

鍵盤ハーモニカを分解しながら学ぶ理科学習 ～理科と音楽を融合した新しいカリキュラム～

沖花彰*

【要 約】

小学校で使う身近な楽器を使った中学校理科学習カリキュラムを開発し実践した。ほとんどの生徒が学んだことのある鍵盤ハーモニカを分解して、そのしくみを知るという学習を行った。小学校で慣れ親しんだ楽器がどのようなしくみで鳴るのかを調べるといふ点で、生徒に知的好奇心を持たせ、楽器の中に潜む理科の工夫に気づかせることで、理科が役に立つ教科であることを実感させることができた。また、分解しながらもののしくみを知るという学習は、生徒の科学的な思考力の育成に有効であると思われる。中学生や、小学校教員をめざす大学生に行った実践授業後のアンケートでは、新鮮で興味深かったという感想が多く見られ、内容面でも理解できた、面白かったという回答が8割に上った。

*京都教育大学教育学部

I. はじめに

国立教育政策研究所の小中学校教育課程実施状況調査¹⁾によると、生徒にとって理科は、調査した国語、算数(数学)、理科、社会、英語(中学のみ)の教科の中で「もっとも好きな教科」である一方で、「自分のふだんの生活や社会に出てもっとも役に立たない教科」であると思われている。学校での学習が身の回りのことがらや身近なことがらから離れているため、このような印象になっていると思われる。「理科離れ」の原因の一つもここにあると考えられる。そのようなことから、我々は生徒にとって理科が身近で役に立つ教科と感じられるよう、身の回りのことがらや身近なことがらと結びつけた理科学習カリキュラムを研究してきた。

特に理科が日常的なことがらの中においても、有用な教科であることを実感させるため、他教科の学習と結びつけた学習カリキュラムの開発に取り組んできた。これまでに体育と理科を結びつけ、中学校理科第1分野「力と運動」の分野の学習として、生徒自らが走る様子をビデオ撮影し、分析することから学習するカリキュラムを開発し、実践した²⁾。実際に自分の走る映像を1/60秒のコマ送り再生で見ながら運動を学習することで、理科学習が運動技能の向上にもつながったと答えた生徒は9割に上った。

続いて、本研究では理科と音楽を結びつけ、小学校で習った身近な楽器を使った、音や振動に関する中学校向けの理科学習カリキュラムを開発した。音の分野は身の回りの現象の一つとして中学校で真っ先に学習するが、生徒の理解は必ずしも十分ではない。前述の国立教育政策研究所の調査によれば、音学習の中で音の高低と振動数の関係の理解が弱い。(平成13年度通過率45.7%、平成15年度通過率52.4%)。音の高低は音楽の基本であるが、それが理科の振動数という概念と結びついていない。さらに高等学校での音や共鳴の学習になると、教師の予想する生徒の興味度や理解度は大きいのにに対し、実際の生徒のそれは低く、教師側の認識とはかけ離れている³⁾。

これまで、楽器や身の回りの音を取り入れた理科学習は数多く見受けられるが、実際に楽器を教材として使用し、そのしくみから発音原理を理解する学習はギター以外ほとんど見られないし、振動数を音階と関連付けたりするような学習カリキュラムは見られない。

その一方で、中学校で学ぶ音楽学習には理科的な要素が多く含まれている⁴⁾。音楽の基本である音階は振動数で考えれば規則正しい法則になること、民族楽器も含めたさまざまな楽器が鳴るしくみ、さまざまな音色と倍振動の関係など音楽学習には理科的に考えれば「なるほどと納得する」要素が数多く含まれる。しかし音楽の授業では楽器を演奏するときの「操作法」として教え、理科

授業ではそういうものに触れない。振動数が音の高さを決めるという理科の学習には、「1オクターブ高くなることは振動数が倍になること」など、音楽教育で扱われている内容も扱われていないのである。理科学習が「理科」の枠組みの中でしか展開されないことに原因があると我々は考える。

以上のような背景を踏まえ、本研究では理科教員が音楽教員と協力して、小中学校で学ぶ音楽学習と強く関係付けられた理科学習カリキュラムを開発し実践した⁴⁾。本論文では、その中で鍵盤ハーモニカとハーモニカを分解しながらそのしくみを理解する学習について報告する。

