

システム・エネルギー概念形成のための授業構成：
小3年「物質とエネルギー」領域の実践を通して

| | |
|-------|--|
| メタデータ | 言語: Japanese 出版者: 公開日: 2017-10-03 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 吉田, 貞介, カリキュラム開発研究グループ, 押野, 市男, 富澤, 知明, 濱田, 昌博, 中川, 隆博, 山下, 良夫, 桜雅, 弘, 桑田, 暢子 メールアドレス: 所属: |
| URL | http://hdl.handle.net/2297/24806 |

システム・エネルギー概念形成のための授業構成

—小3年「物質とエネルギー」領域の実践を通して—

吉田 貞介*・カリキュラム開発研究グループ**

1. はじめに —前年度までの研究

未来志向の新しい理科教育の概念や自然観を究明するための材料として、アメリカのホウトンミフリン社の教科書を選んだ⁽¹⁾。それは、大阪市立大学の佐藤三郎氏によれば、ホウトン教科書は「主調を地球的課題において学際的アプローチにより「基本的概念」を選び出し、「探究の過程」で教える特徴をもっている」からである。

このホウトン教科書の内容は4領域からなっているが、大きくは2系統になると思われる。1つは、環境観の確立ということで、エネルギー、エコロジーの面から概念形成をねらっており、もう1つは、パターン、モデルで自然を見る能力をつける系統である⁽²⁾。我々が関心を持ったのは、コンセプト・プロセスチャートのキーコンセプト、C領域「変化と相互作用は普遍的である」であった。

下位目標の系統は表-1のようにになっている。このC領域に関心を持ったのは、以下の3つの理由による。

1つは、地球的課題であるエネルギー問題、環境問題に真正面から取り組んでいる点。

2つ目は、変化—相互作用—システム—パターン—モデルという自然の見方につながる基本的概念を系統的につけようとしている点。

3つ目には、指導要領の内容と合致する「音・熱・電気」「エネルギー変換」がある点。

そして、C領域の低学年から中学年にかけての系統をみる中でホウトン理科の素晴らしさに気づいた。それは、変化—相互作用—システムといった概念を育てる中でエネルギー的な見方をつけようとしている点であった。わが国の理科に多く見られるような、概念的な見方を育てるための系統もなく、また、バラバラで末梢的知識の理解に終始する学習ではない。ホウトン理科では系統的にシステム概念を育てる中でエネル

表-1 ホウトンミフリン教科書 C領域の下位目標の系統

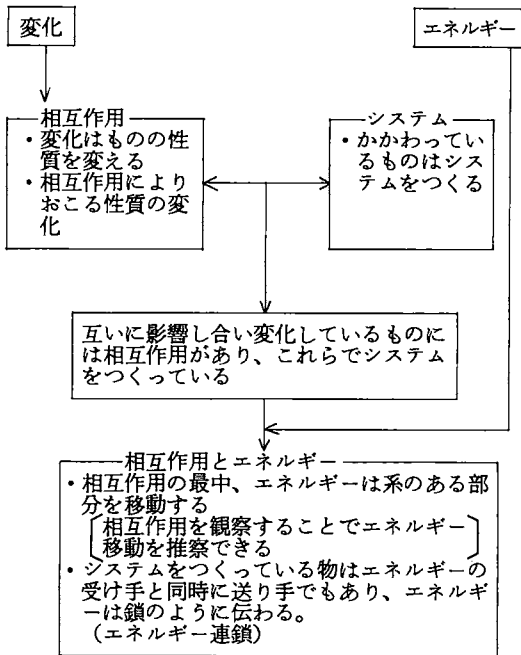
| 1 年 | 2 年 | 3 年 | 4 年 | 5 年 | 6 年 |
|---|--|---|--|---|---|
| 変 化 ・変化の具合 ・見慣れた変化 ・あらゆる所での変化 | 相 互 作 用 ・相互作用 ・システム ・時間と相互作用 | エ ネ ル ギ ー ・相互作用 ・エネルギー ・エネルギーを探索す | エネルギーの調 査 ・音のエネルギー ・熱のエネルギー ・電気エネルギー | 物 質 と エ ネ ル ギ ー ・エネルギーの変換 ・物質の変化 ・システムの変化 | エネルギーと生態システム ・生態システムの観察 ・資源問題 ・エネルギーの賢明な使い方 |

* 吉田 貞介 金沢大学教育学部
 ** 押野 市男 石川県教育センター
 富澤 知明 金沢市立西南部中学校
 濱田 昌博 金沢市立材木町小学校

中川 隆博 金沢市立三馬小学校
 山下 良夫 金沢市立森山町小学校
 桜 雅弘 金沢大学教育学部大学院
 桑田 暢子 金沢大学教育学部大学院

ギー的な見方の基礎的概念を形成し、しかも、その先が地球的課題解決への足がかりへと向いている点に大きな魅力を感じる。そこで、ホウトン理科のシステム・エネルギー概念形成の関係を分析してみた。それが図-1である。

図1 ホウトン理科のシステム・エネルギー概念



57年度末、私たちはわが国の理科に取りこんだ形で、このシステム・エネルギー概念の育成をはかるカリキュラム開発に着手した。なお、対象学年は、「物質とエネルギー」領域が4単元もあり、集中的に見方が訓練できることから、小学校第3学年とした。57年度は、その4単元のうちの1つ「じしゃく」単元の構成を以下のことに留意して行った。

◇エネルギー的な見方としては

- 磁力をエネルギー源としてとらえ、磁石のエネルギー所在を見つける。
- エネルギーならパワーアップできるとし、その仕方を取り入れる。
- 磁石に金物がついているのを、エネルギー連鎖として位置づける。

◇システム概念としては

- 2つの磁石の引斥作用を「変化-相互作用」としてとらえる。

そして、以上2つの統一的な見方、すなわち、◇システム・エネルギー概念としては

- 磁石に金物がつくエネルギー連鎖の現象を相互作用的に見れる。

以上のとらえ方が子どもに可能であるかを授業を通して検証した。その結果、エネルギー的な見方は期待したほどよくなかったが、相互作用的な見方は動作化、イラスト化による成果のためか良好であった。

