはカゴに入った学習グッズがあり、移動や隊形変化等において、様々な学びに対応できるものになっています。



ロッカーベンチを効果的に使った学習の様子



教室後ろには単元ごとに分けた教材を整理しています

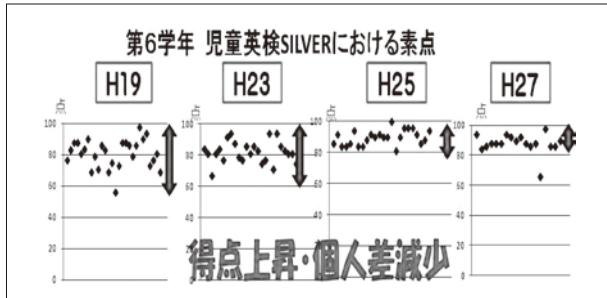
## ④ 成果と課題

### (1)成果(児童・保護者アンケート、児童英検より)

- ・児童アンケート『外国語の授業は好きですか』  
毎年95%以上の肯定的意見で、平成28年度は、100%の結果になりました。
- ・『外国語の授業は大切ですか』  
平成28年度は100%になり、理由として「英語を覚えると外国人の人と話すチャンスになる」「言うのが好きで楽しいから」「外国に行くときに役に立つから」「直島には外国からの客が多く道を聞かれたら話せる」などがありました。
- ・『どのような活動が好きか』  
「英語で歌を歌ったりチャンツを言ったりすること」「友だちと会話すること」「日本語と英語の違いを知ること」「英語で友だちや先生の意見を聞くこと」などがあ

高く、概ね4観点を網羅した結果になっています。

- ・毎年、小3・4がブロンズ、小5・6がシルバーの「児童英検」を受験し、どちらも全体的に全国平均を数ポイント上回っています。経年比較で見ると、得点が上昇し個人差も減少してきています。



- ・保護者アンケート『英語を楽しんでいると思うか』  
肯定的意見が95%を超え期待も大きく支持的です。

### (2)課題

- ・文字指導を含めたアルファベットの効果的な定着方法のあり方
- ・音韻認識力の見取り方や、Can-Doリストに基づいた効果的な評定の方法
- ・リンクプログラムの活用による小中接続を意識し、中学校へスムーズにつなぐための小6におけるより効果的な指導のあり方

## ⑤ おわりに

子どもたちは英語を楽しみ、正しく話すこと以上に自分の思いを伝えたい・話したいと意欲をもって一生懸命に他者と関わろうとしています。それに応えるには、教師自身も外国語を学んだり教えたりするのを楽しむことが、外国語教育推進の大きな力になると思っています。

日々の取り組みから、行きつく課題は「教員自身の英語運用力」をつけることが大切であると感じています。

そのためには、全教職員が一つになって、楽しみながら日々の実践を含む校内研修を充実させることが、教員の指導力向上につながると強く認識しています。

今後も、外国語教育推進校としての任を果たせるよう取り組んでまいりたいと思います。

# 文字で「苦闘」する生徒の存在

～学習者の心理を踏まえた指導展開～

## PROFILE

**根岸 均** ねぎし ひとし (秋田大学横手分校長・秋田大学客員教授)

1949年秋田県生まれ。東京教育大学理学部卒、都立高校・秋田県立高校教諭を経て、秋田県教育庁(指導主事、管理主事など)勤務。その後、県立角館高校長、教育庁高校教育課長、県教育長を歴任。現在、秋田大学横手分校長・秋田大学客員教授。

『新訂数学復刻版 授業実践記録』巻頭言(啓林館、2011年)、「教員の資質向上に向けての取り組み」(日本学校教育学会、2011年「学校教育研究」)、秋田魁新報社月曜論壇担当。



## ① はじめに

学習者が算数・数学でつまずく箇所として、小学校では分数、中学校では文字(文字式)、高校では三角関数などがその筆頭ではないでしょうか。特に、分数と文字は、後の数学の基礎部分でもあるので、この箇所が貧弱であると構造物全体が“砂上の楼閣”となります。

## ② ある調査から

4年前、秋田大学数学教育研究室の事業の中で、ある中学校で文字についてのアンケート調査を実施しました。対象は、数学をやや不得意としている中学1、2年生32名(1年生20名、2年生12名)です。一部を紹介します。

中学校の数学には、「文字」が登場します。

$2a+b$ 、 $y=3x-1$ 、 $S=ab$ 、 $a^2$ などの文字式や「1本100円の鉛筆が $a$ 本あります」という表し方もありましたね。

ここでは、「文字」についていろいろ質問をします。{ }から答えを一つ選んでください。

初めて聞くような問いかけもあるかもしれません、「感じたまま」で答えてください。

1. 「 $3a$ 」という文字式を見たとき、何を思い浮かべますか。

{  $3+a$ 、 $3$ と $a$ 、 $a+a+a$ 、 $a \times a \times a$ 、 $3=a$ 、その他 }

⇒選択者数: 順に6、7、3、7、1、6名

(2名は無回答)

2. 「これまで習ってきた数には、いろいろな数があります。その中の一つの数を $a$ とします」という説明文があります。このとき、

(1) 「 $a$ 」の符号はどれでしょう。

{ いつでも【プラス】、いつでも【マイナス】、その他 }

⇒選択者数: 順に 26、1、5名

(2) 「 $-a$ 」の符号はどれでしょう。

{ いつでも【プラス】、いつでも【マイナス】、その他 }

⇒選択者数: 順に 2、24、6名

(以下略)

設問1の「 $3a$ 」について、 $3+a$  や  $a \times a \times a$  等、多くの誤答がありますが、中でも「 $3$ と $a$ 」つまり、「単に $3$ と $a$ が並べてあるだけ」と答えた生徒が7名(22%)いました。この種の読み取りについては以前から指摘されていましたが<sup>①</sup>、認識を新たにした次第です。

設問2の「文字の符号」については、予想したとおりの結果です。「 $a$ 」の符号について、数学を苦手としている中学生の心理は、①数「 $a$ 」について、想定する数は正の数のみ、②数「 $a$ 」自体の符号ではなく、 $a$ の前に付いている符号、つまり、省略されている「 $+$ 」のこと、のいずれかでしょう。高校教員何人かに感想を求めましたが、いわゆる進学校勤務の教員も含め、かなり多くの高校生が同じ程度の理解をしていると述べています。

なお全体を通して、正答率は「中学2年生が1年生より高いわけではない」ことを強調しておきます。例えば、設問1で「 $3$ と $a$ 」と答えたのは7名ですが、中学1年生3名(20名中)、2年生4名(12名中)です。

多くの高校では、入学後に分数や文字などの理解が身に付いていない生徒に復習を課しますが、効果は遅々たるもので、「鉄は熱いうちに打て」といいます。数学の学習も「最初の学習時期」を逃すと、その後の取り組み効果はかなり限定的であり、大学でも同様です。

### ③ 生徒の心理(心の中)

#### (1) 奥行きのないイメージ

数学では、まず、頭の中に「イメージ」ができることがスタートになります。イメージといっても全体像というようなハイレベルなものではなく、極めて初步的な状態の様子を思い浮かべることができるかどうかということです。1kgとは、500mLペットボトル2本分くらいの重さとイメージできるようにしたいものです。

「 $3a$ 」とは、「 $3 \times 5$ 」や「50円の消しゴム3個分の代金」といった具体的なイメージを基に、一般化した代表形を表しています。指導者も生徒にそのような具体的な理解がな

されているものとして、文字式について話を進めています。しかし、生徒の中には、そのような指導者の期待とは関係なく、単なるシンボルとしての「 $3$ と $a$ 」と認識している層が少なからず存在しているのです。

#### 右のアラビア語

を見て何を思い浮かべますか。多くの

日本人は、せいぜい「ミミズみたいな形だ。アラビア語かな」くらいの感想しか抱かないでしょう(ちなみに、このアラビア語の意味は「数学」です)。馴染みの薄い語の場合、語のもつ意味までは思いが至らないとしても無理のない話です。

同じように、例えば、指導者が「ここで直線  $y=ax+b$  は点(2, 3)を通るから…」などと説明したとき、「 $3a$ 」を「 $3$ と $a$ 」としか見ていない生徒の目には、「 $y=ax+b$ 」が上記のアラビア語と同じような像として映っているかもしれません。

重要なことは、このような「奥行きのないイメージ」しか持ち合っていない生徒に対して、仕方がない、生徒のうち〇%はいるものだ、限界である云々という「能力論」に帰着させてはならないことです。特に、高校教員にはその傾向が強いのではないかと感じていますが、いかがでしょう。

#### (2) 文字式の問題

$am$ の重さが $bg$ の針金があります。この針金の1mの重さは何gですか。 $a, b$ を用いた式で表しなさい。

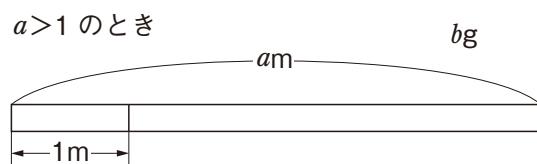
(H25全国学力・学習状況調査、中3数学A)

文字式の初步的で典型的な問題ともいえるこの問の正答率は34%(全国平均)、無解答率が18%です。実際に中学生の7割近くは、文字式が本当のところよくわからない、もしくは苦手としているのです。文字アレルギーに罹患しているといつてもよいでしょう。

もちろん、何十年も前から同じ指摘がされていることは承知しています。しかし、依然として解決しておらず、残念ながら改善の気配が感じられません。まずは、指導者の創意工夫と迫力の不足を指摘したいと思います。指導者が課題意識を持つこと、すなわち「7割の生徒が理解に苦しんでいる。その現状を何とか自分が打破してやる」くらいの決意をすることです。その上で、生徒の心理状態を踏まえた具体的な指導方法に取り組むことで、かなりの改善が図られると確信しています。