II. 開発したカリキュラムのねらいと学習の流れ

実験テーマ：「鍵盤ハーモニカはどうして鳴るの？」

鍵盤ハーモニカは小学校で必ず学習する音楽教材であるにもかかわらず、ほとんどの生徒はそれが鳴る原理を知らず、音源が何かも知らない。一方、中学校理科の学習指導要領では、音は物体の振動によって生じることを見出させる、とある。

そのため、はじめに自由に演奏させてみてどうして鳴るのかを予想させる。

次にケースおよび内ぶたを開ける。ドライバーで簡単に分解できる。比較的わかりやすいしくみになっていることから、分解しながらものの振動と音の発生や音階について、調べて理解するのに適した教材である。音の発生の学習という点では、リードの振動をそのまま観察したり、触って感じるができる。ここでは、予想した事と異なる構造が見られるので、生徒に新たな問題意識を持たせることが期待できる。

ただ、分解した中を一見しただけでは生徒は鳴るしくみを理解できない。そのため順序を追って、生徒が鳴るしくみを自分で探究しながら発見・理解できる補助実験を行う。

①音階と鳴るものの関係(音階の半音ごとに一つ一つのリードがついていること)を理解するために、リードをピンセットではじいてドレミファソラシドを鳴らす。

②リードが空気の流れで振動することに気づくために、ストローで吹いてリードを鳴らす。鍵盤を押す操作が空気を流すときの出口を開けることに気づく。

③パイプを差し込み、吹いてみて空気の流れがどうなっているかを考える。内ぶたとゴムのパッキンでパイプから送る空気を逃がさないようにしていることに気づく。

これらの実験では、生徒自らが試行錯誤しながら鳴るしくみを発見・理解する過程が重要なので、原則として教師は方法や指示を与えない。ただ、②のストローで吹いてリードを鳴らすところでは、鍵盤を押しながら吹くことに誰も気づかない場合、「鍵盤ハーモニカはどうやっ

て音を出すでしょう？鍵盤を押さないと音はでません」と演奏法を思い出させることで気づかせる。

一通り実験を終えたら教師は補足説明をする。

①では1オクターブの音階が半音 12 個できていて振動数が倍になっていることを教える。例えばラ (A) が 440Hz と与えるとすべての音階の振動数がわかること (12 音平均律の場合) についても触れる。

②では鍵盤を押すと奥が開くことを確認させ、空気の通り道ができて空気が流れ、リードを振動させていることを理解させる。ここでリードの上下どちらかの面を空気が流れることで、リードの上下に気圧の差ができ振動することに簡単に触れる。飛行機の揚力やボールの回転などを例にあげるとよく理解できるようである。

③では内ぶたまで含め、鍵盤ハーモニカの中のひとつの「部品」がすべて大事な役割を担っていることを実感させる。

鍵盤ハーモニカに続けてハーモニカを調べる。現在の小学校の音楽ではハーモニカを学習することは少なく、演奏したことのない生徒が大半である。そこでまず、④吹いたり吸ったりして鳴らすハーモニカ特有の演奏法を学び、自分で演奏する。⑤ねじをゆるめてふたを開ける。振動するものが鍵盤ハーモニカと同じリードであることがわかり、どちらも同じ「ハーモニカ」であることを理解する。リードのつき方が交互になっていることから空気の流れとリードの振動の関係をあらためて理解する。⑥吸って鳴らしたとき、対応するリードの奥側が振動することを目で見たり指で触って確かめる。⑦最後に鍵盤ハーモニカとハーモニカのリードを比べて、鍵盤ハーモニカのリードは一部長さが変わっていないこと、その代わりにリードの先に金属片が貼ってあることに気づく。リードの重さを変化させて音階を変えているという楽器の工夫を知る。重さと振動数の関係は、補助的におもりの軽重とバネの振動を比較して見せると理解が得られやすいと思われる。

<準備するもの>

鍵盤ハーモニカ、ハーモニカ、ストロー、ピンセット、ドライバー

<授業の流れ>

1. 鍵盤ハーモニカを演奏して、鳴る原理を予想する。



図1. 鍵盤ハーモニカの演奏方法を確認する

2. 鍵盤ハーモニカを分解する。(ドライバーで簡単にケース、内ぶたを外すことができる。)

