

退職記念最終講義

探究活動を可能にするものとは何かを巡っての40年

山下 芳樹ⁱ

はじめに

本稿は、さる3月14日（木）に行われた退職者最終講義「私の研究・教育」に加筆・修正をさせて頂き、読みやすくしたものです。これまでの40年を振り返り、「探究活動を可能にするものとは何かを巡っての40年」として、特に、今後学校教育で何かと話題になるであろう「探究（的）活動」に焦点をあてています。

研究遍歴（二足の草鞋のスタート）

図1は、講義の際に研究履歴として冒頭に掲げたものです。写真があった方が臨場感をもって頂けるとお思いますので、文字と重なっているところもありますがここでも掲載させて頂きます。

高等学校教員時代は、「理論へのあこがれ」の時代。ベースは物理学、後に触れますが原子核反応理論であったと改めて実感しました。

大学に籍を得てからは純粋理学から離れて科学教育、理科教育に専念します。純粋物理学の研究に専念できる場にありながら、なぜ理科教育か。振り返ってみると、高等学校時代は理論への

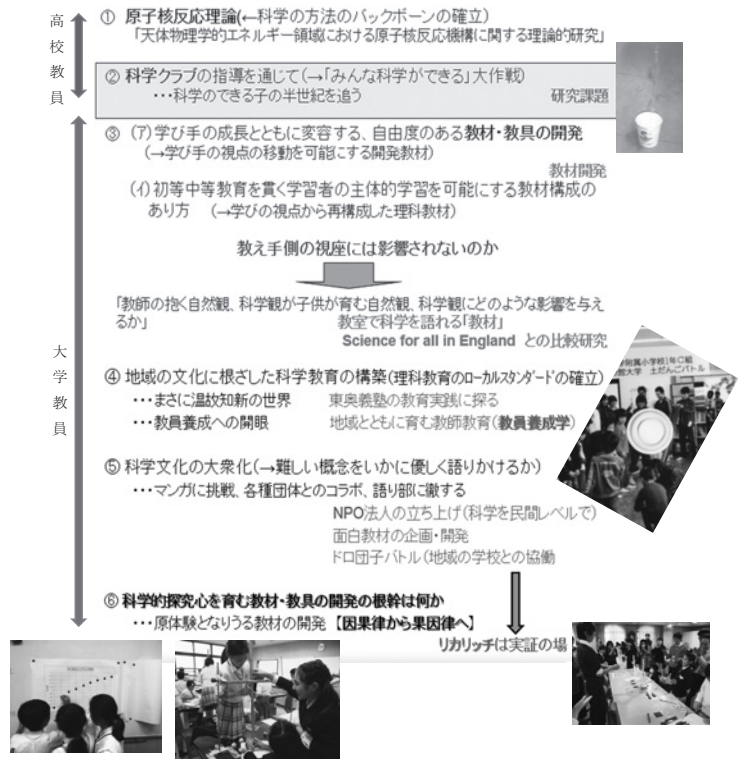


図1 研究履歴

i 立命館大学産業社会学部教授

憧れがあり、日々流されないためにも確固としたものを持ちたいという思いから、原子核反応理論にしがみついていたのでしょう。1990年代、課題であった「元素合成」。137億年前のビッグバンにはじまり、それ以降、各種の元素が作られるのですが、いつ、どういうメカニズムで合成されたかのプログラムづくりからはじめて、実験データとの照合によって明らかにするという気の遠くなる作業でした。それが高島、草津、そして膳所高等学校時代で、大学では逆に高等学校時代、生徒たちはどういう理科の学びをしてきたのか、いわば実践への反省から「探究的な活動とはいかにあるべきか」というテーマを設けて研鑽を積んできました。

以上の遍歴から、本稿では主に①②（私のバックボーンをなすものです）、そして立命館大学での実践である⑥の3点について触れたいと思います。

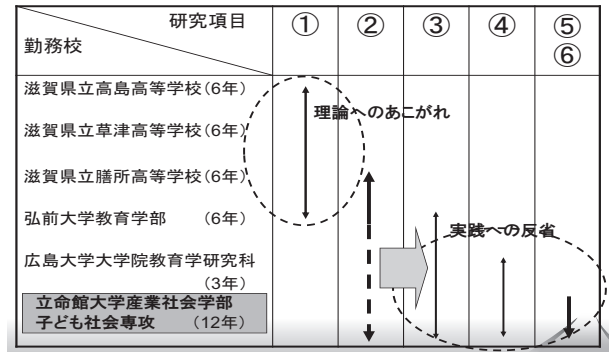
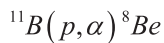


図 2

元素生成の秘密（二足の草鞋のまずは一足目）

図3は、ホウ素の原子核に陽子が飛び込んできてホウ素を壊し、その結果、ベリリウムが残り、アルファ粒子が出て行くという核反応の実験結果を表しています。この反応を記号では



と表します。黒丸（●）が実験データで実線が計算結果を表したもの（理論値）です。なかなかよい一致を示しています。この元素生成のメカニズムが研究のテーマだったのです。

探究活動にとって何が大切か、ここでの研究にそのヒントが隠されています。中・高等学校は探究的な活動が目玉になり、探究でなければ理科ではないとまで言われています。しかし、

ここでいう探究的な活動とはどういうものか。元素生成のメカニズムを探るための道具であるフォーマリズムは既に知識として用意されています。上の原子核反応でいうと、起こりうる可能性としての