本問題については、次のような指導が一般的でしょう（ここでは針金をロープに変更しています）。

$a, b$ として具体的な例を挙げる。例えば、



T: 3mで、重さ600gのロープ1mの重さはいくらですか。

P: 200gです。

T: そうですね。どうやったのですか？

P:  $600 \div 3$  としました。

T: 正解です。では、最初の問題でも同じように当てはめて考えてみましょう。 $am$ の重さ  $bg$  のロープ1mの重さでしたね。

………以下略（3と600をそれぞれ  $a$  と  $b$  に置き換えて説明を続ける）………

わかりやすい指導と映りますが、その直後はともかく、時間が過ぎると理解の定着度は3割くらいになるのです。この指導で不足していることは何でしょうか。

まず「 $am$ の重さ  $bg$  のロープがある」という描写ですが、指導者は、少なからずの生徒にとっては様子が思い浮かばないだろうと見越して、「3mの重さ600gのロープ」といった具体的な例を示してから一般化を図ろうとします。

しかし、この具体的な例示をもってしても、結果を見る限り事態は深刻で、依然として“アラビア文字”的なイメージ

を持つ生徒がかなりいると考えざるを得ません。

H24全国学力・学習状況調査（小6算数A）では、ハガキの面積を問う問題（概数、4択）が出題されました。正答率は61%であり、改めて子ども達の量感の弱さが見られました。子ども達の10人中4人は、長方形の面積の公式を知っているとしても、身の回りにあることがらと結び付ける学習に慣れていないのです。また、体育館の縦の長さを { 3m, 30m, 300m } から選ぶ問題（小学校3年生対象）の正答率が、約63%という結果もあります<sup>2)</sup>。

つまり、指導者の教材提示にまだまだ“リアリティ”が不足、または、欠けていると言わざるを得ません。

「3mの重さ600gのロープ」と提示すれば、十分に具体性があり、生徒の脳裏にイメージが思い浮かんでいるだろうと指導者は判断しています。これ以上の説明はないと思っているかもしれません。しかし、アラビア文字ほどではないにしても、少なからずの子どもの目は、字面を追っているだけなのです。

## ④ 実際の指導展開

前述の「 $am$ の重さ  $bg$  のロープ1mの重さを、 $a, b$  を用いた式で表す」問題で考えてみましょう。

### <第一段階>

やはり、具体的な例を挙げて  $a, b$  に当てはめながら類推させ、 $b \div a$  であることを確認していきます。ただし、これだけで「理解した」と判断することは早計です。単に、割り算の形を模倣しただけの生徒が大半でしょう。納得感の有無を読む必要があります。

### <第二段階>

「 $am$ の重さ  $bg$  のロープ」を全体としてイメージできるかどうか、つまり、目を閉じてロープの長さと重さを「そこにあるように」思い浮かべることを要求しなければなりません。適当な長さのロープを用意して実際に提示してもよいでしょう。しかし、最後はそのロープを

隠して、様子を思い浮かべることを“トコトン”確認する作業が必須です。

その上で、次のように展開します。

T:  $am$ として図に書きましたが、「 $a$ 」って、長さの数であれば何でもいいんです。 $bg$  の「 $b$ 」も同じですね。

では皆さん、 $a$ と $b$ にそれぞれ自分で思う数を心の中で当てはめて、次に、目をつぶってそのロープを頭の中に描いてください。あまり長かったり重たかったりすると大変だから、適当にしてくださいね。

試しにPさんにやってもらいます。ただ、Pさん個人の頭の中のイメージは、皆さんには伝わりません。でも、Pさんになったつもりで“イメージをイメージ”してください。きっと“テレパシー”が伝わりますよ。ではPさん、今、あなたが $a$ に当てはめた数は何ですか。 $b$ は何ですか。

P:  $a$ が4(m)、 $b$ が800(g)のロープです。

T: 目をつぶったままで答えてください。ロープの1mの長さのところに頭の中で印をつけましょう。ハサミで切ってもいいですよ。その1mのロープの重さは800gより軽くなる?重くなる?

P: 軽くなります。

T: そうだよね。重さはどうなりますか? 式は?

P:  $200g$ です。式は、 $800 \div 4$  です。

T: そのまま目をつぶったままで答えてください。 $a$ と $b$ で表すとどうですか?

P:  $800 \div 4$  なので  $b \div a$ 、つまり  $\frac{b}{a}$  です。

T: はい、正解です。 $\frac{b}{a}$  はこれ以上計算が進められないでの、この形で答えになります。

では、Qさん、あなたの場合はどうですか?

以下、数名の生徒(やや不得意な生徒がよい)で確認して、その後、2~3人のグループで互いに数値を出し合いで、イメージが浮かぶ体感を徹底させます。

また、学習の進んだ生徒には、 $0 < a < 1$  の場合、答え

は次のうちのどれか、考えさせたいところです。

{ ①  $a > 1$  の場合と同じで  $\frac{b}{a}$  、②  $\frac{a}{b}$  、③ 図の状態が異なるので、最初から考え直す }

## ⑤ おわりに

文字理解には、状態を思い浮かべること、すなわち、 $a$  や $b$ を見たとき、適当な数値を当てはめて、その様子をイメージできるかどうかが、「わかる・わからない」の分水嶺になります。 $a$ が「アルファベットの $a$ 」として止まっている限り前進はしないのです。

高校に入学して間もなく、「 $a < 0$  のとき、 $|a| = -a$ 」を学習しますが、おそらく生徒の半数以上はよくわからないままでやり過ごしていると思われます。

右図のような  
かなり大きい文字で  
例を示しました。  
説明は不要でしょう。

$$|a| = -a$$

$a = -3$  の意味が初めてわかったという表情を生徒がします。(一般に、予備校講師と比べて、数学教員が書く板書の字や図は、小さいです。)

今日、パソコンやスマホの浸透とともに、画像提供サービスが過剰気味です。大学の講義でもパワーポイント使用が標準となっており、いきおい昨今の生徒・学生は、「自らイメージする」ことを怠っています。怠ってもスマホやパソコンがカバーしてくれます。脳細胞に記憶が刻まれる前に「わかった気」にさせられるのです。すなわち、「視覚的記憶力が退化している」<sup>3)</sup>といつても過言ではありません。数学教育がそれに加担してはならないと感じています。

### 引用・参考文献

- 1) 杜威(1991)『学校数学における文字式の学習に関する研究  
数の世界から文字の世界へ』東洋館出版社
- 2) 東京都算数教育研究会(2014)『学力実態調査の集計と考察』
- 3) 鈴木宏昭(2016)『教養としての認知科学』東京大学出版会

算数・数学は、身近な暮らしの中で役立ちます

# やってみなくてもわかります 事象を予測・推測する

## PROFILE

〈監修〉

### 矢部 敏昭

やべ としあき  
(鳥取大学副学長、附属図書館長)

1955年千葉県生まれ。東京都小学校教諭、お茶の水女子大学附属小学校教諭を経て、鳥取大学に勤務する。現在までに、鳥取大学附属教育実践総合センター長をはじめ、附属中学校長、附属学校部長、地域学部長を歴任。日本数学教育学会理事、日本学術会議連携会員、鳥取県教育審議会会長等を務める。

〈連載第5回執筆〉

### 傍士 輝彦

ほうじ てるひこ (東京学芸大学附属世田谷中学校教諭)

東京都教員を経て現職。物理学や工学関連からの題材を工夫し、数学を縦横に使って新たなことを発見できる生徒を育てたいと考えている。

### 田代 勝

たしろ まさる (東京学芸大学附属大泉小学校教諭)

1968年静岡県生まれ。東京学芸大学卒、加藤学園暁秀初等学校(静岡県沼津市)を経て現職。

### 峰野 宏祐

みねの こうすけ (東京学芸大学附属世田谷中学校教諭)

1986年神奈川県生まれ。横浜国立大学大学院教育学研究科卒。神奈川県立柏陽高等学校教諭を経て現職。

## ① 子どもたちはこんな場面を 算数・数学を使って考えたことがありますか?

車は、急には止まれません。そこで、高速道路を時速100kmで走っている自動車は、前を走る車との間隔をどれくらい開けて走るべきでしょうか。

先日、放物線学習の導入場面用として、教育実習生が『(自動車の)制動距離』という教材を用意してきました。制動距離とは、自動車が急ブレーキを掛けたとき、ブレーキが効き始めてから止まるまでに走る距離のことです。生徒に次のような表を見せます。

「 $x$ と $y$ の間に何か関係は?」と質問すると、生徒は比例・反比例や一次関数の学習経験から、  
S1:  $x$ が2倍、3倍になると……アレ??

〈ブレーキが効き始めてから止まるまでの距離〉	
時速 $x$ (km)	制動距離 $y$ (m)
0	0
10	1
20	4
30	9
40	16
50	25

などと考え始めます。そして、時速20kmに対して4m、時速30kmに対して9m、といった対応の様子から、

S2: 「2の2乗が4」、「3の2乗が9」、に似ているけど…

S3: ああ、「20の2乗割る100」っていうことじゃない?

などと気付く生徒が出てきます。 $y = x^2/100$  すなわち、制動距離の測定結果から、速度と制動距離の関係を表す式が見いだされました。

T1: じゃあ、高速道路を時速80kmで走っている車が急ブレーキを掛けたら、どのくらい走って止まる?

S4: …6400割る100で…64mかあ…結構走るなあ。

T2: 時速100kmで走っている場合は?