2. 研究の目的

58年度は、57年度の「じしゃく」単元の試行を受け、小学校第3学年の「物質とエネルギー」領域の4単元をシステム・エネルギー概念にもとづいてカリキュラム編成することにある。該当する4単元は「じしゃく」「空気でっぽう」「光あつめ」「風車」である。

具体的な研究目的は、以下の3つである。

- ① 該当4単元の1つ1つではどのようなシステム・エネルギー概念を育てたらよいか。
- ② 該当4単元を通して、どのようなシステム・エネルギー概念が形成可能か。
- ③ 該当4単元によるシステム・エネルギー概念形成のためのカリキュラムを開発する。カリキュラム開発に当っては、学習材、学習ノート等も含めたセット化の考え方を導入する。

3. 研究の方法

1 手順

以下の手順にしたがって研究を行った。

- ① 形成すべきシステム・エネルギー概念の分析、設定
- ② 該当単元における育成すべきシステム・エネルギー概念の設定と単元名の変更
- ③ 該当単元の実践順の決定
- ④ 単元展開アプローチの吟味

表-2 該当各单元ごとのシステム概念とエネルギー概念

| 单元名 | システム概念 | エネルギー概念 |
|----------|--|--|
| じしゃくのきょく | ・磁石と鉄、磁石と磁石は互いに力をおよぼし合っ変化をおこす。(相互作用) | ・磁石はエネルギーを持っている。 ・磁石のエネルギーは極在している。 |
| 空気 | ・相互作用の連続で前玉が飛ぶ(システムとその要素) ・空気と水の性質のちがい(システム内の要素の変化)で相互作用の大きさがちがう。 | ・エネルギーは物を媒体として伝えられる。 ・空気はかさかえて、エネルギーを蓄積する。 |
| 光あつめ | ・鏡やレンズは光のエネルギーを集めるシステムである。 | ・光はエネルギーである。 ・鏡の数や虫めがねの大きさによって集められるエネルギーの量がちがう。 |
| 風車 | ・風の強さによって、相互作用の大きさがちがってくる。 | ・風はエネルギーをもつ。 ・風の強弱によって風車を回すエネルギーの大きさがちがう。 |

表-3 新しい单元名と変更理由

| 旧单元名 | 変更の理由 | 新单元名 |
|------|--|-------------|
| じしゃく | ・変化-相互作用の見方を育てる。 ・2つの磁石のかかわりが学習テーマの1つである。 | 2つのじしゃく |
| 空気 | ・前玉が飛ぶのは手のピストンを押す力がシリンダー内の空気を押しちぢめ、もとにもどろうとする力による。 ・システムの見方でエネルギー変換をとらえる。 | 空気と水のかさと力 |
| 光あつめ | ・エネルギー源としての光を集める展開となる。 ・光集めのシステムづくりが学習の中心となる。 | 光あつめ(変更しない) |
| 風車 | ・風の力を動力源にして、いろいろな目的の仕事させるシステムを作り出すことを発展的にできる。 | 伝わる風の力 |

枠組でおこなった。そして、4つの各单元ごとにホウトン理科の概念に基づいた重要性と、教科書分析からの頻度により、重点化、精選をし、形成すべきシステム・エネルギー概念を設定した。それをまとめたのが表-2である。

そして、单元名は、表-3の理由により、右

欄のように変更した。旧单元名を新单元名に移行することにより、理科教育の新しい方向性がいくらか明確になるものと思われる。

(3) 該当单元の実践順の決定

これまでに、該当4单元には、それぞれ育成に適切なシステム概念、エネルギー概念があることを述べた。すなわち「2つのじしゃく」では「相互作用」の見方、「空気と水のかさと力」では「システム」「エネルギー変換」の見方、「光あつめ」では「エネルギー源」と「その集中・コントロール」、そして、「伝わる風の力」では「エネルギー源・コントロール・エネルギーチェーン」である。

実践順は大きく、エネルギー概念の育成を先にするか、システム概念を先にするかに分けられる。今回は、システム概念を先に育成し、その見方にエネルギー概念を挿入し、統合されたシステム・エネルギー概念の形成へというアプローチをとった。これはホウトン理科のシステム・エネルギー概念形成と同じアプローチになる。

その理由は单元展開を「変化-相互作用-システム」の見方を先に育て、その後にエネルギー的な見方を育てる方法とするならば、3年生の段階でも「エネルギー連環」をシステム概念にもとづいたとらえ方でできるのではないかと