直接過程である三重水素のピックアップ過程、残留核のノックアウト過程

交換過程である残留核のはぎ取り過程、アルファ粒子のノックアウト過程

という4つの過程をどううまく組み合わせて未知であったデータを分析していくか。道具は既知ですが、それをどう活用するかという方法論、すなわち知識と方法の関係、これがポイントになってきます。探究的活動とは知識の創出ではなく、その活用重点をおくべきではないかということです。

図4は元素の組成の割合（存在比）です。水素から始まって鉛まで書いてありますが、水素から鉛まで等し

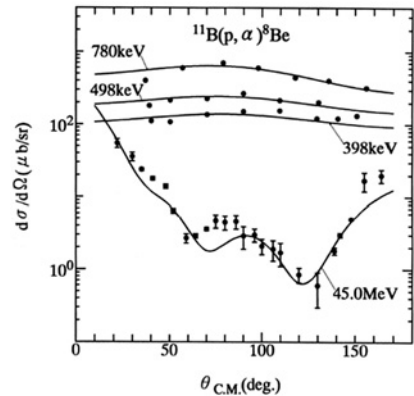


図 3 角分布

い割合で存在しているのではなく、水素が非常に多い。宇宙では9割以上が水素です。原子番号が大きくなるにつれ減ってくる。しかし、ベリリウムは例外的に少ない。どうしてベリリウムが少ないのか。そもそも水素とかリチウムとかベリリウムは、どういうメカニズムで誕生したのか。それを探ってみようというのが研究テーマです。

図5は元素生成のプロセス、ネットワークです。うすい黒丸が陽子で黒丸が中性子です。陽子と陽子の衝突から、いろいろな元素が生成される、その様子を表しています。それ以前はコーク、陽子でも中性子でも電子でもない。何かわけのわからないものが渾然一体としてカオスの状態だった。宇宙が膨張してだんだん冷えてくると動きまわるのが鈍くなっていく。そうすると3つのコークが集まって陽子ができる、中性子ができる。そこから元素生成が始まる。かつてはおとぎ話のようでした。これがもう少し現実味を帯びてきて右の図のように連鎖反的にだんだん重いものができる。ずっと下の方までいくとヘリウムをはじめ様々なものができる。では、ベリリウムはどうなんだ。できてはなぜ直ぐに破壊されるのかということの研究が始まった。

メカニズムは次の通り (図6 参照) です。陽子がターゲット (T) にぶつかって、ターゲットの中の三重水素 (t) を奪う。その結果、三重水素と陽子がくっついて α 粒子になる。Rは残留する。これは陽子と三重水素から α 粒子ができるということですが、従来はこの過程が主だと考えられてきた。ひょっとしたら陽子が残留核 (R) を弾き飛ばす過程もあるんじゃないか。pとtの反応とtとR、またpとRの反応も全部入れてはどうか。ターゲットは、先程、残留核 (R) と三重水素 (t) だったのですが、ひょっとしたらコア (C) と α 粒子からできている可能性もあるのではないかと。陽子が α 粒子をたたき出す。そして自らは残留核にとどまる。こういう可能性だってあるのではないかと。そうすると都合4つの可能性があ

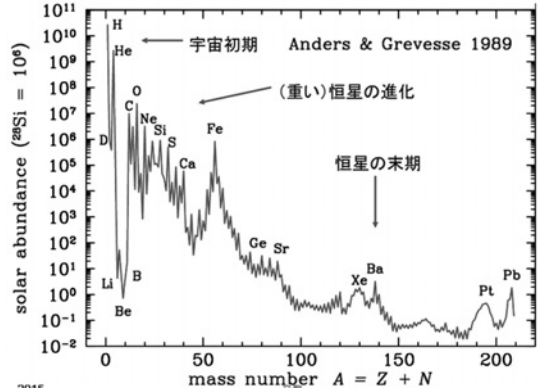


図4 元素の存在比

(出典) Andres, Grevesse, 「*Geochimica et Cosmochimica Acta*」 pp. 197-214, Vol. 53, Jan., 1989

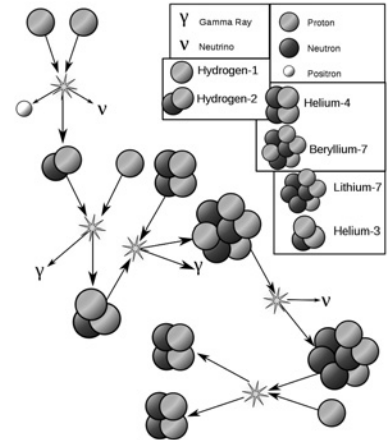


図5 元素生成のプロセス

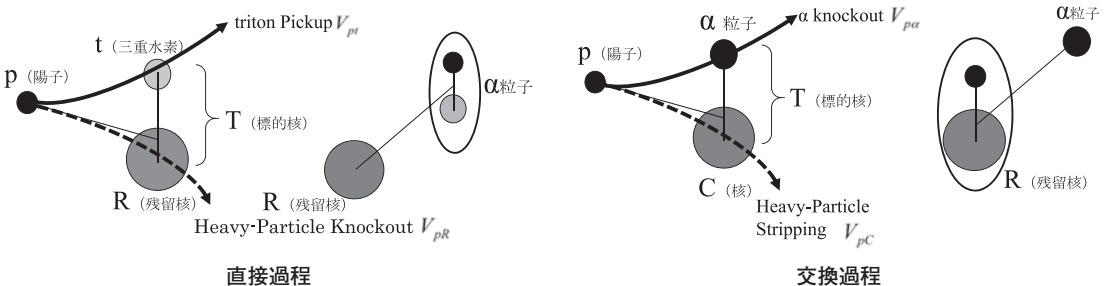


図6 原子核反応のメカニズム

る。先程は p と t と p と R, 今回は p と α と p と C, 交換過程と書きましたが, いわゆる陽子 p と α 粒子が入れ替わるという可能性も考慮したわけです。