S5: 10000割る100だから100mです。

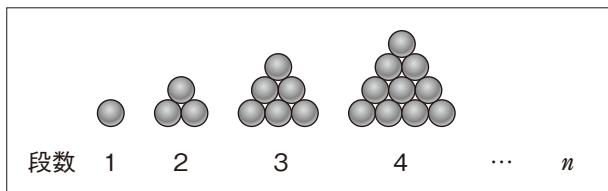
T3: そう、だから教習所では高速道路を時速100kmで走っているとき、前を走る車との間隔を100m以上開けなさいって教わるんですね。

といった会話が成り立つことでしょう。時速80kmで走るときは? 時速100kmで走るときは? という教師の発問は、生徒に $y = x^2/100$ という制動距離モデルを使って予測することを促す発問、という訳です。実際に走る必要はないのです。また、走れませんね。

今回の話題も、前回に引き続き、算数・数学的に(数理的に)予測する場面のある授業についてです。数理的に予測

するとは、対象の本質や今後の様子を算数・数学的な手法を使って推測する、ということですね。前回は、統計的に調べる、つまり、データ解析という算数・数学的方法で推測・予測しようという例を紹介しました。では、統計的な手法の他にどんなものが考えられるでしょう。前述の制動距離の例のように、例えば規則性を見いだして予測する、すなわち関数的な考え方を利用する、というのがありますね。伴って変わる複数の量を変数として設定し、それらの間に何らかの規則性が見つかれば、他の状況について予測できそうです。

いわゆる『俵積み問題』も、一定の規則性から算数・数学的に予測できる場面の好例です。次の『泥団子並べ』の例では、図から関数的な考えによって規則性を見いだすことで、10段、20段、 $n$ 段で並べるのに必要な泥団子の数を、実際に並べることなく予測できます。必要な泥団子の数が、算数・数学的に予測できるのです。

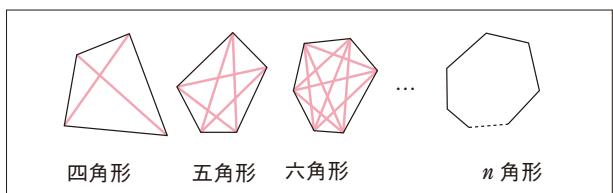


例えば、11段並べるには何個必要か、というとき、計算すれば66個であることが予想できます。実際に並べる必要はないですね。こんな点が、算数・数学的予測の利便性です。この類の問題の場合、計算方法は生徒の考え方そのものに依拠しますから、この問題の場合なら、

$$n(n+1)/2 \quad (n+1)n/2 \quad (n^2+n)/2 \quad n^2/2+n/2$$

などの $n$ の2次式のアイデアが多数出てきます。これらの正当性の検討が、次の授業の話題となります。

図形の学習においても、同様の数理的予測場面を授業の中に設定できます。例えば、平面図形の $n$ 角形の対角線の総数を考察する場面などがそれです。「四角形は2本、五角形は5本ですね。では、六角形は？」と尋ねると、即座に「6本ッ！」と元気な答えが返ってきたりします。五角形が5本だからです。「調べてみるか…」という訳で、早く、次のような図を描きます。



図から、表を作る生徒もいます。様々な考え方によって、 $n(n-3)/2$ 本であることがわかります。七角形あたりまでを実際に描いて数えて表にして、表から帰納的（実は演繹的）に求める生徒と、図の共通の特徴から演繹的に導く生徒がいます。いずれの場合も結果は一致、という点がこの教材の持つ数学的醍醐味です。この場合も、描かなくても何角形でも対角線の本数がわかりますね。

『追いかけ算』の場面設定は、算数でも数学でも出てきます。弟は先に家を出て、駅から電車に乘ります。姉が弟の忘れ物を届けるために、後から追いかけます。「姉は何分後に弟に追い付くでしょう」という問題で答えを出したら、先生に「それは間違いだよ。」と言われる。家から駅までの距離が示されていて、距離に直すと駅の先で追い付く、あるいは時間に直すと姉が追い付く前に弟は駅に着いて電車に乗ってしまっている、という結果です。なるほど、だから忘れ物は渡せない、という話です。算数ならばグラフを描くなどして交点について話し合うことができるでしょうし、数学ならグラフ以外にも方程式を解くことで起こるであろう結果を予測できます。歩いてみる必要はありません。



## ② 算数・数学がこんなにつながります

統計的手法に関連しますが、算数の『平均の利用』の場面も、算数・数学的予測の好例ですね。「今年の桃1個の平均の重さは350gだそうだ。おばあちゃんが昨日発送してくれたのは7kg箱らしいから、20個も入っている!」などと予想する訳です。でも、この話では、実際に箱を開けてみないと正確な数はわかりませんね。だって、大玉小玉で15個なのかもしれないのですから。

このように、算数・数学的に予測することは可能だが、値が

決定できなかったり、確かめてみないとわからない、という例もあります。そこで、小学校では、教材によっては予想したことか正しいかどうかを確かめることも必要でしょうし、中学校ではその経験を生かして、確認が必要か不要かを見極められるようになることが大切でしょう。姉が弟に追い付くかどうかを、実際に歩いたり走ったりして確かめる訳にもいきませんね。

### ③ こんな展開はいかがでしょう (小学6年:「比例」)

#### 1. 導入

◆ろうそくを見せ、燃焼時間について興味を持たせる。

T:震災に備えて、懐中電灯の電池が切れたときのこと  
も考え、長いろうそくを買うことにしました。

C:長持ちしそう。一晩はもつかな。

C:意外に早く短くなっていくかも。

T:このろうそくが何時間燃え続けられるか、実際にはかかることができるかな。

C:学校にいる間にはできないかも。

C:待ち切れないよ。長すぎる。



©PIXTA

#### 2. 課題提示

◆燃え続ける時間とろうそくの長さの関係に注目させる。

T:ろうそくを全部燃やさずに、燃え続ける時間を求める  
ことができるでしょうか。

C:同じペースで燃えていくのだから、できそう。

C:燃え続ける時間とろうそくが燃えた長さが比例して  
いると考えれば、一部をはかって求めることができる。

C:1cm燃えたときにかかった時間がわかるとできる。

C:1時間で何cm燃えるのかがわかるといいね。

C:それだったら、10分で何cmかでもいいはず。

C:比例ではないけど、「10分で何cm残っているか」でもできるよ。

◆数値を提示し、自分の考え方で求めさせる。

T:先生が実際に5分だけ火をつけてみました。そのとき  
燃えた長さをはかると3mmでした。

C:もとの長さがわかれば、時間が求められるよ。

長さが22cmのろうそくがあります。  
5分で3mm燃えるとき、燃え続ける時間を求めましょう。

#### 3. 自力解決

◆単位量あたりの考え方を用いて、式を考えるために、関係図や数直線図、表などを作成して、時間を求める。

①1分あたりに燃える長さを出してから求める。

$$3 \div 5 = 0.6$$

$$0.6\text{mm} \rightarrow 220\text{mm}$$

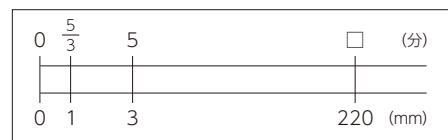
1分あたり0.6mmずつ燃える。 1分 □分

②1mmあたりにかかる時間を出してから求める。

$$5 \div 3 = \frac{5}{3}$$

1mmあたり

$\frac{5}{3}$  分かかる。



③5分で3mmずつ長さが減る考え方で求める。

時間(分)	0	5	10	15	□
高さ(mm)	220	217	214	211	0

#### 4. 発表・話し合い

◆式を板書させて、その意味を話し合わせる。板書していない児童に説明させることも効果的である。

$$\textcircled{1} 220 \div 0.6 = 366.66\cdots \quad \textcircled{2} \frac{5}{3} \times 220 = \frac{1100}{3} \quad \textcircled{3} 220 \div 3 \times 5 = \frac{1100}{3}$$

C①:1分あたり0.6mm燃えるので、長さを0.6で割つ  
て、何分かかるか考えました。6時間6分20秒です。

C②:②の人は、1mmあたり何分かかるかで考えたんだ。

C③:③の人は、長さが減っていくことを考えたけど、式だ  
け見れば、意味は違うけどどれも似ているね。

C:結局同じ答えになったね。6時間くらいだから、とても  
一晩中はもたないことがわかった。

◆比例関係から、実際にははかりににくい時間を求められ  
たことを確認する。

#### 5. たしかめ

◆しばらく燃やして、減っていく様子を見る。残りは、燃え尽き  
るまでをビデオで撮影しておき、早送りで時間を確かめる。

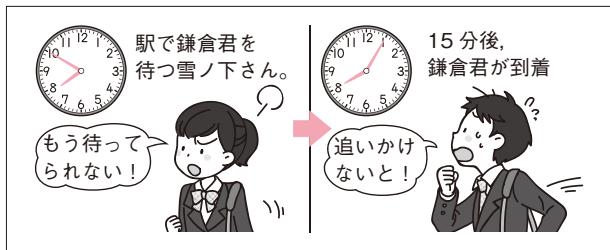
C:本当に同じペースで燃えていくね。比例を使えば、全  
部はからなくとも、時間を求めることができるんだ。

◆予測が正しかったことを実感する。児童の必要感に応えるため、実際に6時間燃やした映像を見せてよい。

### ③こんな展開はいかがでしょう (中学2年:「連立方程式」)

日常生活で何かを予測するとき、「大体これくらい」といった経験則が頼りになります。しかし、経験則は意外と曖昧で、「見通しが外れて、時間に遅れてしまった…」などということも少なくありません。そこで、追いかけ算の場面から、「何となく(直感)」の予測を、数学をもとに見直し修正していく事例を紹介します。

#### 1.【導入】鎌倉君は雪ノ下さんに追い付くか?



学校の最寄り駅で友人の鎌倉君を待つ雪ノ下さん。待ち切れない雪ノ下さんは先に学校に向かいます(7:50)。鎌倉君はその後8:05に駅に到着しますが、既に雪ノ下さんはいません。鎌倉君は走って追いかけますが…。

さて、鎌倉君はどのあたりで追い付くでしょうか。そもそも追い付くのか?登校時刻(8:30)に間に合うのか?いろいろな問い合わせられます。生徒たちは経験があるので「このくらいで追い付くんじゃないかなあ」などと予想するでしょう(右のような通学路の地図を見ながら)。学校によって馴染みのある道を設定するとよいです)。