図4 单元の実践順と育成する中心概念

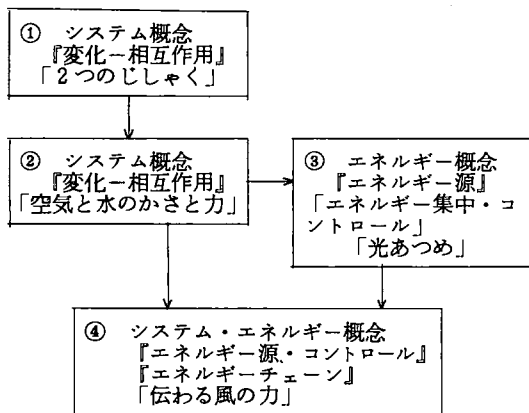


図5 該当単元の展開アプローチ

| 単元 | エネルギー概念 | システム概念 | 単元展開 | |
|-----------|--|---|---|---|
| | | | 次と内容 | 次の概念 |
| 2つの磁石 | <ul style="list-style-type: none"> 磁石はエネルギーをもっている 磁石のエネルギーは極在している | <ul style="list-style-type: none"> 磁石と鉄、磁石と磁石は互いに力をおよぼし合って変化をおこす。(相互作用) | 1次 磁石と金物とのかかわりあい 2次 磁石と磁石のかかわりあい 3次 磁石の力の強いところ、弱いところ 4次 磁石の方位 5次 磁石をつくらう | <pre> graph TD A[事前訓練-変化のとりえ方] --> B[磁石と金物の相互作用] B --> C[2つの磁石の相互作用] C --> D[磁石のエネルギーの極在] D --> E[磁石と地球の相互作用] E --> F[相互作用と磁石] </pre> |
| 空気と水のかさど力 | <ul style="list-style-type: none"> エネルギーは、物を媒体として伝えられる 空気は、かさかえてエネルギーを蓄積する | <ul style="list-style-type: none"> 相互作用の連続で前玉が飛ぶ(システムと) (その要素) 空気と水の性質のちが(システム内の要素の変化)で相互作用の大きさがちがう | 1次 玉をとばそう 2次 物のようすの変化と力の伝わり方 3次 空気のかさの変化と力 4次 水のかさの変化と力 | <pre> graph TD A[事前訓練-エネルギーチェーンの見方] --> B[空気でっぼう遊び] B -.-> C[押した力の伝達システム要素調べ] C --> D[押した力の空気の弾性への変換] D --> E[空気の弾性(エネルギー源の発見)] E --> F[エネルギーの移動] F --> G[押し棒] G -- 押す --> H[後玉] H -- 押す --> I[空気] I -- もとにもどろうとする --> J[前玉] J -- 前玉をとばす --> K[前玉] </pre> |
| 光あつめ | <ul style="list-style-type: none"> 光はエネルギーである かがみの数や虫めがねの大きさによって集められるエネルギーの量がちがう | <ul style="list-style-type: none"> かがみやレンズは光のエネルギーを集めるシステムである。 | 1次 太陽は暖かさで明るさのエネルギー源 2次 日陰にエネルギーをもってくる 3次 もっとたくさんのエネルギーを集めよう 4次 太陽のエネルギーで物を動かそう 5次 虫めがねでエネルギーをあつめよう | <pre> graph TD A[エネルギー源の発見] --> B[エネルギー移動システム] B --> C[エネルギーアップシステム] C --> D[仕事をさせるシステム] D --> E[システムの改良] </pre> |
| 伝わる風力 | <ul style="list-style-type: none"> 風はエネルギーをもつ 風の強弱によって風車を回すエネルギーの大きさがちがう | <ul style="list-style-type: none"> 風の強さによって相互作用の大きさがちがってくる | 1次 風はエネルギー源 2次 エネルギーをうまく受けよう 3次 風車をはやく回そう 4次 風のエネルギーでものを動かそう 5次 力のつよい風車を作ろう | <pre> graph TD A[エネルギー源の発見] --> B[風のエネルギーをうまく受けとるシステム] B --> C[エネルギー源の変化による受け手の変化] C --> D[仕事をするシステムづくり] D --> E[エネルギーを多く受けとるシステムづくり] </pre> |

考えたからである。

単元の実践順と主要な概念を図示すると、図-4のようになる。

(4) 単元展開アプローチの吟味

4つの単元は大きくシステム概念育成型とエネルギー概念育成型とに分けられる。

そのため当然2つのタイプの単元展開のパターンは違ってくる。

システム概念育成型の単元展開パターンは、変化を観察させたうえで、かかわっている要素を明確にし、変化を相互作用的にとらえさせる。その中でエネルギーの所在を見つけさせたり、変換といった見方も育てる。一方、エネルギー概念育成の色彩の濃い単元では、エネルギー源を見つけさせ、そのエネルギーを移動させたり、仕事をさせるシステムづくりへと発展させる。この2つの展開のタイプをもとに、4つの単元展開アプローチを考えた。(図-5参照)

・「2つのじしゃく」単元では、「相互作用」の見方を育成することになっている。教科書の展開に従うと、相互作用の見方は「2つの磁石のかかわり合い」を通してしかできない。そこで、事前に「変化-相互作用」の見方を訓練すると共に、磁石と金物の相互作用も取り上げた。

・「空気と水のかさと力」の「システム」の見方は、空気でつぼみのピストンを押した力の伝達の様子を調べる中で育てる。そして、「エネルギー変換」も筒の中での押した力の伝達を追究ことによって、空気の弾性へと変換していることに気づかせる。

・「光あつめ」では、太陽をエネルギー源として気づかせ、そのエネルギーを移動させるシステム、エネルギーがアップするシステムを工夫させる。

・「伝わる風の力」も「光あつめ」とほぼ同じ展開になる。風をエネルギー源として気づかせ、風車がそのエネルギーをうまく受け止め、変換していることをとらえさせる。その後、パワーアップのシステム、仕事をさせるシステムづく

図6 展開案の枠組み

| 授業の流れ | | 留意点 |
|---------|------------|--|
| 教師の働きかけ | 児童の主な思考の流れ | |
| | | (特に育成するシステムエネルギー観についての留意事項や評価方法を記入する。) |

りへと発展させる中で、エネルギーチェーンの見方も育てていく。

(5) 単元展開案の作成

単元展開アプローチを受けて、学習問題の設定、および理解させるべきシステム・エネルギー概念を具体化し、図-6の枠組みで展開案を作成した。

展開案の作成にあたって苦慮したのは、「変化-相互作用」や「エネルギー移動」等のイメージ形成であった。そのために動作化とイラスト化を取り入れた。動作化、イラスト化は、言語表現が未発達な段階でもあり、個々の児童が豊かなイメージを広げていけると考えたからである。また、評価においてもそれぞれのイメージがうかがえるからである。さらに、展開の中で、互いに動作、イラストを見せあうことによって、相互作用やエネルギー移動のイメージが強化されると考えた。

展開案の例を、図-7に示す。

(6) 事前訓練表の作成

「変化-相互作用」およびシステム・エネルギー概念の接点である「エネルギーチェーン」という見方は、これまでの理科教育においては系統的に育てられていない。そこで、これらの見

図7 「変化-相互作用」のモデル

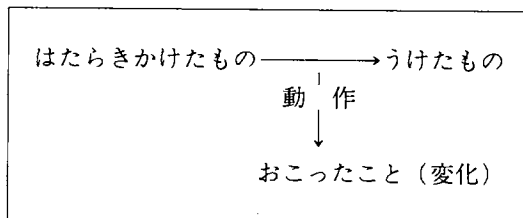
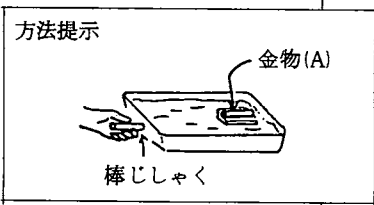
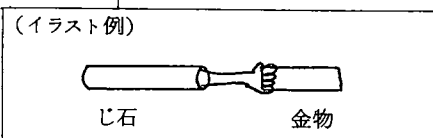
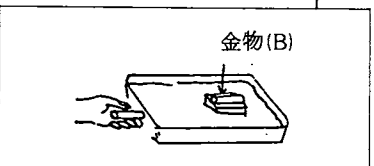