直接過程, 交換過程それぞれについては, かつてから知られていました。しかし, 研究テーマとした現象に 2つの過程を導入した解析はなされなかった。この4つの相互作用, そして4つの過程を全部考慮して計算したというのは私たちがはじめてだったのです。

ここまでの話なら簡単で, いわば誰でも思いつく。ただこれを実証科学にしようと思うと, 様々な要素が顔を出す。たとえば, 直接過程だと, 陽子が三重水素をピックアップして α 粒子をつくる。そうすると, もともとのターゲットに, この引っ張り上げられる三重水素がどういう状態に入っているのか。原子核は陽子と中性子からできていますが, どの陽子と中性子が集まって三重水素をつくるのか, その場合の数をすべて数え上げる必要がある。扱うべき変数の数が膨大になってきて, 最終的には30~40のパラメーターの6重積分を解かなければならない事態に陥ったのです。目の保養のために, 下に計算式を示しておきます。

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{\mu_p \mu_\alpha}{(2\pi\hbar)^2} \frac{k_\alpha}{k_p} \frac{1}{(2I_p + 1)(2I_T + 1)} \sum_{M_p, M_\alpha, M_T, M_R} |M|^2$$

$$M = N_D \langle \chi_f^D | V_{pI} + V_{pR} - U_{pT} | \chi_i^D \rangle + N_E \langle \chi_f^E | V_{p\alpha} + V_{pC} - U_{pT} | \chi_i^E \rangle$$

$$\chi_i^D = \Psi_{I_f M_f}^D(\xi_i, \xi_R, r_1) \Psi_{I_p M_p}^D(\xi_p) \phi_p^{(+)}(k_p, r_{pT})$$

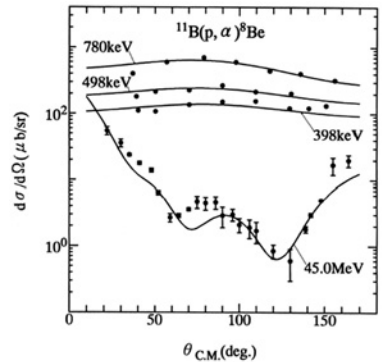
$$\chi_i^E = \Psi_{I_\alpha M_\alpha}^{D*}(\xi_p, \xi_i, r_2) \Psi_{I_R M_R}^{D*}(\xi_R) \phi_\alpha^{(-)*}(k_\alpha, r_{\alpha R})$$

$$\Psi_{I_f M_f}^D(\xi_i, \xi_R, r_1) = \sum_{I_R M_R I_i M_i I_j M_j} \theta_{T(I, R)} \langle I, I_i M_i m_i | j_i \mu_i \rangle \langle j_i I_R \mu_i M_R | I_T M_T \rangle$$

$$\times \Psi_{I_i M_i}^D(\xi_i) \Psi_{I_R M_R}^D(\xi_R) u_{n_i}^D(r_1) Y_{l_i m_i}(\hat{r}_i)$$

枠内の冒頭の式は, 微分断面積 (角分布) といわれ図1の理論値 (実線) として実験結果を再現しています。計算は大阪大学核物理センターの大型コンピューターが使えました。これは, 日本中の研究者にオープンにしていますが, ふんだんに使えるのは深夜です。深夜に電話回線を通じてつなぐ。深夜でも複数名が走らせていましたので, タイムシェアしながらの作業でした。

右図 (図3として既出) は解析結果です。keV領域とMeV領域のマッチングがとれています。keVとはエネルギーの単位で大体, 温度に直すと10の8乗~9乗ケルビンという高温です。これは, 星の内部で元素生成が行なわれる温度です。MeVもまた非常に高温で, 実験室で取られた実験データです。これを使って星の内部で起こっていることを予測する。黒い●が実験データですが, 398~780keVすべてで一致しました。元素生成のメカニズムが私たちの仮定した直接過程と交換過程のフォーマリズムで再現できたのです。



理科好き高校生の謎にせまる (二足の草鞋の二足目)

高等学校教員時代は原子核反応理論に没頭していたのですが, 最後の赴任校 (膳所高等学校) では物理地学

班の顧問に就任します。物理地学班は大変なところで、このクラブに入るために高校に入ってくる生徒がいる。実験が佳境に入ってくると授業に出ない、家に帰らない、物理実験室に寝泊まりしては実験をしているという有様です。何が、彼らをそこまで駆り立てるのか、その後の私の研究テーマになります。