#### 2.【展開①】仮定を設定し、解決へ

どのあたりで追い付くかを予想させ、実際どうなのが数学を使ってシミュレーションしてみることにします。そ

れには、仮定の設定が必要です。歩く速さを70m/分(4.2km/時、普通の速さ)、走る速さは150m/分(9km/時、ジョギング程度)と、生徒とのやりとりで設定します。この仮定を設定することが、後に解決を深めていく上の肝になります。追い付く距離を $x$ (m)とおくと、

$$\frac{x}{70} = \frac{x}{150} + 15 \Leftrightarrow x = 1968.75 \text{ (m)}$$

となり、2100m地点にある学校の少し手前でしか追い付けないことがわかります。もっと早く追い付くと予想していた生徒にとっては、ガッカリな結果です。

#### 3.【展開②】もっと頑張ったら…

走る速さ150m/分は、さほど速いわけではありません。もっと頑張って雪ノ下さんと一緒に行く時間を増やしたいところですが、果たして、どの地点で追い付けるでしょうか。生徒に予想させると、結構幅が出ます(地図の★4~7あたり)。それぞれの地点で、今度は「速さ」「時間」を変数におき、解決を試みます。

解決する中で、★4~6で追い付くことはあり得ないと気付きます。雪ノ下さんの歩く速さが70m/分だと、鎌倉君が出発するまでの時間差15分の間に1050m進むので、1000m地点(★6)は、もう通り過ぎています。ということは、もっと先でしか追い付けません。

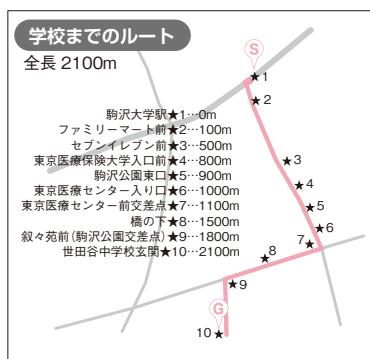
では1100m地点(★7)で追い付くには、鎌倉君の走る速さを $x$ (m/分)、追い付く時間を $y$ (分)とおくと、

$$xy = 70(y+15) = 1100 \Leftrightarrow x = 1540 \text{ (m/分)}$$

となります。これは人間ではあり得ませんね。100mを10秒で走る(600m/分)と仮定すると、約1189mで追い付くという解が得られますが、それも実際には不可能ですね。

#### 4.【まとめ】直感による予測を、数学で裏付ける

結果、どんなに頑張っても15分のタイムラグを埋めるのは難しいことが見えてきます。「何となく(直感)」の予測だったものが、数学(論理)の裏付けを通して明確になっていく、すなわち予測の質が上がっていくといえます。その際に重要なのが仮定の設定です。仮定をどう設定するかでも、予測の質が変わってきます。



理科は、身近な暮らしの中で役立ちます

## 変化する大地 液状化現象や土石流のしくみ

### PROFILE

〈監修〉

**金子 美智雄**

かねこ みちお  
(元 全国連合小学校長会理事)

埼玉県大宮市立小学校教諭、埼玉大学教育学部附属小学校教諭・副校長を経て、埼玉県公立小学校校長会長、全国連合小学校校長会理事、淑徳大学特任教員等を歴任。  
文部省学習指導要領小学校理科編及び指導書作成協力者(平成元年度版)、NHK学校放送小学校理科教室4年テレビティーチャー(14年間)にも携わる。

〈連載第5回執筆〉

**山口 哲司**

やまぐち てつじ  
(元 埼玉県狭山市立笹井小学校長)

埼玉大学教育学部地学研究室卒。

埼玉県小学校教諭、狭山市立教育センター指導主事、狭山市教育委員会教育指導課長、狭山市立入間野中学校長等を歴任。

### ① 子どもたちはこんなことを知っていますか？

NHK総合テレビに『ブラタモリ』という人気番組があります。日本国内をブラブラと、人気タレントのタモリさんが、歩きながら色々なことを学んでいく番組です。

この番組は、旅番組ではありますが、どちらかというと理科の「地学」に近い内容です。高低差や“へり”、境界にしっかりとこだわって旅をします。「ここは断層の影響でこういう地形になった」あるいは「プレートの動きでこの地形は形成された」などです。このように、日本各地の地形には、その地形ができた経緯があるのです。



昭和新山 火山活動でできた土地

また、身の回りで起こるニュースでは、社会のことはともかくとして、自然については、「地震や津波」「火山の噴火」「台風による堤防の決壊」など、地学に関することが少なくありません。

私たちが授業で、「この土地はこの後どう変わっていくだろうか」という問いかけをすると、子どもたちは、「侵食で削られていく」あるいは「火山が噴火したら火山灰に埋もれる」など、習った限りの知識を総動員して予想します。逆に、「この土地は昔はどんな場所だっただろうか」という問いかけでは、「海だったんだろう」、理由として「海にすむ貝の化石が出たから」など、地域特有の展開になります。地域の特色を活かすことは大切ですね。



貝の化石(埼玉県秩父市) 昔は海だったことがわかる。

既刊の12号では、「火山の噴火や地震はなぜ起こる?」と題して、プレートテクトニクスを取り上げました。今回は、災害時に見られる「液状化現象」や「土石流」を取り上げ、「理科で学習したことが身の回りで起きている」と実感させるにはどうしたらよいか、考えてみたいと思います。

## ② 理科がこんなにつながります

「大地の変化」の学習では、大地の変化を地震や火山活動による災害との関連で調べることが、重要な目標の一つです。

災害のニュースでよく目にすることは何でしょうか?

- ①大地震による地崩れや道路の寸断。
- ②大地震に続いて起こる津波。
- ③台風による堤防決壊や土砂災害。
- ④火山の噴火による避難行動。

日本に住んでいる限り、どれも起こり得るものです。

地震による災害の際によく報道されるものの一つに「液状化現象」があります。地震で、地下の泥の層や砂の層が液化して地表の割れ目から噴き出してくるものです。東日本大震災のときも、日本各地で液状化現象が見られました。一般に液状化現象が見られる場所は、開発された土地の下に液化しやすい砂や泥の層がある場所です。

もう一つよく報道されるものに、「土石流」があります。こちらは地震や火山の噴火でも起きますが、台風などの激しい雨、大水のときにも起きます。土石流の特徴は、小石や砂だけではなく、大きな石、岩などが流されることです。土石流にはいくつかのパターンがありますが、最も破壊力があるとされるのは、大きな岩が土石流の先頭に位置し、水が土砂を流すだけでなく、岩塊が自身の重力で運動することです。傾斜が20~30度の斜面で、時速140kmを超えるスピードで流れ下ったという記録もあります。



鹿児島県桜島・野尻川に発生した土石流(国土交通省)  
[http://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sabo/dosekiryuu\\_taisaku.html](http://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sabo/dosekiryuu_taisaku.html)

### (1) 小学校では、実験で体感する液状化現象・土石流を

このように、地震や火山活動による災害にはさまざまなものがありますが、このうち土砂が関係する災害に着目して、「液状化現象」と「土石流」を取り上げ、見方や考え方を広げてみてはいかがでしょうか。



液状化現象による配管の浮き上がり(国土交通省関東地方整備局)  
[http://www.mlit.go.jp/toshi/toshi\\_fr1\\_000011.html](http://www.mlit.go.jp/toshi/toshi_fr1_000011.html)

液状化現象は、埋め立てなどで開発された土地であれば、元が海でも湖沼や湿地でも、地震の際に起こり得ると考えられます。小学校では、地下の土が地震によって液化(泥化)する液状化現象を、小規模な実験ですが体感させることができます。

土石流については、6年「大地のつくりと変化」及び5年「流れる水のはたらき」の学習に関連して、侵食・運搬・堆積の作用を体感させる実験として、取り上げることができます。

## (2) 中学校では、堆積のメカニズムを

「液状化現象」や「土石流」のモデル実験は、小学校でも簡単に成功させることができます。そのメカニズムは、これらの実験だけでは解明できません。粒の大きさや重さといった堆積のメカニズムに関わる要因を、今までの実験に工夫を加えて数値で解き明かしていく方法が、中学生にとっては有効です。

今回は、『Investigating the Earth』というアメリカの地学教科書に掲載されている実験を紹介します。

### ③ こんな展開はいかがでしょう (小学6年:「大地のつくりと変化」/ 小学5年:「流れる水のはたらき」)

#### (1) 液状化現象のモデル実験

- ①トレーに土を入れます。(深さ2~3cm)
- ②水を部分的に浸み込ませます。土が乾いているところ、濡れているところを作ります。
- ③トレーを両手で小刻みに前後に揺ります。(地震発生)
- ④次第にトレーの中の土と水が均一化して、泥の田んぼのようになります。



液状化現象のモデル実験 乾いた部分が均一化して泥状になる。

この方法ではほぼ「液状化現象」が再現できますが、さらに、トレーの泥の表面に乾いた砂を薄くかけて、泥を覆い隠します。ここで、同じように小刻みに揺する(地震を起こす)と、砂の表面の割れ目から泥が浮き上がって

きます(液状化現象のように)。小学生には少し難しいですが、大地の揺れが生活を破壊する恐ろしさを教えてくれます。

※手順③を機械で振動させる装置もあります。(ヤガミ製 液状化現象実験器)

#### (2) 土石流のモデル実験

地震や火山の噴火、台風による豪雨などで発生する土砂災害に「土石流」があります。土石流は身近な災害の一つですので、実験により威力を実感させることは重要と考えられます。写真のような方法で、土石流のすごさを体感させることができます。

<用意するもの>

- ・長さ360cmの雨樋(180cm×2本)
- ・雨樋を固定するスタンド(角度20~30度)
- ・水を流すじょうろ



流す土砂を雨樋の上部に溜めたところ。ここを堰き止めておくことで、水を多く含ませることができます。

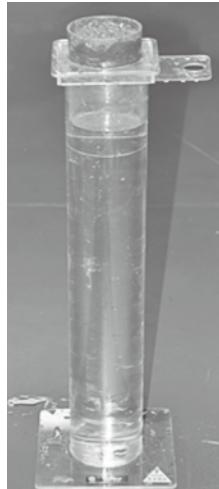
土石流のモデル実験  
堰を外すと、大きな石が一気に先頭に出る

土砂が水を含んで十分な重さになったときに、堰を外して一気に流します。土石流のすごさを理科室で体感できます。実際の土石流では、多くの泥を含んだ水が、比重を増し、浮力が大きくなることで、大きな重い岩や石も簡単に運んでいきます。