→後で元に戻すことを考えながら分解させる。ねじをなくさない、分解する順序を覚えておく等の指示をする。リードを見て音源に気づかせる。



図2. 裏返して4ヶ所のネジをはずす



図3. 内ぶたをはずす

3. ピンセットでリードをはじいてドレミファソラシドを鳴らす。(授業では安全性を考えてプラスチック製のピンセットを使用した。)

→半音ごとにリードがついていること、リードの長さの違いが音の高低をつくっていることに気づかせる。



図4. ピンセットではじいてドレミファソラシドを鳴らす

4. ストローで吹いてリードを鳴らす。

→空気の流れがリードを振動させること、鍵盤を押さないと鳴らないこと、鍵盤を押すとどうなるかを観察させ、鍵盤を押す意味 (空気の通り道を作る) に気づかせる。

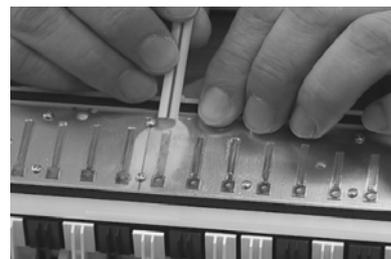


図5. 鍵盤を押しながらストローで吹く

5. 通常演奏するときを使うパイプを使って吹いてみて空気の流れを調べる。

→パイプからの空気がもれないよう内ぶたやパッキ

ンがあることに気づかせる。鍵盤を押すことで対応するリードに向かう空気の流れを作ることによって気づかせる。

6. 吹くと吸うを交互に繰り返すハーモニカの演奏法を学習した後、ハーモニカのしくみを予想する。(ハーモニカは小学校で学習することが少なく、その演奏法を知らない生徒が多いのでその学習も行う。)
7. ハーモニカを分解する。
→リードが互い違いについていることと、ハーモニカの吹いたり吸ったりする演奏法(空気の流れる向き)とが対応していることに気づかせる。
8. ハーモニカと鍵盤ハーモニカを比較しながら、リードの長さや音の高低の関係を確認する。
→鍵盤ハーモニカのリードの長さが変わっていない部分があること、長さの代わりに重さが変わっていることに気づかせる。

III. 授業実践

上記の授業の流れをもとに授業実践を行った。

(1) 教員養成系大学での授業実践

① 実施日時

平成 18～20 年度小学校教員免許必修科目「小学校教科内容論(理科)」のうち 45 分。

② 対象者

京都教育大学教員養成課程小学校教員免許取得希望者。理科専攻以外の主として 1 回生で、高校物理 I 以上の履修者は全体の 1/4 程度である。毎年 8 クラス(1 クラス 30～36 名)を 3 年間行った。受講者は全体で H18 年度 270 名、H19 年度 224 名、H20 年度 216 名であった。

(2) 中学校選択理科での授業実践

① 実施日時

平成 18 年 7 月、平成 20 年 5 月理科の選択学習のうち 50 分。

② 対象者

京都教育大学附属京都中学校 2～3 年生。H18 年度 38 名、H20 年度 35 名。

(3) 中学校選択音楽での授業実践

① 実施日時

平成 19 年 9 月音楽の選択学習のうち 50 分。

② 対象者

京都教育大学附属桃山中学校 2～3 年生 18 名。

(4) 中学校通常理科クラスでの授業実践



図 6. 理科 1 年生クラスでの授業風景

① 実施日時

平成 20 年度 9 月理科授業通常の音学習の最後 50 分に行った。

② 対象者

京都教育大学附属桃山中学校 1 年 4 クラス。それぞれ 41 名、41 名、40 名、16 名。

IV. 授業実践結果

授業の様子は中学生、大学生、クラスや学年の違いにあまりよらず同じような反応であった。

鍵盤ハーモニカがどうして鳴るかを予想させたところ、パイプを口にくわえて吹くので、内部に、管楽器やリコーダがたくさんあるイメージをもつ者がいたり、鍵盤があるのでピアノのように中に弦があると予想する者がいたり、さまざまであった。それぞれの音階に対応して、リードと呼ばれる小さな金属板がついていると考えるものは、どの実践授業でもほとんどいなかった。