図7 単元展開事例「2つのじしゃく」単元

| 次時 | 授業の流れ | 留意点 |
|--------------------------------------|---|--|
| 一次 一・二時 磁石と金物とのかかわりあい (二時限) | <p style="text-align: center;"><じしゃくと金物はどのようにくっつくのか></p> <p>(1) じしゃくと金物(A) ・予想する</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p>方法提示</p>  </div> <p style="text-align: center;">実験する</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center; margin-bottom: 10px;"> 磁石が金物をひきつけた </div> <p> ・ どうしてじ石は金物をひきつけられるのかな？ ・ じ石のふしぎな力は目にみえないけど、どんなものかな？ ・ じ石が見えないふしぎな力で金物をひきつけているようすを想像してからだで現わしてごらん </p> <p> ・ じ石は金物をひきつける力があるんだ。 (・電波みたい ・テレパシーみたい) </p> <p style="text-align: center;">イメージを動作化する</p> <p> ・ 絵に表してごらん </p> <p style="text-align: center;">イメージをノートに絵で表わす</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p>(イラスト例)</p>  </div> <p>(2) じ石と金物(B) ・ 金物をかえてやってみよう</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>金物(B)</p>  </div> | <p> ・ 金物の種類についてはいわない。 ・ 何がどうなるのかを明確に言わせる。 </p> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> ・ 棒じ石…アルニコ ・ 金物(A)…鉄の棒(レール状) 素・ 発ほうスチロールのポート 材・ バット(プラスチック) </div> <p> ・ 何がどうなったかを明確に表現させる。 (金物が磁石にくっついた) </p> <p> ・ 動作化の上手な子の表し方を見させてイメージをもてない子の参考にさせる。 </p> <p> ・ 何人かのイラストを提示して(OHP・黒板)イメージの表し方を知らせ、かけない子の参考にさせる。 </p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p>⑧ じ石から、手や波が金物の方へのびていればよしとする。</p> </div> <p> 素材 ・ 金物(B)…アルミ棒 8mmφ 50mm ・ 他は(1)と同じ </p> |

方を取り出して、該当単元の学習前に訓練することにした。「変化-相互作用」のとらえ方は、図-3の「エネルギーチェーン」のモデルをもとに、図-7のようにした。

このモデルのような見方、表現ができるよう

にするために、ホウトン理科の中の例を参考に事象をスライド化して、事前訓練に使用することにした。「変化-相互作用」の見方、表現の事前訓練の一例を図-9に示す。

図-7のモデルをもとに、事象にかかわった

3年「2つのじゆく」単元の事前指導

「変化—相互作用」風の訓練指導案

(2時限のうちの第1時)

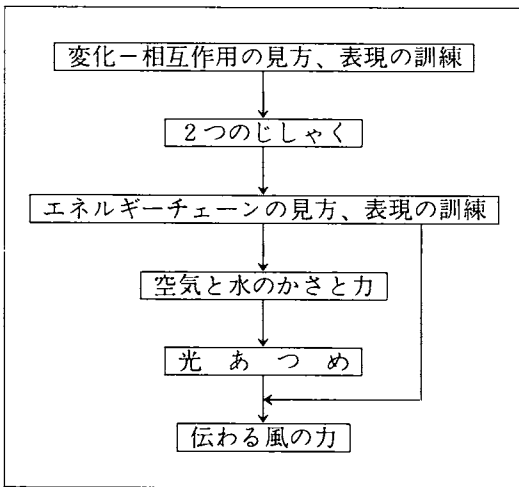
目標 変化は働きかけるものが、受け手に作用して(かかわって)おこること
がわかり、そのようすを説明することができる。

指導過程

| 学習内容 | T | 教師の働きかけと留意点 | 予想される児童の反応 |
|---|---|--|------------|
| <p>1. 「風船を針がついてわる」事象を通して、変化は働きかけるものと働きを受けるものの2つがあつておこることを知る</p> | <p>25</p> <p>「スライドをしっかりと見ましょう。」</p> <p>提示 スライド(1) 風船</p> <p>「何だろう」</p> <p>「風船を頭にしっかりと入れておいてね」</p> <p>提示 スライド(2) 手につまんだ針</p> <p>「何だろう。」</p> <p>「風船と手につまんだ針、この2つでどんなことがおこるかな。」</p> <p>提示 スライド(3) われた風船</p> <p>「何がどうなったのかな。」</p> <p>「ふくらんだ風船がくちやくちやくにわれてしまったんだね。前と様子が変わることを「変化」といいます。」</p> <p>(2枚の絵を黒板にはり、用語を教える。)</p> <p>「風船がわれたのは...何が(以下板書で説明する)</p> <div data-bbox="471 1207 865 1487"> <p>板書(例)</p> </div> <p>「何かおこる時には、おこそうと働きかけるものと、その働きを受けるものがあります。」</p> <p>「風船がわれたという変化は、何が何をどうしたからなのか言ひましよう。(よとめた文を板書する。)</p> <p>「みんなで言ひてみましよう。」</p> | <p>「風せんだ」</p> <p>「手に針をつまんでな」</p> <p>「風船がわるよ」</p> <p>「ほう、われた。」</p> <p>「風船がわれたんだ。」</p> <p>「風船がわれたことも変化というのガ」</p> <p>「はりが-----」</p> <p>「風船を-----」</p> <p>「ついたので-----」</p> <p>「風船がわれた。」</p> <p>「はりが風船をついた(さした)ので風船はわれた。」</p> | |

もの、おこった変化を図で再提示し、「何が(働きかけたもの)何に(働きのうけたもの)どうしたので(かかわりあい)こうなった(おこった変化)」と、文章化する形をとる。目に見える事象を第1時に提示し、2時には、働きかけるものが目に見えない事象を提示して働きかけたものを発見させ、文章化する。また、訓練状況を知るために、自由に上記の文章で事象を書かせるようにした。なお、2つの事前訓練の位置とその流れは図-8である。

図8 事前訓練の位置と流れ



なお、「変化-相互作用」訓練の事象例としては、風船の例以外に、「クレヨンで花に色をつける」「豆電球のあかりがつく」を、取りあげた。また、働きかけたものが見えにくい変化には、「しおれた花がしゃんとする」「ペチャンコのゴミ袋がふくらむ」「目だま焼きができる」の変化を、これまでの学習や生活経験からの妥当性を考慮して取りあげた。「システム」「エネルギーチェーン」訓練の事象例としては、ホウトン理科の例の他に、わが国の理科でよく取り扱われている「糸でんわ」をもちいた。