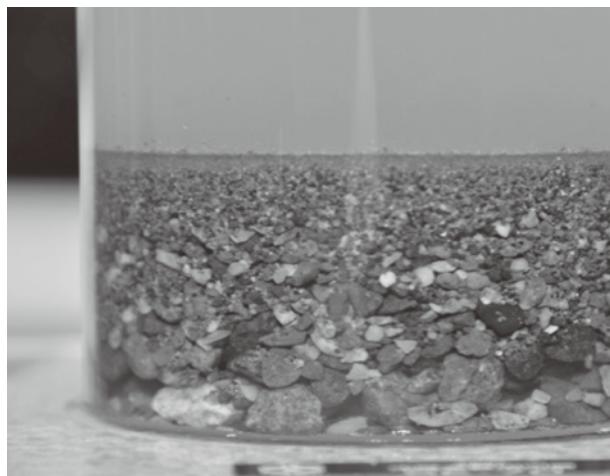
## ③こんな展開はいかがでしょう (中学1年:「生きている地球」)

「生きている地球」の学習では、地震や火山、地層など、大地で見られるさまざまな変化の様子やしくみを探ります。ここでは堆積のメカニズムを調べる実験を紹介します。

教科書「未来へひろがるサイエンス1」p.87の「粒の大きさによる広がり方の違いを調べる実験」では、小さな粒ほど遠くまで運ばれる実験を掲載しています。さらに、留まりやすい粒と流されやすい粒を確かめるために、写真のような実験を加えてみてはいかがでしょうか。円筒が約50cmと長いことと、土砂を器具の操作で落下させたため、粒子の堆積状況が鮮明に観察できます。



沈降実験用円筒による堆積実験(ヤガミ製 長さ49cm 上部筒内に土砂を入れる)



この装置を使って、土石流のモデル実験にも関係する実験を行ってみましょう。

＜用意するもの＞

(沈降実験用円筒以外に)

- ・ふるいで分けた土砂
- ・ストップウォッチ
- ・記録用紙

＜方法＞

細かい砂から小石までの土砂を、大きさ別で3段階に分けます。それぞれを水面から落として、底に着くまでの時間をはかります。粒が細かくても1粒ずつ落とします。



粒を落として、底に着くまでの時間をストップウォッチではかる。

粒の大きさ(重さ)によって、落下に要する時間が変わります。大きく重い粒ほど、到達時間が短いです。これが堆積のメカニズムで、地層の成り立ちだけでなく、土石流で大きな岩が先頭にくることにも関係します。

この方法は、『Investigating the Earth』というアメリカの地学教科書に掲載されている実験を参考に実践しました。中学1年でも十分に行うことができます。なお、小さい粒ほど落下が遅いのは水の粘性によるものですが、現象面をとらえさせれば十分でしょう。

実験記録例 (約50cmの水中を落下する時間)

粒の大きさ 落下時間	大粒の小石 ~5mm程度	中粒の小石 4~3mm	砂 2~1mm
1回目(秒)	1.30	1.75	2.61
2回目(秒)	1.32	1.67	2.92
3回目(秒)	1.50	2.18	2.96
平均(秒)	1.37	1.87	2.83

# 英語不安の乗り切り方

～英語での授業を目指して～

## PROFILE

〈監修〉

### 影浦 攻

かげうら おさむ

(鹿児島純心女子大学副学長・教授／宮崎大学名誉教授)

広島大学卒業。教諭(鹿児島中央高校、広島大学附属中・高校、鶴丸高校)の後、鹿児島県教育庁指導主事、文部省(当時)教科調査官、宮崎大学教授(その間、附属中学校長、附属小学校長を歴任)、鹿児島純心女子大学国際人間学部長を経て現職。

『小学生のえいご Book1～3』(啓林館)、『新しい時代の小学校英語指導の原則』(明治図書)、『改訂英語科新授業の実践モデル20』(明治図書)、『小学校教師の基本教室英語96選』(明治図書)、他多数。

〈連載第5回執筆〉

### 町田 智久

まちだ ともひさ

(国際教養大学専門職大学院准教授)

1970年東京都生まれ。米国イリノイ大学大学院修士課程修了(英語教授法専攻)。同博士課程修了(初等教育専攻)。東京都の公立中学校に英語教諭として12年勤務後、退職し留学。国際教養大学EAPプログラム講師を経て現職。

『Teacher Education and Professional Development in TESOL』(第11章:Routledge)、『Keirinkan Science Readers』(啓林館)など。

## ① はじめに

2020年の小学校英語教科化に向けて、各自治体や学校では急ピッチで準備が行われています。私の住む秋田県でも、小学校高学年の授業時間数(70単位時間)をどのように確保するのか、また教員の研修をどのように行うのかなど、地元の先生方の間で話題になっています。その中でも特に、先生方の英語に対する不安が話題になります。小学校の多くの先生方が、英語を長年使っていなかったこともあり、英語を話すことに苦手意識を持っています。昨年、秋田県内で実施した調査では82.5%の小学校教員が、自身の英語能力に対して不安を持っていました。「自分の使う英語の言い方や発音が正しいのか不安です」や、「いざ会話となると、単語が思い出せずに言葉に詰まってしまいます」など、英語の使用に関して苦労されているようでした。また、2020年からの英語の授業に向けても、どの程度の割合で英語を話さなければならないのか、日本語を使って指導しても

よいのか疑問に思っている先生方も非常に多いです。

この先生方の問い合わせに対して、私は「できる限り英語を使って授業しましょう」と常々言っています。しばしば“オール・イングリッシュ”などという言われ方もしますが、小学校の先生方が英語で英語を教えることを目指すのが理想だと思います。なぜそうするべきなのか本稿の中で詳しく説明していきます。

## ② 授業を英語で行う理由

まず、「英語によるインプットの重要性」です。多くの研究者(e.g., Nunan, 2011)が、外国語の習得には十分なインプットが必要だと主張しています。わかり易く言えば、英語のシャワーを十分に浴びることで、子どもたちは英語の音や表現を学んでいき、英語力を身につけるということです。すると、「もっとALTを活用しよう」という話になりがちですが、ALTを活用するだけでなく、担任も英語を話せばインプット量は倍増します。また、担任が1人で英語の授業を指導することもありますから、より

多くのインプットを子どもたちに与えるためにも、担任の英語による発話は欠かせません。

次に「日本の英語学習環境」です。アメリカやイギリスで英語を学ぶのとは違い、日本で英語を使うのは教室の中だけ、それも英語の授業時間のみです。それ以外は基本的に私たちは日本語を使います。このように“外国語としての英語”的学習環境では、英語に触れる機会が限られます。インプットの重要性も考えると、限られた英語の学習環境で子どもたちが英語に触れる機会を増やすには、担任が英語を話すことが非常に重要です。

第三番目には、「中学校との連携・接続」が挙げられます。次期学習指導要領に向けて文部科学省(2016)は、中学校英語の「授業を英語で行うことを基本とする」としています。つまり、今後は中学校の英語の授業は原則英語で行われることになります。中学校の次期学習指導要領の先行実施が、小学校と同じ2018年度からですでの、今後英語で授業をする中学校の先生方が全国で増えると考えられます。その際に、小学校英語の授業が日本語で指導されていると、子どもたちの学習がうまく中学校に接続していかないのではないかと危惧されます。英語の学習における“中1ギャップ”が起きてしまうかもしれません。英語指導における中学校とのスムーズな連携・接続を考えると、小学校においても「できる限り英語を使って指導」することが求められます。

さらに、「World Englishes(世界の英語)」という考え方方が挙げられます。一般に、英語はアメリカやイギリスの言葉というイメージが強いですが、同時にグローバル社会での共通言語にもなっています。英語を母語とする人々が3.7億人なのに対して、英語を話す人々は世界中で15億人といわれています(Statista,2017)。その“共通言語としての英語”では、多少訛りのある英語(例えば、日本語訛りの英語)を使用したとしても、適切なコミュニケーションができるのであれば何の問題もありません。

せん。むしろ訛りのある英語を話すこともある種の個性と肯定的に捉えようという考え方もあります(鳥飼, 2011)。実際にテレビ中継などでは、英語を母語としない様々な国の人々が、多少訛りのある英語を使って、堂々とインタビューに答えている場面などを目にする機会があります。地元の小学校で、「私は秋田訛りの英語で頑張っています」と冗談交じりに明るく言ってくれる先生を知っていますが、とても素晴らしいと思います。ネイティブ・スピーカーの英語とは違うかもしれません、自信を持って英語を話すことが、担任教師には何よりも求められます。

そして最後に、「英語を使うロールモデル(模範となる人物)」を子どもたちに示す必要があります。これまでの英語教育は、ALTなどのネイティブ・スピーカーが最良の先生だという考え方がありました(Braine,2010)。日本の小学校でも「なるべくALTの先生の発音を子どもたちに聞かせたい」という理由で、あまり積極的に授業に参加しない先生も残念ながらいます。しかし、どんなに頑張っても子どもたちはネイティブ・スピーカーにはなりません。子どもたちが将来なるのは、英語が話せるノンネイティブ・スピーカーです。そのためにも、英語を外国語として習得し、コミュニケーションの道具として英語を使うロールモデルが必要なのです。私は、担任がそのロールモデルであるべきだと考えています。担任がALTと対話する例を示したり、実際に子どもたちに英語で話しかけたりする様子を見せることで、子どもたちは「ああやって、英語を使うのか」とか「こういう風に話せばいいんだ」など、自分たちがどうやって英語を使うのかを学ぶのです。英語を使うノンネイティブの模範を示すことができる担任は、子どもたちのスーパーヒーローです。その意味でも、担任は英語で授業をするべきだと思います。