少数ではあったがドライバーでねじを締めたり緩めたりしたことのない生徒や学生がいた。ねじを締めすぎてねじを折ったり、ケース(プラスチック製)のねじ山をつぶす者もいた。日常生活でのこういった体験が乏しいと考えられる。

ピンセットでリードをはじく実験は、はじめはドの位置や全音や半音を意識せず端から順にはじく者もいたが、鍵盤の位置は大学生でも覚えていて何回か試行錯誤するうちに全員できた。

ストローを使ってリードを鳴らす実験は、ストローでリードの浮いている側に向かって平行に空気をあてればいいことにすぐ気づく生徒や学生は各クラスで 1～2 割であった。側面のパイプ差し込み口にストローをあてて吹いてみたり、リードの上面や反対側から吹いてみたりする生徒や学生がいた。また正しく吹いていても鍵盤を押しながら吹くところまで考えることができなかった。そこで 5 分程度試行錯誤させてから、II で述べたように演奏法を思い出させて鍵盤を押さえながら吹かないと鳴

らないことを指示した。成功する者が出てくると、学習者同士教えあひながら全員鳴らすことができようになった。

授業実践を行った後の大学生（710名）のアンケート結果の一部を図7に示す。受講生の9割が分かった、面白かったと答えた。また76%が、自分が教師になったら授業でやってみたいと答えた。「授業を受ける前に比べて物理が好きになったか」と言う問いに対し、「すごく好きになった」が15%、「まあ好きになった」が60%もあった。

各中学校での授業実践後に行ったアンケートの結果をまとめて図8～10に示す。図8は授業の理解度、図9は

興味度、図10は学習の効果に関する自己評価である。全体を平均するとおよそ8割の生徒が理解できた、面白かったと答えた。また音の分野の理解度は8割近くの生徒がそれまでより上がったと答えた。

1年生普通クラスは選択理科（2・3年生）に比べて理解度、興味度ともに高かった。当初、必修授業と選択授業の違い、クラスの人数がやや選択授業のほうが少ないことなどを考えると選択理科のほうが実践の効果があがるものと予想していたが、反対の結果となった。これは、普通クラスは通常の音学習の最後に行ったことで学習とのつながりが明確であったからだと推測される。また選択理科に比べて選択音楽のクラスのほうが理解度、興味度ともに高かった。クラスの人数が選択音楽のほうが少ないという授業形態や、調査が1回であるというので一概には言えないが、音楽に興味関心を持つことが理解につながることを示唆している。特に選択音楽ではおもしろくない、分からないといった否定的な感想がないのに対して、若干ではあるが選択理科や通常クラスのほうには見られた。