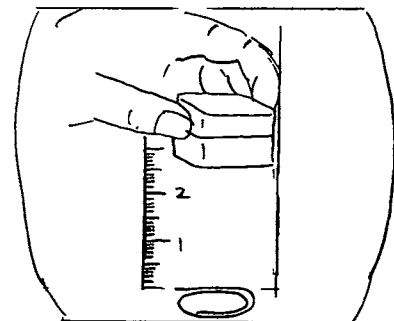
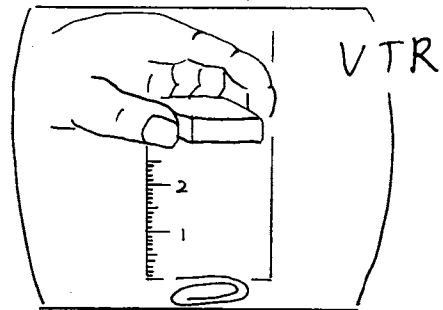
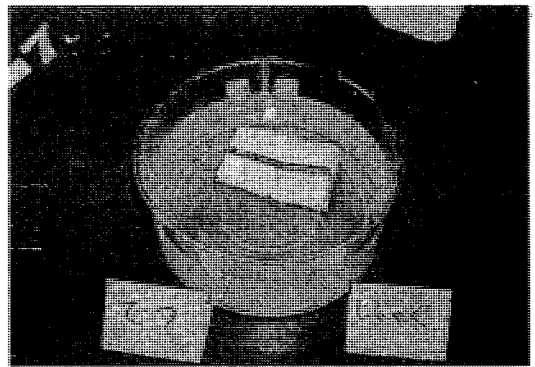
(7) 実験キットの作成

各単元での実験方法やそれに用いる用具は、概念育成に重要である。そこで、実験のねらいを十分に達成でき、しかも、児童にとって扱い

やすく、把握しやすい実験方法を考え、実験器具や装置を製作した。

① 「2つの磁石」単元で

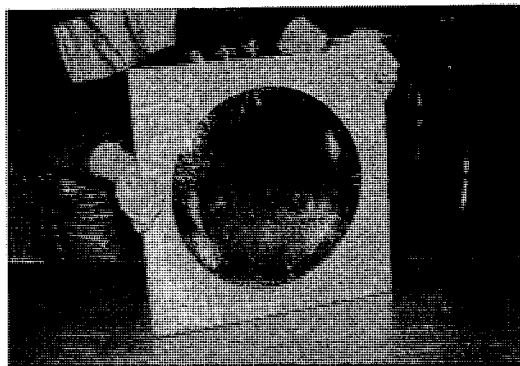
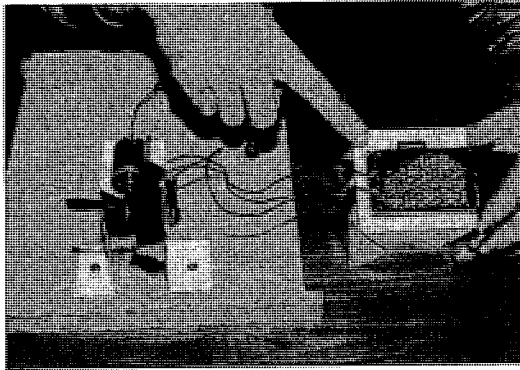
ア 金物と磁石、磁石と磁石の相互作用を把握させるために外面的にはほぼ同じ形で、ゆっくりと移動し、位置の変化が明確につかめる状態にするため、金物、磁石を発泡スチロールの板の上のせて固定(板には、浅い溝が切っている)し、水の上に浮かせて実験を行う。磁石は、アルニコ丸型棒磁石、金物は鉄とアルミニウムの棒を切って用いた。



イ 磁石の数によるエネルギーコントロールを把握させるために、角形フェライト磁石をふやすことで、クリップをひきつける距離が短くなることをたしかめる実験を行う。57年度の授業では児童にグループ実験をさせたが、データが不ぞろいであったため、58年度は、VTRで撮影し、TVで学習を行った。図は、その画面のキーシーンである。

②「光あつめ」単元で

ア 児童にとって光はエネルギーとしてとらえにくく、エネルギーという言葉からの連想イメージマップの中では、電気、おもちゃを動かすものというとらえ方をする子どもが多かった。そこで、光をエネルギーとして把握させるため、太陽電池を用いて光を電気に変換し、明るさやあたたかさとともに、モーターの回転によってエネルギーが多くあつまることを把握させる。



イ レンズの大きさにより、光の集まる量が異なることを把握させるために、限界のある市販のものよりも何倍も大きいレンズの必要から、水レンズを製作した。穴をあけた木わくの間に透明ビニール膜をはさみつけ、中に水を入れたものである。大きさは、直径15cm、25cm、37cmの3枚である。

(8)学習ノートの作成

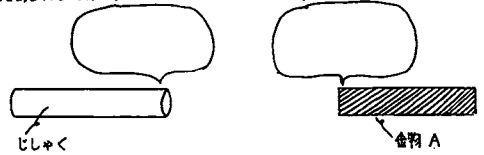
学習ノートの一例をあげる。

学習ノート 「2つのじしゃく」 ① (日 日)

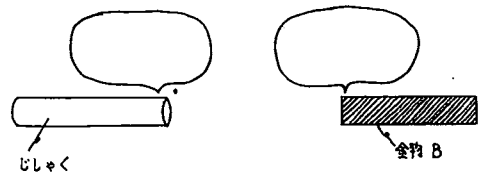
9年 番 名前 _____

(1) 「じしゃくが金物 A にくっつく」という変化を1つの文であらわしてみよう。

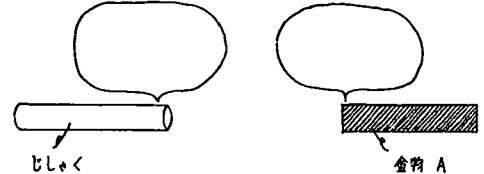
(2) じしゃくのふしぎな刀をそっくりして、じしゃくが金物をくっつけるようすを絵であらわしてみよう。