研究データがまとまると「日本学生科学賞」に応募する。日本学生科学賞は昭和32年に発足した伝統のある中高校生にとっては科学の祭典といわれるものです。「理科好き高校生はどういう研究テーマに食いつくのか。理科大好き高校生はどういう学びをするのか」。この理科大好き高校生の実態を、約50年分の日本学生科学賞受賞者の動向から調べたものが図7です。

日本学生科学賞は、地方審査で選ばれたものが中央審査に集約されます。そこで総理大臣賞や文部科学大臣賞などが決まるのですが、入賞・入選テーマの変遷を見みると、高等学校の教科書や先生の助言にヒントを得てテーマを設定したもの（青線）。高校生にとって身近なところからテーマを設定したもの（赤線）に大別され、このテーマ設定の傾向が変わってきていることがわかります（図7）。学びのスタイルが変わって来ているのです。

ちなみに物理地学班の研究テーマは右の表1の通りです。平成8年度の「水柱の研究」では、水を入れた紙コップをちょうどまく落とすと床に接地、着地し、その後、水がコップのど真ん中から、まるで柱のようにグッと上がってくる（図8）。物理地学班では4月～7月がテーマ探しの時期で、この間に様々なところで様々な現象を生徒たちは目にします。水柱など不思議な現象に生徒たちは飛びつく。しかし、面白いだけで研究テーマになり得るかどうか。だめ出しの実験を経て2～3のテーマに絞り込んでいく。この間の過程が、その後の研究の正否をわけるといってもよいのです。

「いつ、探究的な活動が始まるのか」。都合13回の最終考察の書き換えを通して、得た概念をどのような言葉に集約させたのか。その結果は文章量にどう影響したかを表したものが図9です。

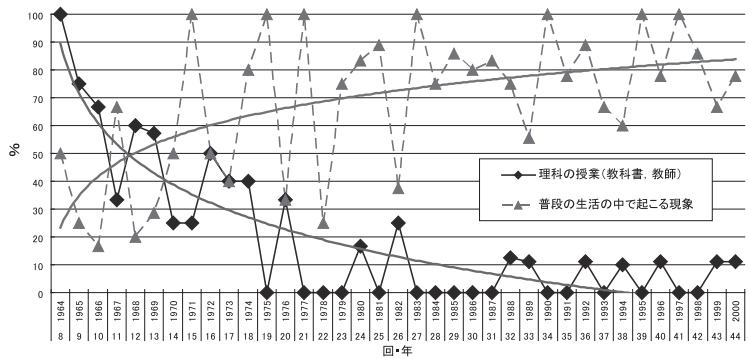


図7 理科好き生徒の傾向

表1 膳所高等学校 物理地学班研究テーマ

年度	研究名	受賞名
平成8	水柱の研究 I	読売新聞社賞
平成7	粘渦の研究 I	学校賞1位
平成6	水膜の研究 I	文部大臣奨励賞
平成5	水皿の研究 I	内閣総理大臣賞
平成4	フライパンダンスの研究	科学技術長官賞



図8 水柱

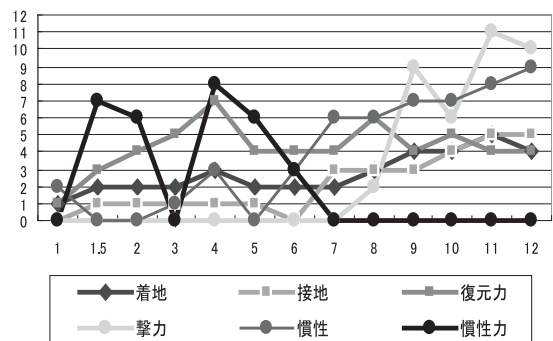


図9 用語の推移

彼らは、この間、主体的に物理の学習をはじめますが、実験で得た結果と適切にまとめあげる用語とがつながったとき、生徒の思考は高まりを示すことが見て取れます。この現象は、「慣性」と「撃力」の二つの用語が鍵になるのですが、バージョン5～7あたりに思考が言葉に集約されていることがわかります。慣性も撃力も、ともに高等学校で扱う内容ですが、しかしそれを未知の現象に適用していく適用能力が大切なのです。

図10は、水柱形成のメカニズムについて、高校生がたどりついた結論です。水の入った紙コップを落としたとき、まず「接地」をし、その後「着地」をする。紙コップを下から叩いても水柱はできない。まず紙コップが床に接地することで、コップ内の水は中央が窪む。いわば水自身の慣性によって「逆釣り鐘状態」を形成するというのです。次に、紙コップが着地することで下から撃力を受け、窪んだ箇所にその力が合力として加わり、そこに水柱が形成される。こういう結論になったわけです。

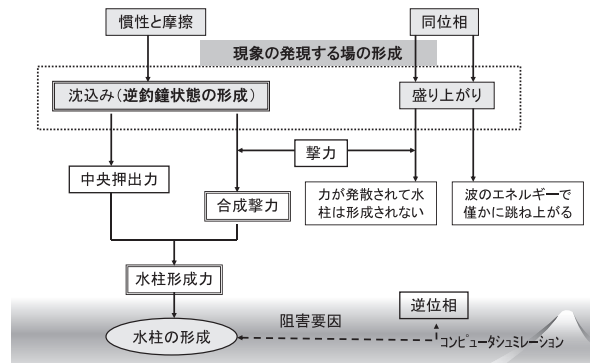


図10 水柱形成のメカニズム

水柱形成は2段階で行なわれており、水柱を形成する力が発現する「場」の成り立ちが大事だという結論に至ったのです。上の図10は高校生の手になるものです。

図中に「コンピュータシミュレーション」という文字が見えます。コップの周囲の振動による波の重ね合わせによって水柱が形成されるのではないかという仮説に対して、コップの周囲に記録タイマーなど振動する波源をつけた実験を行った結果、無限個の波源による影響を調べるにはコンピューターによるシミュレーションしかないとの判断から自主的な学び合いがはじまり、C言語によって作成したものです（図11）。無限個の波源が中央で一致するのは確率的には非常に小さい。現象とコンピュータシミュレーションとは確率的にあわない。自分たちが設定した仮説を却下するためにC言語を学習し結論に至ったこととなります。