### ③ より伝わりやすく発音するには

そうは言っても、やはり英語を話すこと、特に英語の発

音に不安を抱えている先生方は多いです。ある小学校の先生が、次のように話していました。「What do you eat for breakfast?と聞かれた時に“ライス”と答えようとしても、正しくrice(米)と言えずに、誤ってlice(シラミ)と言ったら大変です。」確かに、2つの語の意味は大きく違います。しかし、発音に必要以上に神経質になる必要はありません。実際の会話では前後の脈絡がありますし、常識も働きます。誰も「シラミ」を食べるとは思いません。では、カタカナ英語で全て大丈夫かといえば、それも違います。正しく発音できないとしても、その音を出すための正しい調音方法(例えば、舌の位置や口の形など)は意識する必要があります。そして英語を発音する際には、イントネーション、ストレス、リズムの3つを意識する必要があります。この3つに注意を向けることで、英語が非常に相手に伝わり易くなります。

まず、イントネーションについてです。基本的には3種類(「下降」「上昇」「下降・上昇」)がありますが、小学校の先生方が特に注意すべきは、「下降」と「上昇」の2種類です。子どもたちへの指示文は、下降イントネーションとなります(例えば、Please pick up your pencil. ↴やLet's sing a song. ↵など)。それに対して質問文は上昇イントネーションになります(例えば、Do you understand? ↗やAre you ready? ↗など)。しかし、同じ質問文でも疑問詞(what, who, howなど)で始まる質問文は、下降イントネーションになります(例えば、What do you see? ↴やWho's this? ↴など)。これらはしばしば間違えて発音されているので、注意してください。

次にストレスについてです。英語の発音に関して「ストレス(stress)」という場合は、強く読むことを意味します。「強く読む」とは、大きい声を出すことではなく、息を一気に吐きながらはっきり読むということです。英語は日本語と違い、音の強弱を使って意味の違いを表す(例えば、desert:砂漠、desert:見捨てる)ため、ストレスを

どこに置くかは非常に重要です。1つの単語の中だけでなく、文レベルでもストレスは存在します。次の会話を見てください。

A: Do you need any help? (↗)

B: Maybe you could help me finish these graphs. (↘)

(出典:Hann&Dickerson,1999)

下線の入っている太字にストレスが置かれます。基本的にストレスを伴って読む単語は、名詞や動詞などのコミュニケーションを行う上で重要な意味を持つ語で、助動詞や代名詞などにはストレスは置かれません。それらメッセージ性の強い単語にストレスを置くことで、より相手に意味が伝わり易くなります。

最後にリズムについてです。英語ではストレスを置く単語が、同じ間隔で現れて一定のリズムを刻みます。このリズムに乗って英語を話すことにより伝わり易くなります。よく小学校の外国語活動の授業で、「チャンツ」が使われています。これはストレスの置かれる単語を手をたたきながら強く読み、英語のリズムを身に付ける活動です。手をたたけば何でもよいというわけではありません。上で紹介した会話文を、下線を引いた太字を読む時に手をたたき、一定のリズムを保ちながら読んでください。さらに、イントネーションやストレスも意識してみてください。以前よりもずっと伝わり易くなるはずです。英語では1つの文の中でも、ストレスを伴ってゆっくりはっきりと読む語と、ストレスを置かずに素早く読む語を区別しながら発音することが大切です。

#### ④ 英語不安の軽減に向けて

最後は、いよいよ不安を軽減する方法についてです。研究者のHorwitz(1996)は「自らの外国語不安を自覚した上で、自身の外国語が完璧でなくても良しとし、さらにこれまでの自分の外国語における努力を認めること」

が大切だと、アドバイスしています。私たち日本人にとって英語は外国語です。何もネイティブ・スピーカーのように英語を使う必要はないのです。たとえ先生であっても、その外国語の学習者であり続けることには変わりません。それならば、英語が上手く出てこなくても、完璧でなくとも当然です。さらに、その外国語を使っての指導は、大変な努力を伴います。先生自身も、子どもたちと同じように英語の学習者なのだという気持ちで指導すれば、心理的な負担は大分軽減されるはずです。

加えて、次の3つ(成功体験、強みを生かす、英語表現を身に付ける)を実行してください。まずは、英語での成功体験です。これは実際に英語でのコミュニケーションを行い、「自分の英語が通じた」「相手の言っている英語がわかった」という体験をすることです。大人であっても、成功体験は自信につながります。そのためにも、学校に来るALTにとにかく英語で話しかけてください。週末はどんな予定があるか、小学校での授業は楽しいかななど、話題は何でも構いません。積極的に一步踏み出して、コミュニケーションをしてください。その中で、英語での成功体験を重ねることがとても重要です。

次に、先生自身の強みを英語の授業に生かすことです。小学校の先生方も、専門の教科や分野を持っています。また、趣味などもあると思います。それらの知識や技能を英語の授業に取り入れることで、英語を自分のフィールドで指導できるようになります。音楽が得意な先生が毎時間英語の歌を子どもたちと一緒に歌ったり、社会が得意な先生が世界の国々を毎回英語で説明したりしている例もあります。強みを生かして授業を組み立てることで、英語に対する不安も軽減されます。

最後に、やはり基本的な英語表現を身に付けることは必要です。昨年、私は小学校で担任の先生と一緒に1年間授業をしました。その先生は通勤途中の車の中で毎日英語のCDを聞いていました。流れてくる英語を口ずさみながら、車内で練習したそうです。その先生が「英語で

授業するというハードルは、越えてみると思ったほど高くはなかった」と言っていました。その先生は、決して英語が得意だったわけではありません。ただ、地道な努力を積み重ねたからこそ、ハードルは高くなかったと言えたのだと思います。授業で使う英語の表現は、それほど多くはありません。少しずつでも表現を身に付けていってください。そうすることで、不安は大きく軽減されるはずです。

まとめになりますが、教科としての小学校英語が成功するかどうかの鍵は、担任の先生方がどのように取り組むかにかかっています。子どもたちの英語学習のロールモデルとなるように、できる限り英語で授業に取り組んでください。不安を抱いている先生は、少数派ではありません。大部分の先生方が不安を持っています。その不安といかに向き合い、軽減する努力をしていかが重要です。是非、1人でも多くの先生方に、「ハードルは高くなかった」と感じていただきたいと思っています。

#### 引用・参考文献

- 文部科学省(2016)『今後の英語教育の改善・充実方策について報告』
- Nunan,D.(2011) *Teaching English to young learners.* Anaheim,CA: Anaheim University Press.
- Statista.(2017) *The most spoken languages worldwide.* Retrieved from <https://www.statista.com/statistics/266808/the-most-spoken-languages-worldwide/>
- 鳥飼玖美子(2011)『国際共通語としての英語』講談社
- Braine,G.(2010) *Nonnative speaker English teachers.* New York,NY: Routledge.
- Hann,L.D.,& Dickerson,W.B.(1999) *Speech craft.* Ann Arbor,MI: The University of Michigan Press.
- Horwitz,E.K.(1996) Even teachers get the blues. *Foreign Language Annals*,29,365-372.

# 上質の授業力(1)

～考えることを教える～

## PROFILE

**佐藤 学** さとう まなぶ (秋田大学教育文化学部教授)

1968年岡山県生まれ。奈良教育大学大学院教育学研究科修了。大阪市立小学校教諭、大阪教育大学附属池田小学校主幹教諭、関西国際大学教育学部准教授、秋田大学教育文化学部准教授を経て、2016年より現職。現在、中学校・高等学校の数学科教員を目指す学生の指導に携わっている。研究分野は数学教育学。現在の研究課題は、「発展的に考える算数・数学の授業モデルの開発」、「見積数と補数の考えによる計算に関する研究」。主な著書として、「算数の本質に迫る「アクティブ・ラーニング」」(共著、東洋館出版社、2016)、「小学校算数 授業力をみがく 実践編-達人から学ぶ算数道場-」(共著、啓林館、2015)。



## ① はじめに

全国学力・学習状況調査が実施されて以来、授業改善の取組は活発です。めあてとまとめの整合性、発表ボードを使ったペアやグループでの話し合いの設定、自己評価活動の充実など、様々な工夫がなされ、成果も上々です。

しかし、授業をよくしたいという思いは尽きません。せっかくですから、上質の授業を目指しませんか。私がお勧めする授業から考えてみましょう。

## ② 一般的な授業展開

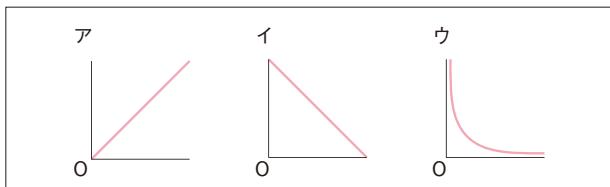
小学校第6学年「比例のグラフ」(1時間)の授業について考えます。次のような展開の授業が多いです。

- ①前時の学習を振り返り、反比例のグラフが未習であることを確認する。そして、学習課題「反比例のグラフについて考えよう」を設定する。
- ② $x$ と $y$ の値の組を求め、表に整理する。
- ③ $x$ と $y$ の値の組を表す点を方眼紙にとる。
- ④反比例のグラフの形状を示し、「反比例のグラフは、直線にならない」とまとめる。
- ⑤本時の学習感想を書く。

## ③ 上質の授業とその価値

私が参観した椎名美穂子先生(当時、秋田県潟上市立天王小学校教育専門監。現、秋田県総合教育センター指導主事)の上質な授業には、2つの工夫がありました。

1つ目の工夫は、反比例のグラフについてその形状を、児童が予想することです。ア～ウの3つが予想されました。

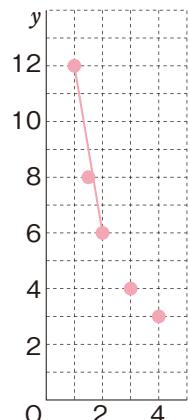


児童は、既に比例のグラフを学習しています。従って、比例と同じ形状になるのかどうかという意識をもち、主体的に学習へと取り組めます。算数・数学の学習は系統的といいますが、このような場面があることで、学習者自身が学習を発展的に考えていることを意識することもできます。