(3) 金物 B の刀ばあい。



(4) じしゃくと金物 A' を自由にした時の 変化のようすを絵であらわしてみよう。



(5) 自由にしたじしゃくと金物 A がひき合うようすも1つの文であらわしてみよう。

2. ロープレイジの
3. ぶんちやの
4. 次

・や、てみた。 道も曲にしてや。てあたら。
・府間持も成りたら じつなるびら。
・中回り、密く動く。
・道も直してやるとしんぱうびやく。て、ロープレイもびやくけるんだ。

① 磁石と鉄の相互作用の見方
② 磁石とアルミニウムの相互作用の見方

・なるほど しんぱうもよく動く。えいめいだ。
・びやくらも、てみた。

③ 磁石と鉄の相互作用の見方
④ 磁石とアルミニウムの相互作用の見方

・磁石と鉄の相互作用の見方
・磁石とアルミニウムの相互作用の見方

⑤ 磁石と鉄の相互作用の見方
⑥ 磁石とアルミニウムの相互作用の見方

学習状況「2つのじしゃく」単元 学習状況①

| 氏名 | 授業内容 | 学習状況 | 学習状況 | 学習状況 | 学習状況 |
|----|------|--------------|-------------------|--------------|-------------------|
| 1 | 田島 啓 | 磁石と鉄の相互作用の見方 | 磁石とアルミニウムの相互作用の見方 | 磁石と鉄の相互作用の見方 | 磁石とアルミニウムの相互作用の見方 |
| 2 | 田村 啓 | 磁石と鉄の相互作用の見方 | 磁石とアルミニウムの相互作用の見方 | 磁石と鉄の相互作用の見方 | 磁石とアルミニウムの相互作用の見方 |
| 3 | 小坂 啓 | 磁石と鉄の相互作用の見方 | 磁石とアルミニウムの相互作用の見方 | 磁石と鉄の相互作用の見方 | 磁石とアルミニウムの相互作用の見方 |
| 4 | 野内 啓 | 磁石と鉄の相互作用の見方 | 磁石とアルミニウムの相互作用の見方 | 磁石と鉄の相互作用の見方 | 磁石とアルミニウムの相互作用の見方 |
| 5 | 岡本 啓 | 磁石と鉄の相互作用の見方 | 磁石とアルミニウムの相互作用の見方 | 磁石と鉄の相互作用の見方 | 磁石とアルミニウムの相互作用の見方 |

学習状況「2つのじしゃく」単元 学習状況②

| 氏名 | 授業内容 | 学習状況 | 学習状況 | 学習状況 | 学習状況 |
|----|------|--------------|-------------------|--------------|-------------------|
| 1 | 田島 啓 | 磁石と鉄の相互作用の見方 | 磁石とアルミニウムの相互作用の見方 | 磁石と鉄の相互作用の見方 | 磁石とアルミニウムの相互作用の見方 |
| 2 | 田村 啓 | 磁石と鉄の相互作用の見方 | 磁石とアルミニウムの相互作用の見方 | 磁石と鉄の相互作用の見方 | 磁石とアルミニウムの相互作用の見方 |
| 3 | 小坂 啓 | 磁石と鉄の相互作用の見方 | 磁石とアルミニウムの相互作用の見方 | 磁石と鉄の相互作用の見方 | 磁石とアルミニウムの相互作用の見方 |
| 4 | 野内 啓 | 磁石と鉄の相互作用の見方 | 磁石とアルミニウムの相互作用の見方 | 磁石と鉄の相互作用の見方 | 磁石とアルミニウムの相互作用の見方 |
| 5 | 岡本 啓 | 磁石と鉄の相互作用の見方 | 磁石とアルミニウムの相互作用の見方 | 磁石と鉄の相互作用の見方 | 磁石とアルミニウムの相互作用の見方 |

5. 学習成果と考察

学習成果は、大きく2つの点で調べた。1つは、システム概念、エネルギー概念がそれぞれの程度まで獲得できたか。もう1つは、システム概念とエネルギー概念が関係したシステム・エネルギー概念がどの程度まで形成できたのかということである。つぎに概念形成の過程と児童の反応を学習状況から考察してみたい。

(1) システム概念、エネルギー概念の学習成果

⑦ 「2つのじしゃく」単元における「変化－相互作用」の学習状況

「磁石と鉄」「磁石とアルミニウム」「磁石と磁石」、そして、応用問題として「磁石と地球」の相互作用の見方の学習状況を調べた。それが、学習状況表①、②である。

「磁石と鉄」の相互作用の見方は、イラストと文章による表現でチェックした。文章は、「磁石が鉄をひっぱったので、磁石と鉄がいっしょに動いてくっついた」と表現できたら良しとした。イラスト表現では、2つの物体間に介在するエネルギーイメージと、ふき出し中の表現で評価した。イラスト表現は全員合格であり、導入時の磁石の一方的な働きかけという見方(イラスト①)から、明らかに相互作用の見方(イラスト③)になっていることがうかがえる。しかし、文章表現では、16人中6人が合格という状況である。事前訓練も行ったのであるが、3

年段階としては、文章で十分意を表現できないことがわかった。ただ、相互作用のおこらない磁石とアルミニウムの場合のイラストに、「あっちへいけ」「いや」との記述がほとんどの児童に見られる。正解は、……(何もない)か、「しらんぷり」となるところである。動作化の時におさえる手だてが必要であった。

「磁石と磁石」の相互作用の見方は、イラスト表現でチェックした。17人中15人が相互作用をとらえている。

「磁石と地球」の相互作用は、自由に動くようにした磁石が南北をさすわけを問うたものである。とらえ方としては「地球の南北に大きな磁石があるので互いに引きあって南北をさす」というものである。子どもらしい理由としては「寒いところをむく」「なわでひきあう」というのがあったが、磁石の相互作用の相手という意識で何かしら記入しているのが15人中8人であった。相互作用の見方の応用という点でこの結果をながめれば、半数近くの児童が相互作用的に現象をながめられるといえそうである。