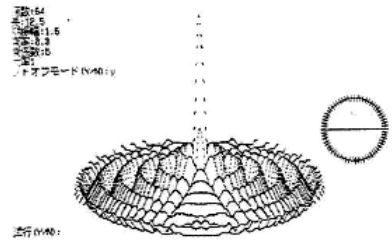


図11 水柱形成のシミュレーション

探究的活動を促すには（弘前大学での試み）

小学校教員養成のための実験はいかにあるべきかについて、科学の方法論を前面に押し出した科目「小学専門科学実験」を創設しました。実験を担当している教員が「この実験を通じて、この点を大学生に学び取って欲しい」と思ったことと、実際に学生が掴みとったものとの食い違いはないのか。実験の技能は伝わったけれど、実験を通して「何を子どもに伝えたいのか」という意図が、指導教員と学生とが同じかどうか分からない。この点の認識が欠けていると、伝わったものは実験のやり方のみになってしまい、なぜ実験を行うのか、実験結果から何を読み取るのかなど血肉の部分が疎かになりかねない。

たとえば、児童・生徒が陥りやすい科学観として下記の5つの項目に対して、

44. 科学的な知識は、外界の事物のありのままを反映している。
45. すべての科学的な知識は、現象の観察から直接導き出すことによつてのみ得られる。
46. 実験は仮説の決定的な検証を与える。
47. 科学者は公平無私で客観的な存在である。
48. 科学は徐々に真実に近づきつつある。

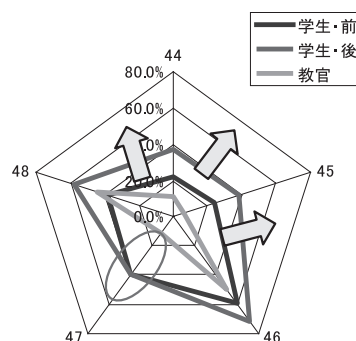


図12 陥りやすい科学観

指導にあたった教員と学生、双方にどのような違いが見られるかをチェックしました。(図12) 緑の線が教員、青線が受講前の学生、そして赤の線が受講後の学生の傾向です。たとえば、44番目の「科学的な知識は、外界の事物のありのままを反映している。」や47番目の「科学者は公平無私で客観的な存在である。」、これらはともに科学観(科学とはいかなるものか)の根幹の部分ですが、実験を行なった結果、実験の技能は身についたかもしれないが、その実験の指導を行った教員の思いに反して、陥りやすい科学観にさらに深く陥ってしまったという結果になっています。科学者といえども社会の影響は無視出来ず(制約を受け)、科学もまた人間の営みの一つに過ぎないという科学のあり方そのものを問い直す科目作りに着手しようとしたわけです。理科の教員だけでなく、数学、保健体育、技術・家庭、社会、国語など多くの教科の教員からなる科目で、いろいろな先生の「思い」を伝えてもらって、いわば特定の教員の誤った考え方に陥らないようにしようという大胆な企画であったのです(詳細は弘前大学出版会から出ている同科目のテキストをご覧ください)。

探究的活動を促す振り子のダンス(立命館大学での試み)

児童・生徒の探究的活動を促す教材づくり、立命館大学での試みです。きっかけは小学校5年生で扱う「振り子」の授業ですが、子どもたちはストップウォッチをもってがむしゃらに時間(周期)の測定を行っていました。中には振り子を90°に近い振れ幅で振らして実験をしている。実験が終わった後、さて自分たちが何を測ったのかが説明できない。でもデータは出ている。先生の期待した傾向(周期と振り子の長さとの関係)は出ているのです。

原因があって結果がある。この原因と結果が確かな論理で結ばれており、理論(理屈)があってこそその現象で、現象は必ず説明されなければならない。用意されるのは「振り子の等時性を調べるための実験」であり、実験そのものの持つおもしろさは問われない。しかしおもしろくないから記憶に残らない。

開発教材「振り子のダンス」は、この因果律という縛りから脱して、いわば「果因律」としての扱い、実験・現象そのものが持つおもしろさを強調した教材として開発し、立命館小学校での授業に導入しました(図13)。

10個から20個くらいの振り子を、あるルールにしたがって並べると、この振り子が非常にいやらしい動きをする。はじめはヘビの蛇行、次に3等分され、続いて2等分。気付けばまたヘビの蛇行。実にいやらしい