2つ目の工夫は、小数値を検討する意識とタイミングです。椎名先生は、まず $x$ の値が整数だけの表について考える場面を設定しました。児童が $x$ と $y$ の値の組を表す点をとった後、椎名先生は「点と点をどのように結びます

か」と問いました。すると、比例のグラフ、折れ線グラフの学習経験から、多くの児童が直線で結ぶと考えました。

椎名先生は児童の反応を正すのではなく、「2つの点を直線で結んでよいのだろうか」という児童の問い合わせを取り上げ、授業を進めました。2つの点を結んでよいのであれば、比例と同じように間の点が直線の上にあるはずです。児童は(1,12)、(2,6)の2点と、その間の(1.5,8)の点を取りました。そして、(1,12)、(2,6)の2点を直線で結んだところ、(1.5,8)の点は直線から少し外れてしまいました(右図参照)。そのとき、児童は、反比例のときは点と点を直線では結べないとつぶやき、納得していました。



このように展開しなくとも、反比例のグラフを提示するだけでも形状の特徴を理解することは可能かもしれません。しかし、「なぜ直線で結んではいけないのか」の答えになってしまいます。学習者が求めていることは、直線にならない理由です。この授業で行われた「考察の範囲を絞って調べる」という工夫のように、学習者の知識で解決可能な方法を用意することです。自ら考えたいことを見つけ、自らの意思で考え、解決を図る—学習者はこの上ない達成感を味わえます。

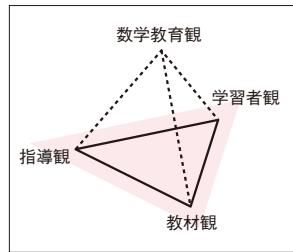
「予想をする」、「段階を踏んで考察する」という2つの工夫は、「算数・数学を考える」という営みにおいても必要です。「なぜ、その問題に取り組むのか」、「なぜ、その解決方法なのか」、「なぜ、そのように表現するのか」、「解決した後はどうするのか」—教師自身が算数・数学をどのようにすることが望ましいかを考えることから生み出される工夫なのです。

椎名先生は、反比例のグラフが $x$ 軸と $y$ 軸に触れないことについてどのように指導するかも思案されたそうです。比例のグラフは原点を通過すると指導してきたことから児童が疑問を持つことは当然予想されます。「 $\div 0$ 」は不

可能だからと片付けるのは簡単ですが、児童は納得するでしょうか。やはり、小学生に教えることは難しいのでしょうか。でも、その前に、曲線が $x$ 軸と $y$ 軸に決して触れることなく近づくって、不思議に思いませんか。—椎名先生は、「面積が $12\text{cm}^2$ の長方形で、縦の長さを順に変えていったときの横の長さ」という問題場面に立ち返ることを促しました。縦、横、どちらの長さでも $0\text{cm}$ になつたら長方形にならないことに気付きました。児童は新たな問い合わせを見いだし、自ら解決していました。

#### ④ 考えることを考える

右図は教授学的四面体<sup>\*</sup>と呼ばれるものです。授業についての議論は、教材観、学習者観、指導観の3つの視点を基盤にしますが、そ



の次元で平面的(図の着色部分)に留まつてはいけません。3つの視点を俯瞰してとらえる数学教育観が必要です。数学教育観は、教師の数学や教育に対する考え方を反映しますから、常に研磨することです。椎名先生は、授業の一つ一つの場面を取り上げ、同僚や研究者と意見を交わし、検討を重ねていました。「教えるしか方法はないのか」、「子どもが考えることはできないのか」と追究する椎名先生の語りが常にありました。

「私」という教師がフィルターとなって、子どもは算数・数学をすることを学びます。算数・数学をすることとは、考えること。ならば、どのように考えるのか。—このことを教師自身が日々考え、それを背景として教える営みこそが、上質の授業に行き着くのです。

※『日本における算数・数学研究授業の実施状況に関する調査研究』(西村圭一・他、2013)をもとに作成。

#### 参考文献

- ・佐藤学・他(2016)『算数の本質に迫る「アクティブ・ラーニング」』、東洋館出版社、pp.52-63

# 測ることと量の表現

～物理量=数値×単位～

## PROFILE

田口 哲 たぐち さとし (北海道教育大学教授(札幌校))

1968年北海道生まれ。

北海道教育大学卒業。北海道大学大学院理学研究科修士課程・同大学院地球環境科学研究科博士課程修了。博士(地球環境科学)。北海道教育大学講師、准教授を経て2011年より現職。

専門は物理化学、化学教育。著書に「理科教育学—教師とこれから教師になる人のために—」(東京教学社)、「解説実験書 新しい北海道の理科」(北海道教育大学)。



## ① 中学校理科での量の測定

中学校理科第1分野の授業は、何らかの物理量を実験で測定することを中心に進められます。例えば1年生では、物質の質量と体積を測定して密度を求めたり、ばねばかりを使って力の大きさを求めたりします。

この際、電子天秤に表示されたデジタルの数値を読み取ったり、ばねばかりの目盛りの数値を読み取ったりしますが、「量を測定している」という意識は希薄になります。さらに、



「未来へひろがるサイエンス1」p.130

中学校学習指導要領の「理科の目標及び内容」を見ても「測ること」そのものに焦点を当てた記述は見られません。しかし「測ること」と「単位を含む物理量の表現」には密接な関係があります。物理や化学で行われる計算を、形式的な操作に終わらせず「実感を伴った理解」につなげるには、これらの理解が欠かせないので<sup>1)</sup>。

平成27年度全国学力・学習状況調査(小学校理科・算数・中学校理科)の結果を見ると、量が関わる問題の正答率は低い傾向にあります。また、物理量の一つである圧力は中学生にとって理解が難しい量の一つで、その理解には単位を意識させた指導が必要だとする研究結果<sup>2)</sup>もあります。こういった状況を踏まえると、中学校の早い段階で「測るとは」「量とは」といった指導を理科の日々の授業で改めて行う必要があると思われます。

## ② 測定と物理量

実は、量の測定の原理を最初に直接的に学ぶのは理科ではなく小学校の算数です。現行の小学校学習指導要領(算数)には「量と測定」という領域が設定されており、そのねらいとして「身の回りにある様々な量の単位と測定について理解し、実際に測定できるようにするとともに、量の大きさについての感覚を豊かにする」と解説されています。例えば小学校1年で、机の天板の縦の長さと横の長さを、鉛筆の長さを基準として(鉛筆いくつ分の長さがあるかを)測定する活動が行われます。小学校2年の教科書では、いろいろなものの長さをクリップ

や1円玉などを使って調べる活動のあと、長さの単位cmが導入されています。



「わくわく算数2上」p.31

物理量の測定とは、それと同一の次元(量の種類)を持つ基準の物理量との比(の数値)、

測定対象の物理量／基準の物理量=数値

を求める操作です。例示した小学校算数での長さの測定も、この比の数値を求めていくことに他なりません。この基準を物理量の単位といいます。単位は、原理的には、測定対象の量と同じ次元を持っていれば何でもよいのですが、それでは人により単位(基準)がまちまちになり量の比較が困難です。そこで国際度量衡委員会は、世界で統一的に通用する国際単位系(SI)を1960年に採択し、7つの基本単位を定めました。

ここで上式の両辺に基準の物理量(単位)をかけると

(測定対象の)物理量=数値×単位

と変形できます。つまり測定の原理に基づいて、物理量は数値と単位の積で表さねばならないのです。ある物体の質量を「5 kg」と表記するのは(SIでは数値と単位の間に×を意味する空白を入れる約束があります)、5という数の傍に単にkgを添えているではありません。その質量はkg(国際キログラム原器の質量)の5倍、すなわち「5×kg」であることを物理量の測定原理に従って表現しているのです。

### ③ 物理量を意識した指導を

このように「物理量=数値×単位」の表現は測定の原理に基づいていますが、理科の授業や日常生活ではなかなか意識し難いものです。例外的に上皿天秤は、分銅の質量と目に見える形で比較し(国際キログラム原器の

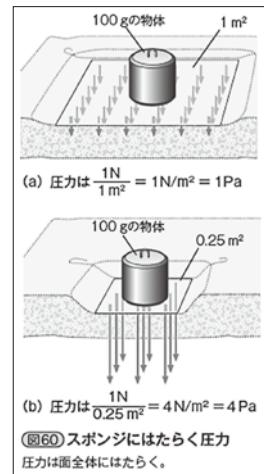
質量kgと間接的に比較し)測定対象の質量を求めますので、測定原理を意識しやすい測定器具です。一度は上皿天秤での質量測定を体験させた方がよいでしょう。

物理量の計算には注意が必要です。物理量の加減乗除でも、物理量は数値と単位の積として(単位をつけて)計算する必要があります。例えば、長方形の辺の長さが $a=5.0\text{ m}$ 、 $b=2.0\text{ m}$ である場合、その面積は

$$ab=5.0\text{ m} \times 2.0\text{ m}=10\text{ m}^2$$

と表現します。中学校理科の教科書でも、計算式中の物理量は一貫して数値と単位の積として表現されています(右図)。

なお算数では、主に数を扱う教科の特性上、量に関する計算(例:道のり=速さ×時間)では量から数値を取り出して数値のみで計算し、計算結果の数値に単



式中で単位つきの物理量(「未来へひろがるサイエンス1」p.219)

位を添える方法をとっています。この方法に生徒は慣れていますので、教師からの意図的な働きかけがなければ、「物理量=数値×単位」を意識した計算を身に付けるのは困難でしょう。「単位とは」「量とは」が教科書巻末の資料で解説されています。早い段階で活用して中学校理科で量について改めて指導する必要があると思います。