⑧ 「光あつめ」単元における「エネルギー」の学習状況

この単元では、エネルギーという言葉を授業

④

| 項目 | 第1次「虫めがねのエネルギー集め」 | 第2次「空気と水のかさと力」 | 評価 |
|--------|-------------------|----------------|----|
| 1 虫めがね | 「虫めがね」 | 「空気と水のかさと力」 | 1 |
| 2 相互作用 | 「空気と水のかさと力」 | 「空気と水のかさと力」 | 2 |
| 3 小紙一 | 「空気と水のかさと力」 | 「空気と水のかさと力」 | 1 |
| 4 筒内回轉 | 「空気と水のかさと力」 | 「空気と水のかさと力」 | 1 |
| 5 筒水漏 | 「空気と水のかさと力」 | 「空気と水のかさと力」 | 1 |

中でも使い、言葉に慣れさせるとともに、エネルギー概念として、鏡の数や虫めがねの大きさといったシステム内の変化によってエネルギーの調節ができる（エネルギーコントロール）に主眼をおいた。それで、エネルギーを集めるシステムづくりとエネルギー量の比較が主な活動となった。

「鏡でのエネルギーコントロール」の評価は、文章は光があつまったことで、熱、明るさというエネルギーが増えたことを意味する記述があれば良しとし、イラストでは、光が一か所に集中していれば良しとした。16人中13人はエネルギーの集中を文章で、イラストでは12人が書いている。

また、「虫めがねによるエネルギー集め」のチェックは、レンズの直径が大きいほどたくさんの光がレンズに当たり、それが一点にあつまるからにはやくこげると書いてあれば良しとした。傍線2つのところが観点であるが、2点とも記述があるのは、16人中4人、一方だけの記述は7人、合計11人である。鏡での光あつめは、操作的にはむずかしいが、1枚、2枚と鏡をふやし、光を重ねていきながら、明るさ、熱さをたしかめていけるので、光があつまれば、だんだんエネルギーの量もふえることも捕えやすい。しかし、虫めがねは、数ではなく直径できるのであるから、入る光の量で一点にあつまる光の量がきまるという考えは、相当に高度な思考がないとむずかしい。それで、学習状況において、虫めがねの方がおちるのではないかと思われる。光のエネルギーを明るさ、熱という体感で扱い、鏡、虫めがねで明るさ、熱をコントロ

ールできるという単純なエネルギーコントロールのおさえ方をするならば、ほぼ成果があったといつてよいであろう。

(2) システム・エネルギー概念（エネルギーチェーン）の学習成果

エネルギーチェーンの見方は、事前訓練後、「空気と水のかさと力」「伝わる風の力」の2単元で形成をはかった。

⑦ 「空気と水のかさと力」単元における学習状況

この単元では、「変化－相互作用」の見方の学習をうけて、システム概念では、複合システムの構成要素と各要素間の相互作用の連続をとらえさせるとともに、相互作用の連続に介在するエネルギーが順次伝達されていくというエネルギー概念の結合をはかった。

まず、システム概念では、空気でっぽうをいくつかの要素があつまったシステムとして把握させ、それらの相互作用の連続をとらえさせた。学習状況表④にはないが、相互作用の連続は、手が押し棒を押した→押し棒が後玉を押した→後玉が空気を押した→空気が前玉を押した→前玉が飛んだ、という一連の変化の順序と相互作用の連続を全員がとらえている。

また、相互作用に伴うエネルギー移動の見方においても、手の力がこれらの物体に順次伝えられていくことも全員が学習ノートに記入している。その中でも、筒の中の見えない空気の性質とそれによる相互作用については、学習状況④に見られるごとく、17人中12人が空気の状態の変化と力（エネルギー）の蓄積と発散をモデル化し、イラストで表現している。また、水のかさの変化と力のチェックでは、水と空気の性質のちがいで相互作用の大きさがちがうことを全員が記入している。

これらのことから、相互作用の連続によって力（エネルギー）が伝達されていくという見方の基礎的なものができたと評価できる。ただ、水のかさの変化と力のチェック項目で評価の観

点を、「水はのびたりちぢんだりしないので力をたくわえられない。」というエネルギー的な見方の文章表現を期待したのだが、問題文に工夫がなかったせいか、力(エネルギー)についての表現はどの児童にも見られなかった。ここでも文章表現のむずかしさを感じた。

3年理科「伝わる風の力」単元学習状況 ⑤

| 問 | 内容 | 正解 | 正解率 | 特徴 | 評価 |
|---|-------------------------------|----|-----|------------------------|----|
| 1 | 送風機が回ると風車も回りますか？ 風車も回りますか？ | はい | 4/4 | 「送風機が回ると風車も回りますか？」(はい) | 2 |
| 2 | 送風機が回ると風車も回りますか？ 風車も回りますか？ | はい | 4/4 | 「送風機が回ると風車も回りますか？」(はい) | 2 |
| 3 | 送風機が回ると風車も回りますか？ 風車も回りますか？ | はい | 3/4 | (空白) | 2 |
| 4 | 送風機が回ると風車も回りますか？ 風車も回りますか？ | はい | 4/4 | 「送風機が回ると風車も回りますか？」(はい) | 2 |
| 5 | 送風機が回ると風車も回りますか？ 風車も回りますか？ | はい | 0/4 | 「送風機が回ると風車も回りますか？」(はい) | 2 |

④ 「伝わる風の力」単元における学習状況

この単元では、これまで学習してきたシステムの見方とエネルギーの見方を総合して、再度確認しながら定着をはかることをねらいにして、実際にシステムをつくり、たしかめていく活動を中心として展開した。最終的には、風車で仕事をさせるシステム、たとえば、エレベーターやロープウェイなどを工夫してつくり、送風機-風車-ロープウェイの一連の相互作用の連続やその大きさの関係の把握、そして、風のエネルギーと風車のロープウェイを引くエネルギーとを関連づけながら統一的に把握させる手だてをとった。

システム概念の相互作用の連続では、送風機→風→羽根→軸→糸→ロープウェイの一連の要素をあげ、それぞれの要素間での相互作用の連続を、「何が何にどうしたのでどうなった」の記述はほとんどの児童ができていた。状況表⑤には、風車が回るまでを4段階の相互作用について、4点満点としてまとめた。

また、システム概念の「システム内の変化と相互作用の大きさの変化」では、風車の力を大きくするには、……の課題に対して、①送風機からの距離 ②送風機のまわる速さ ③風車の羽根の数 の3点をあげた児童は、14人中9人、2点をあげた児童は3人、1点のみは2人であ