次に、授業を受けた中学生や大学生の主な感想を列挙する。なお、感想は原文のまま記した。

- ・理科と音楽が合わさっているところにへえーと思った。
- ・そもそも鍵盤ハーモニカの中がどうなっているかなんて考えたこともなかった。

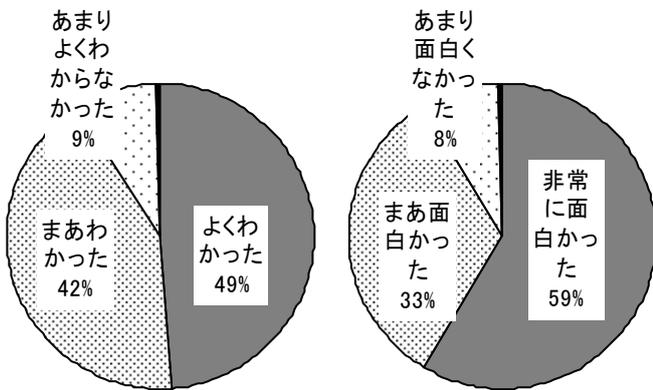


図7. 大学生アンケート 左：理解度，右：興味度

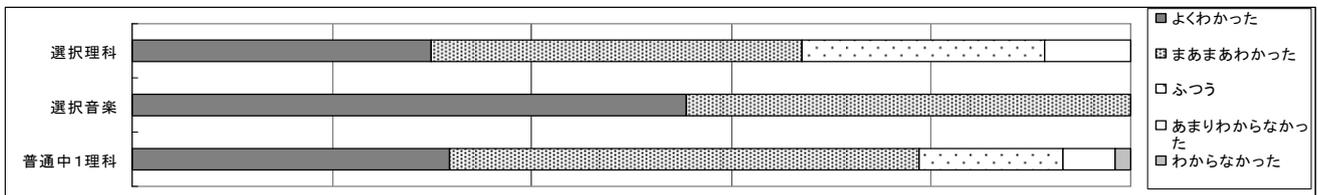


図8 授業後アンケート「授業はわかりましたか」

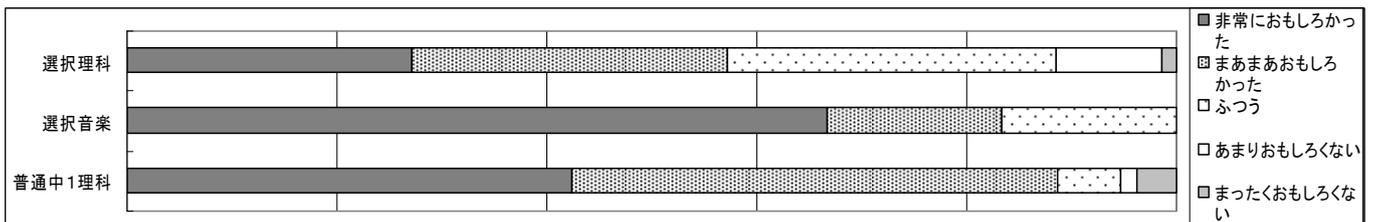


図9 授業後アンケート「授業に興味を持ちましたか」

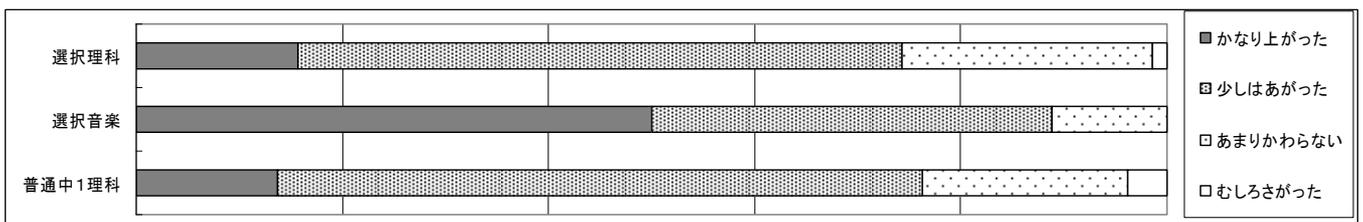


図10 授業後アンケート「音の分野の理解度はあがりましたか」

- ・普段分解ということはできないので楽しかった。
- ・しくみを知ると面白くなった。
- ・楽器の音の出し方に興味を持った。
- ・授業では振動するということばだけだったけれど今回は何が振動しているかが知れた。

鳴るしくみを知ったことで音の理解が深まったという感想と、分解することが楽しかった、面白かったという意見が多かった。音の鳴るしくみに興味をもった感想には他の楽器のしくみも知りたくなったという意見もあった。また、生徒にとって日常的に何かを分解することはほとんどなく貴重なことを体験できてよかったという感想もあった。分解してみた感想は、意外に単純な構造をしているという意見と、結構細かいしくみだと思ったという意見と、両方あった。またこういう授業はあまり経験が無いようで「初めはただの遊びやと思っていたけど、やってみると理科だなと思った。」という意見もあった。

V. まとめ

身近な楽器を分解して、鳴るしくみを知る学習は、生徒に新鮮で興味を持たせる授業として効果があった。特に、ほとんどの生徒は「ものを分解する」という経験がなかったが、鍵盤ハーモニカはねじをはずして中身を調べていくというプロセスが容易でかつ分かりやすいので、教材として適していることが分かった。また楽器に含まれるさまざまな工夫に気づかせることができ、理科を身近なものとして実感させることに効果があった。