#### ● 単位のしくみ

単位とは、測定するときの基準となるもので、その何倍かで測定するものの大さを表すことができる。

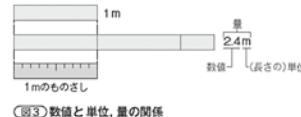
例えば、長さをはかるときは、1mのものさしを使って、長さがその24倍の物体の長さは2.4mであると表す。この場合、2.4mは、 $2.4 \times 1\text{ m}$ の意味である(図3)。

このように、「単位の何倍かを表す数値」×「単位」で表したものを量といいます。

単位には、「世界中で共通に使うしくみ(国際単位系)」が決められています。そこには、基本となるいくつかの単位(基本単位)がある(表1)。

表1 基本単位		
量	名前	記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
温度	ケルビン	K

● 分は min、時は h で表す。  
● 温度にはセルシウス温度(記号°C)とよばれるものもあり、中学校ではこれを使う。



「単位のしくみ」の巻末資料(「未来へひろがるサイエンス1」p.254)

#### 引用・参考文献

- 森川鉄朗、室谷利夫、上越教育大学研究紀要、19(1)67 (1999)
- 石井俊行、科学教育研究、39(1)42 (2015)

# 明石昆虫探検隊の活動

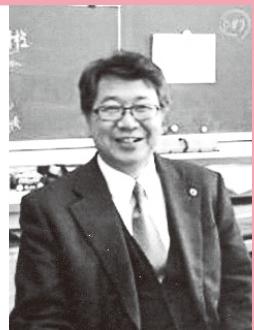
～足元の自然に積極的に関わろうとする子どもたちの育成をめざして～

## PROFILE

### 寺岡 錠平 てらおか じょうへい (兵庫県明石市立高丘中学校校長)

昭和56年度より、理科教員として、兵庫県明石市公立中学校に奉職する。明石市立衣川中学校校長を経て、平成28年度より明石市立高丘中学校に勤務。

明石市教育研究所【理科教材開発研究グループ】立ち上げ時からのメンバー。現在は既に定年を迎えており、経験豊富なたくさんの先輩方から、活動を共にする中で、本来専門ではなかった【生物】分野のおもしろさを教えていただいた。しかし、ライフワークは高校時代から吹いている【尺八】の演奏・教授で、都山流尺八の竹号を【憧山】といい、定年後も引き続き、日本の伝統音楽の伝承・普及にたずさわっていきたいと考えている。



## ① 明石市の自然環境

本市は、南に明石海峡を臨む、東西15.6km、南北9.4kmの細長い都市で、市の東部には日本の時間を決める基準となる、東経135度日本標準時子午線が通っています。瀬戸内式気候のため、各地にため池が点在していましたが、都市化とともに、ため池の埋め立てや田畠の宅地化が進み、自然環境が大きく変化しているのが現状です。

その中にあって、市街地の中心にある明石公園は、都市公園でありながら、広い面積を有し、湿地や雑木林などの変化に富む自然環境に恵まれ、さまざまな昆虫たちの貴重な生息場所となっています。



保護者同伴で昆虫採集と標本作りの体験活動を実施することで、保護者の啓発も兼ねて、子どもたちの自然に対する興味・関心を高めることができます。そこで明石市教育研究所の『理科教材開発研究グループ』の仲間が休日を利用して、12年前にこの活動をスタートさせました。『明石昆虫探検隊』と称して、市内の28小学校の3年生を対象に案内を出し、毎年約20組の親子が参加しています。

## ② 昆虫探検隊の活動

私たちを取り巻く自然環境や生活環境が大きく変わり、それに伴って子どもたちが昆虫に関わる機会も年々少なくなっています。しかし、本来、子どもたちの昆虫に対する興味・関心は強いものがあり、適切な指導により昆虫を通して自然や環境に対する理解が深まります。



多くの昆虫の活動が活発になる6月からスタートし、7月8月と各月一回ずつ、明石公園をフィールドとして活動します。午前中に採集した昆虫を、午後から展翅や展脚をして標本にします。そしてグループで作製・発刊したフィールド図鑑『明石の昆虫』を使って、自分たちで名前を調べ、標本ラベルを作製します。

その後、標本は十分に乾燥させ、翌月の活動日にグループで考案したパック標本に仕上げます。これは台紙とカット綿を入れたチャック付ビニール袋の中に、標本とラベルを入れて封入するものです。チョウやトンボなどの大型の昆虫には適しませんが、大半の昆虫はきれいに収まります。最後に名刺入れに整理し、A4ケースにまとめて、コンパクトな標本箱が完成します。百円ショップでそろいうような安価で手頃な材料を使うことで、家庭でも親子で標本づくりに取り組むことができます。



### ③ 保護者の声

活動後のアンケートから、一緒に活動してもらった保護者たちの声を紹介します。

- ・日頃からよく明石公園に行きますが、今回先生方にいろいろなことを教えていただきながら探検をして、視点が変わったように思います。特にハチに関しては、今まで怖いという印象しかなく、昆虫採集の対象ではなかったのに、息子たちは今夢中になっています。親子で楽しく参加することができました。
- ・日頃から虫好きな子どもたちですが、昆虫探検隊に参加することで、見慣れた虫でも細かく観察し、図鑑で調べたりすることでより新たな発見をすることができました。また命の大切さも学ぶことができたのではないかと思います。とても貴重な経験ができた

と思います。

- ・子どもが楽しそうにしている様子、本などで捕まえた虫の名前を一生懸命に調べたり、標本作りに真剣に取り組んだりという、ふだんあまり見られない様子を見ることができて良かったです。また「先生方に質問する」力もつき、貴重な体験をさせることができました。

### ④ まとめ

SNSやゲームなどバーチャルな世界での活動は、ますます子どもたちを自然から遠ざけています。こんな時代だからこそ、自然との直接体験が必要です。若い保護者も自然体験が十分ではない今日、小学校1,2年生での生活科や3年生での環境体験学習が重要になります。そして指導する先生方の力量が問われます。多くの先生方も、バーチャルな世界の遊びの中で育った世代であり、自然体験が少なく、昆虫を素手で触ることすらできない人も少なくありません。低学年の児童にとって、担任の先生から受ける影響は大きなものがあります。先生が変われば子どもたちも変わります。「聞いたことは忘れて、見たことは覚えて、やったことは理解して、見つけたものが身につく」といいます。先生自らが直接フィールドに出て、地域の自然を肌で感じることが大変重要です。今後は、小学校の若い先生方にもこの活動に参加してもらい、昆虫のおもしろさや地域の自然の奥深さに気付いてもらえたとを考えています。フィールドでの子どもたちの素晴らしい目の輝きに、言葉では伝えられないものを感じ取ってもらえることと確信しています。

グループの半数が定年退職を迎えてしましたが、足元の自然に積極的に関わろうとする子どもたちの育成をめざして、活動を続けていきたいと思います。

#### 引用・参考文献

- ・『明石の昆虫』理科教材開発グループ著  
(2007年) (明石市立文化博物館発行)

## 季節の科学トピックス

## 美しい花びらに、“ほう!”



©PIXTA

## PROFILE

## 田中 修 たなか おさむ (甲南大学特別客員教授)

1947年京都府生まれ。

京都大学農学部卒業、同大学院博士課程修了。スミソニアン研究所(アメリカ)博士研究員、甲南大学理工学部教授を経て、現職。著書は、「植物学『超』入門」(ソフトバンク・アイ新書)、「植物はすごい」「植物はすごい 七不思議篇」「都会の花と木」「雑草のはなし」「ふしぎの植物学」(以上、中公新書)、「ありがたい植物」「植物のあっぱれな生き方」(幻冬舎新書)、「フルーツひとつばなし」(講談社現代新書)など。



桜の花の季節が終わると、それに代わって、春の明るさを感じさせてくれる植物は、ハナミズキです。街路樹として、また、公園や家の庭の花木として、白色あるいは淡紅色の花を美しく咲かせる人気の高い樹木です。この植物は、原産地が北アメリカで、アメリカ合衆国バージニア州の「州の花」に選ばれています。アメリカから日本に来て、日本のヤマボウシに似ているので、「アメリカヤマボウシ」ともいわれます。英語名は、「ドッグウッド」です。この木の樹皮を煎じた汁が、イヌの皮膚病の治療に用いられたり、イヌのノミ退治に使われたりしたようです。イヌを飼うのに役立つ木という意味で、「イヌの木」という名前がついているのです。

この花が春の陽光を受けて大きく開く様子は、見る人々の気持ちを明るくしてくれます。でも、この植物には、時代の流れに翻弄された哀しい歴史があります。1910年代のはじめに、東京の尾崎行雄市長がアメリカのポトマック河畔などに咲くサクラの木を贈りました。その返礼として、ハナミズキは日本に贈られてきた植物なのです。

ですから、この植物は「日米親善を記念する木」であり、花言葉は「返礼」です。しかし、その後、不幸にも日

本とアメリカの間に戦争が勃発したため、「親善の木」どころか「敵国の木」として虐げられたのです。現在のように、その美しさが讃えられ、公園や家の庭、街路で植栽され、観賞されるよう広まってきたのは、近年のことです。

この植物が咲かせている明るい淡紅色の花を見ると、思わず「きれいな色の花びらだ」という言葉が出ます。でもそのようなとき、「それは花びらではないよ」と言われることがあります。その際には、その通りですから、感心するように「ほう!」と答えてください。教えてくれた人は、びっくりするはずです。

ハナミズキの花では、きれいに色づいているのは花びらではなく、「ほう(苞)」なのです。苞とは、本来、花の下の方につく小さな葉です。ハナミズキの本当の花は小さなツブツブです。その周りを色がついた大きな苞(苞葉ともいう)が花びらのように取り囲んでいるのです。

このように、「ほう!」という返事が使える植物、すなわち、苞が花びらのように目立っている植物は、そんなに珍しくはありません。例えば、ドクダミやミズバショウの白い大きな花の花びらに見えるのは苞です。また、ブーゲンビリアの派手な色の花びらに見えるのも、やっぱり苞なのです。