図13 振り子のダンス

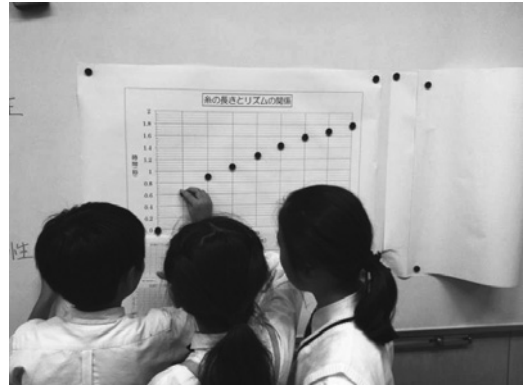


図14 探究活動の様子

動きをします。部屋を暗くしてボールのところに蛍光塗料を塗って子ども達に見せる、びっくりするわけです。「へびだあ」とかいて、盛り上がったところでパッと明かりをつけると振り子です。与えた課題は卓上型の「マイ振り子のダンスをつくらう」、ものづくりです。振り子の長さとの関係を探ることから実験がはじまります。

図14は実験の様子で、得られたデータの解析をしているのですが、縦軸が周期、横軸を振り子の長さ

にとるとカーブになる。「これって比例？」児童の声が聞こえてきそうです。「時間の2乗を計算してみたら」という教師のヒントに飛びつき、得られた直線のグラフの解析に躍起になって、周期の2乗と振り子の長さが比例の関係。そうするとあのへびの蛇行は一体、どういう周期なのだろう。何センチにすればどういう周期になるか、一生懸命探究するわけです。振り子の知識は知識ですが、そこからいかに与えられたテーマ（現象）に合うように子どもたちが活用していくか、そしてどう仕向けるか、この点にこの教材の核心があります。この因果律による教材の作成は、クリップモーターカーや飛脚の担ぎ棒、マイテストなど、活用を促す開発教材として結実していきます。

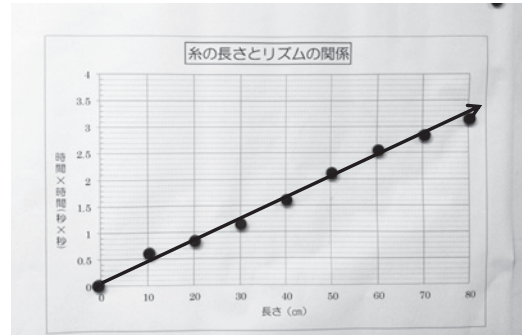


図15 実験結果

探究的活動を促すリカリッチ（立命館大学での試み）

理科の素材でつくった「ピタゴラススイッチ」をリカリッチと呼んでいます。この発想は2007年に実施した和歌山大学附属小学校との「土団子のバトル」にあります。小学校1年生が和歌山市内を駆けずり回って集めた「すごい土」と大学生の開発した土とのバトルですが、小学生をよりわくわくさせるには「単に泥と泥をぶつけるだけでは面白くない。泥を転がしたり、泥がジャンプしたり、ゲーム感覚で学べるものがあつたらいい」という反省から生まれたのが「理科の素材でつくったピタゴラススイッチ」、リカリッチです（図16, 17）。

リカリッチは6つのスイッチから構成されています。振り子や斜面、またてこ、さらには電磁石など、どのスイッチも個々には既知です。学校で習っています。「こんな簡単や、わかる」のですが、ところがつながら



図16 リカリッチ



図17 リカリッチ

らない。個々が突出しても駄目で、6つのスイッチを一つにしなくてはならない。6つのつながったスイッチは個々のスイッチの単なる和ではないことを学ぶのです。つなぐという共通の目的のために、個々の既習事項を活用するのです。

「家ならば30分、椅子に座って机の前にいられない子が120分、テーブルの前でじっと考えている」という、保護者にとっては子ども発見にも役立っています。

探究的活動の実践に向けて（話だけでは実感できない）

粘土の塊を天秤にのせつり合わせる（図18の左）。それを4つにちぎって置いたらつり合うだろうか、これは質量保存についての問いかけですが、しかも内容的には小学校3年生のもので、大学生なら全員できる。次々に素材を変えては問いかけ、最後に、素材に左右されないつり合いの根拠を説明する。「付け加えたり、持ち出したりしなければつり合う。」「配置を変えたただけだからつり合う。」すると、「なーんだ、そんなことか」となるわけです。

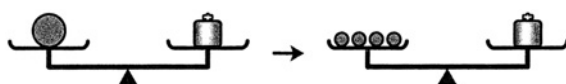


図18 質量保存概念 その1

そこで、大学生用の問題として、ガラス容器の鳥籠を出す。左側は鳥が止まり木に止まっている。右側は鳥がホバリングしている。羽ばたきながら浮いている。「さあ、重さはどうなりますか。変わりますか、変わりませんか？」と問うのです（図19）。すると、途端にそれまでの知識を活用できず、個人々々が勝手な感想を言い出します。新しい現象に出会うと戸惑うのです。検証実験と称して、磁石を使ったモデル実験をしても、磁石は鳥ではないと言い張る学生がいます。この現象の核心が把握できていないのです。

●鳥が木にとまっている ●鳥が飛んでいる

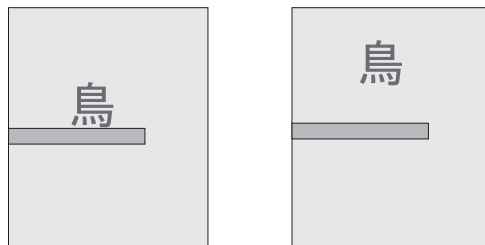


図19 質量保存概念 その2

ここにコーヒーの缶が2つある。片やキンキンに凍らせ、片や液体。両者を斜面に沿って滑らせる（図20）。そうするとどちらの方が速く地面に着くかという問題なのですが、ガリレオの落下の実験を知っている中・