った。このように、システム概念でこれまでねらってきたものは、ほとんど満足な結果が得られたとってよいであろう。

では、エネルギーチェーンの見方はどうであろうか。この単元学習後の理科ノートの課題に、「ロープウェイのゴンドラが動いた。ゴンドラにはどんな力がはたらいたのだろう」を与え、自由に書かせてみた。答は、風の力、羽根が回る力、糸が引く力などとエネルギー的な答を予想したのであるが、相互作用の連続の表現しかでてこなかった。「2つのじしゃく」単元でも「力(エネルギー)」的な表現は見られなかった。このような一連の実践の結果から、児童のもつエネルギーチェーンの意識は、相互作用の連続としての見方が強い。言いかえれば、相互作用的な見方に沿った作用の移動としてのとらえ方であることがわかった。

(3) 学習成果の検討

以上をふり返ると、システム概念では、変化-相互作用の見方は充分育成されたといえるが、エネルギー概念では、エネルギー源として多様なものについてさらに提示把握の必要がある。また、システム・エネルギー概念では、エネルギーチェーンの見方は、相互作用の連続としてのチェーンであった。このような点から期待したエネルギー的な概念の形成が充分ではなかったことが反省点としてあげられる。

6. まとめと今後の課題

私たちは、ホウトン理科の新しい概念育成の系統を参考に、現行理科教育カリキュラムの中での概念育成をめざした授業構成の一試案として研究してきた。今一度、目的にかえて考察してみたい。

①は、該当4単元の1つ1つでは、どのようなシステム・エネルギー概念を育てたらよいかという問題意識があった。それに対してシステム概念として「変化-相互作用」の見方を、

エネルギー概念として「エネルギー源」「エネルギーコントロール」を設定した。そして、現行の「じしゃく」単元を通して「変化－相互作用」の概念育成をねらったが、一連の学習成果から十分に育成できたと判断できる。わが国の3学年の理科では、「変化のきまり」の発見が学習指導要領の目標に掲げられている。そこには「磁石が鉄をひきつける」という一方的な見方でしかとらえていないのに、「同極どうしでは反発し、異極同士では引きあう」ということが同じ磁石単元に出てくる。これでは、同じ引きあうのにも、相手が鉄のときと磁石のときとは何ら「きまり」は見えてこない。子どもたちには、相互作用というものもののかかわりあいを見方をつけていくことは大切であり、その意味でもこの単元での相互作用の見方育成は重要である。

エネルギー概念では、「光あつめ」単元で、「エネルギー源」「エネルギーコントロール」の見方の育成をはかった。エネルギーは実体がなく抽象的な概念であるが、光を熱や明るさとして体感でとらえることにより、エネルギー源が子どもにとらえられやすく、鏡やレンズで光を集中させる活動を通して、エネルギーコントロールの見方を十分に育てられたと考える。

ただ、エネルギー源については、「風車」単元での風はとらえやすいし、「空気でっぼう」単元での手の力はエネルギー源としておさえない。しかし、子どものエネルギーの意識には、人間の力はあまりないようである。エネルギー源として、これからの多くの単元でまず意識させていく必要を感じる。

また、「システム」は、相互作用とそれに伴うエネルギーの移動を含めた概念である。この概念については、学習指導要領には記述がなく、わが国の理科教育においては、システムの思考がまったくなされていないのが実情である。ところが、義務教育の最終段階で、自然界の調和の学習が設定され、生物同士のかかわりあいや、エネルギーの流れといった複雑だが、人間をと

りまく自然事象や、人類のかかえる問題の本質的構造を見ぬく一つの基本的な概念が学習の対象として取り上げられている。このような重要課題は中学校の段階で突然でてくるのではなく、小学校低学年からの積み上げの学習によって解決の仕方を考えさせたいものである。

②は、該当4単元を通してどのようなシステム・エネルギー概念の形成が可能かであったか。今回の実践研究では、システム概念とエネルギー概念の二つを統合した概念として、システム・エネルギー概念という教え方で位置づけた。そこでは「エネルギーチェーン」の見方を取り上げ、「空気と水のかさと力」単元、「風の力の伝わり方」単元で概念の育成をねらった。しかしながら、エネルギーとしての見方の形成ができていないため、エネルギーチェーンが、相互作用の連続であるという見方で終わってしまった。再度、単元展開のアプローチを検討し、エネルギー源的な見方をまずつける方向に修正し、実践していかねばならないであろう。

③は、このカリキュラム開発に関する方法である。この概念育成のカリキュラムの開発では、より容易に、的確に形成しうる教材づくりと、学習ノートの作成にも力を注いだ。教材については、実験キットの項で述べたように、児童にとって扱いやすく、また把握しやすいものであることを主眼に開発した。学習ノートについても、学習ノートの項で述べたように文章表現の限度を考えたうえで、イラスト化を中心として書きやすいもの考えた。これらをベースにして、1つの概念形成を目標にした展開、教材、教具、評価法等を含めた「学習パッケージ」の考え方を今後より一層深めていく必要がある。

実践的研究を終えた段階において、今後の研究、実践課題としてつぎのような点があげられる。

- エネルギー源的な見方を最初から育てる単元展開アプローチの作成

58年度は「変化－相互作用」の見方を育て、途中から「エネルギー源」の見方を育てる方向

をはさむアプローチをとったため、エネルギー概念の育成が不充分になった。二つの概念の同時形成を図る立場からプランの修正を加える必要がある。

- 第3学年をスタートにした概念形成のプログラムの高学年への発展

システム・エネルギー概念の形成をふまえ、高学年ではホウトン理科にあるような「パターン」「モデル」といった概念の見方、育て方をも研究し、実践化していかなければならない。

- 概念形成カリキュラムのパッケージ化をめざし、その日常化を図っていく。

現在のわが国の現象的理科教育を少しでも見

直し、基本的な概念のもとに諸現象をとらえる力を育てるために、より有効な学習パッケージを授業実践を通して開発していかなければならない。そして誰でもが簡便に使用しうるような形にもっていくことが今後の課題として残るであろう。

◇引用文献◇

- (1) Science, Houghton Mifflin Company. Boston 1979
- (2) 山崎 豊、谷内敏夫「新しい理科カリキュラムの開発研究（第1報）教科教育研究第14号