全体としては理科学習に興味を持たせ、かつ理科が役に立つ教科であることを実感させることができたと思われる。

この学習は、新学習指導要領の改訂の基本的な考え方として、平成 20 年 1 月の中央教育審議会答申の中で述べられている理科の改善の基本方針にも適合する⁵⁾。

①「・・・子どもたちが知的好奇心や探究心をもって、自然に親しみ、目的意識をもった観察・実験を行う・・・」という点については、小学校で慣れ親しんだ楽器がどのようなしくみで鳴るのか、「そんなこと今まで考えたこともなかった」という感想が多く見られたように生徒は非常に新鮮な関心を持って取り組んでいた。

②「理科の学習において基礎的・基本的な知識・技能は、実生活における活用や論理的な思考力の基盤として重要な意味をもっている・・・」という点では、生徒は身近な楽器の中にこのような理科の工夫が潜んでいることを実感していた。

③「科学的な思考力・表現力の育成を図る・・・」については、楽器を分解してそのしくみをいろいろ試しながら理解する学習は生徒の考える力を育てることに効果があったと思われる。

このように日常接してきたものであるがゆえに、新鮮さと意外さを持ち、理科が身近な存在であることを実感することができる。ていねいに見ていくと、さまざまな楽器の中に含まれる工夫を知ることができ、最先端科学とは違った人間の知恵に感動する。中学生でも十分しくみのわかる教材で学習効果が高い。生徒全員がすでに持っている教材という点でも学校での学習に適している。

さらに新しい音楽の中学校学習指導要領⁵⁾では、「表現と鑑賞の活動の支えとなる指導内容を共通事項として新設、音や音楽を知覚し、そのよさや特質を感じ取り、思考・判断する力の育成を一層重視すること」としている。具体的には「様々な楽器がどのような発音原理や構造上の特徴をもっているかといった点を押さえ、それらを生かすことが大切となる。」とし、楽器の原理やしくみを知る学習も位置づけられている。こういった点でも音楽と理科をもっと結びつけたこのような学習が求められている。

本研究は平成 19-20 年度科学研究費補助金（共同分担者大澤弘之、川口容子、笹野恵理子）によるものである。

（科研費課題番号 19530808）

最後に、この調査に協力していただいた京都教育大学附属桃山中学校教諭の藤原みつる先生、正田勇先生、同附属京都中学校教諭の池本博行先生ならびに被験者の京都教育大学学生のみなさん、京都教育大学附属桃山中学校ならびに附属京都中学校生徒のみなさんに感謝いたします。また教材開発の段階から多大な協力をいただいた京都教育大学職員の高木亜里子さんに厚く感謝します。

引用文献

- 1) 国立教育政策研究所:「平成 13, 15 年度小中学校教育課程実施状況調査」
- 2) 沖花彰:「理科と体育を融合した新しいカリキュラム」, 近畿の物理教育, Vol.12, pp.6-11, 2006, 日本物理教育学会近畿支部
- 沖花彰他 6 名:「中学校校における理科と体育を融合した新しいカリキュラム開発の研究」, 平成 15-16 年度 科学研究費補助金基盤研究 C(一般)研究報告書, 2005
- 3) 国立教育政策研究所:「平成 14, 17 年度高等学校教育課程実施状況調査」
- 4) 沖花彰他 3 名:「中学校における理科と音楽を融合した新しいカリキュラム開発の研究」, 平成 19-20 年度 科学研究費補助金基盤研究 C(一般)研究報告書, 2009
- 5) 文科省 HP: 中学校学習指導要領解説理科及び音楽
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/youryou/chukaisetsu/index.htm

Summary

The science lesson investigating the mechanism of a Keyboard Harmonica
by disassembling it

~Developing a New Science Lesson through Music~

Akira OKIHANA

Kyoto University of Education

A science lesson using a familiar music instrument was developed and practiced in the lower secondary school. The lesson consisted of investigating the mechanism of a Keyboard Harmonica by disassembling it. This investigation of a musical instrument that most students had used regularly excited their intellectual curiosity. Noticing the scientific devices included within the Keyboard Harmonica helped students feel the benefits of the study of science for real life. Lessons in which students study the mechanism of an object by disassembling it help raise their logical thinking power. On the questionnaire given at the end of the lesson, many students reported that they were impressed by the freshness of the lesson, that the lesson was interesting, and the lesson was easy to understand.