高校生は「重くても軽くても同時に落ちる」という知識を活用して考えようとする。しかし、結果はキンキンに凍らせた方が遅い。この様子をご覧になった先生が、物理学者を含め科学者の集まりである会場でこのクイズを出されたところ、ノーベル受賞者も含め30人のうち29人が間違った。物理学者ですから知識はある。しかし、凍らせた缶コーヒーとシャバシャバの液体の缶コーヒーを斜面上で転がすなんて突拍子もない実験をやったことがない。まさに初めて出会う現象に、かつての知識をどう活用するか戸惑ってしまう。このようなクイズとも言える面白い例題を課すことで、知識の活用の大切さを身をもって知って頂くことができるのです。探究的課題とは決して特別なものではなく、小中高等学校の教科の中に、実は漂っているのです。

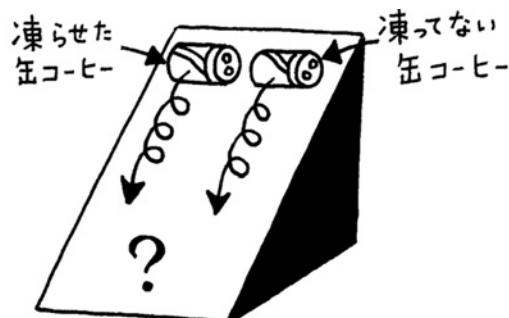


図20 坂を転がるコーヒー缶

(出典) 松田卓也『間違いだらけの物理学』学研教育出版 (2014) より

参考文献

1. 原子核反応理論関連

- Y. Yamashita, Finite-range DWBA Analysis of ${}^7\text{Li}(p,\alpha){}^4\text{He}$ reaction at astrophysical relevant energies, *Nuclear Physics*, A582, pp. 270-282, Elsevier Science Publisher (1995)
- Y. Yamashita, Y. Kudo, Reaction mechanism of ${}^{11}\text{B}(p,\alpha){}^8\text{Be}$ reaction at astrophysically relevant Energies, *Nuclear physics*, A589, pp. 460-474, Elsevier Science Publishers (1995)
- Y. Yamashita, Y. Kudo, Two mode, finite range DWBA analysis of the ${}^9\text{Be}(p,\alpha){}^6\text{Li}$ reaction at 45 and 50 MeV, *Physical Review*, C54, pp. 2077-2080 (1996)

2. 科学クラブ関連

- 山下芳樹『理科のできる高校生の実録—日本学生科学賞にみる、科学好きの50年の足跡—』, 理科大科学フォーラム, pp. 30~37, 東京理科大学 (2009)
- 山下芳樹『当世、理科好き生徒気質—日本学生科学賞の50年—』, パリティー, 第26巻第9号, pp. 50~56, 丸善出版事業部 (2011)

3. その他

- 山下芳樹『包括的科目としての小学専門科学実験の方法と内容の構築』, 教科教育学研究, 第19集, pp. 43~60, 日本教育大学協会第2常置委員会 (2001)
- 山下芳樹, 星野英興, 山本逸郎, 『『挑む』姿勢を喚起させる物理実験の内容構成について—小学専門科学実験における試み—』, 弘前大学教育学部紀要教員養成学特集号, pp. 89~101, 弘前大学教育学部 (2004)
- 松田卓也『間違いだらけの物理学』, 学研教育出版 (2014)
- 山下芳樹, 平田豊誠編著『初等理科教育』, ミネルヴァ書房 (2018)

山下 芳樹教授 略歴と業績

I. 略 歴

- 1953年6月 滋賀県大津市に生まれる
- 1980年3月 大阪市立大学理学部物理学科卒業
- 1995年3月 大阪市立大学大学院理学研究科物理学専攻後期博士課程修了
高等学校教諭，弘前大学教育学部教授，広島大学大学院教育学研究科附属教育実践総合センター教授を経て
- 2007年4月 立命館大学産業社会学部教授
- 2019年3月 立命館大学定年退職
- 2019年4月 立命館大学特別任用教授

(主な学内役職歴)

- 2015年4月～2016年3月 子ども社会専攻長
- 2015年4月～2016年3月 初等教職運営委員会委員長
- 2016年4月～2017年3月 初等教職運営委員会事務局長

II. 専門分野

- 専門分野 理科教育（内容構成学），教員養成学，原子核物理学
- 担当科目 初等理科，初等理科教育法，理科入門，科学的見方・考え方，理科教育実践研究
- 学位 理学博士（大阪市立大学，1995年3月）
- 研究課題 (1) 小学校教員としての質を保障する初等教育プログラムの開発
(2) 市民の科学技術リテラシーとしての基本的用語，及びその概念形成に関する研究
(3) 地域の文化に根ざした科学教育の構築（理科教育のローカルスタンダードの確立）
(4) 学び手と成長とともに変容する自由度のある教材・教具の開発
(5) 初等・中等教育を貫く学習者の主体的学習を促す教材構成のあり方に関する研究
(6) 児童・生徒の学びの視点に立った理科教育の構築
- 所属学会 日本理科教育学会，日本科学教育学会，日本物理教育学会

III. 主な研究業績

著 書

1. (単著)『相対論への探究—知的文化遺産として—』（コロナ社，2000年）全199頁
2. (共著)『教科教育学研究（第19集）』（日本教育大学協会編，サンプロセス，2001年）43-60頁
3. (共著)『文化として学ぶ物理科学—新しい学びの場を求めて』（池田幸夫，丸善，2003年）全194頁

4. (共著)『授業づくりのための理科教育法』(左巻健男編著, 東京書籍, 2004年) 86-91, 205-212頁
5. (共著)『自由研究ガイドブック』(左巻健男監修, 東京書籍, 2004年) 215-221, 242-246, 254-259, 283-289頁
6. (単著)『理科は理科系のための科目ですか』(森北出版, 2005年) 全219頁
7. (共著)『浦島太郎は、なぜ年をとらなかったか—アインシュタインと遊ぶ—』(白石拓, 祥伝社, 2005年) 全236頁
8. (共著)『新しい高校物理の教科書』(山本明利・左巻健男編著, 講談社, 2006年) 340-361頁
9. (単著)『理数オンチも科学にめざめる! 高校物理“検定外”教科書』(宝島社, 2007年) 全256頁
10. (共著)『クイズで診断! 大人のためのサイエンスIQ』(左巻健男編, 化学同人, 2008年) 全195頁
11. (共著)『知っておきたい 最新科学の基本用語』(左巻健男編, 技術評論社, 2009年) 全432頁
12. (共著)『授業に役立つ理科教育法 (中・高等学校版)』(左巻健男・内村浩編著, 東京書籍, 2009年) 全300頁
13. (共著)『授業に役立つ理科教育法 (小学校版)』(左巻健男・小田切真・小谷卓也編著, 東京書籍, 2009年) 全271頁
14. (共編著)『実験で実践する魅力ある理科教育 (小学校編)』(川村康文・山下芳樹・秋吉博之・萩原彰編著, オーム社, 2010年) 全264頁
15. (共編著)『ドリルと演習基礎物理学』(川村康文編著, 電気書院, 2011年) 全285頁
16. (共編著)『しっかり学べる基礎物理学』(川村康文監修, 山下芳樹・林壮一編著, 電気書院, 2013年) 全292頁
17. (編著)『教授受験者から現職教員まで 教採問題から読み解く理科—粒子・エネルギー編—』(山下芳樹・山崎友紀・池田幸夫著, オーム社, 2014年) 全230頁
18. (編著)『教授受験者から現職教員まで 教採問題から読み解く理科—生命・地球編—』(山下芳樹・秋吉博之・萩原彰他著, オーム社, 2014年) 全254頁
19. (編著)『物理の学び徹底理解 (力学・熱力学・波動編)』(山下芳樹, 宮下ゆたか・山本逸郎著, ミネルヴァ書房, 2016年) 全240頁
20. (編著)『物理の学び徹底理解 (電磁気学・原子物理・実験と安全)』(山下芳樹, 宮下ゆたか・山本逸郎・船田智史著, ミネルヴァ書房, 2017年) 全192頁
21. (単著)『すべての答えは小学校理科にある (電気・磁気編)』(電気書院, 2018年) 全182頁
22. (共編著)『最新 小学校理科教育法』(左巻健男・山下芳樹・石渡正志編著, 学文社, 2018年) 全176頁
23. (共編著)『初等理科教育』(山下芳樹・平田豊誠編著, ミネルヴァ書房, 2018年) 全243頁

論 文

1. (単著)「 $E=h\nu$ について」(『滋賀科学』26巻, 1983年) 12-16頁
2. (単著)「興味関心をよぶ科学史上の実験とは『関心をひく科学史上の実験』」(教育科学『理科教育』, 1988年) 28-33頁
3. (共著)「挑む姿勢を喚起させる物理実験の内容構成について」(星野英興・山本逸郎, 『弘前大学教育学部紀要』教員養成特集号, 弘前大学教育学部, 2004年) 89-101頁
4. (単著)「授業者の願いを伝える『科学の語り』」(『理科の教育』53巻11号, 2004年) 25-27頁

5. (単著)「多様な連携を要とした授業構成について」(『学校教育実践研究』第11巻, 広島大学学校教育学部附属教育実践研究指導センター, 2005年) 1-11頁
6. (単著)「故きを温ねて新しきを知る—教材作成の原点をアルキメデス, ガリレイに探る」(『高校理科研究』15号, 大日本図書, 2007年) 1-6頁
7. (単著)「科学教養講座 理科のできる高校生の実録—日本学生科学賞にみる, 科学好き50年の足跡」(『理科大科学フォーラム』26巻3号, 東京理科大学出版会, 2009年) 30-37頁
8. (共著)「擬人化と体験学習」(坂東昌子, 『高等教育研究』16号, 京都大学高等教育研究開発推進センター, 2010年) 49-60頁
9. (共著)「自然現象の可視化—親子理科実験教室から学ぶ—」(坂東昌子・石尾広武他, 『立命館高等教育研究』11号, 2011年) 199-212頁
10. (単著)「当世, 理科好き生徒気質—日本学生科学賞の50年—」(『パリエーター』第26巻第9号, 丸善出版, 2011年) 50-56頁
11. (共著)「小学校教員養成における正課外行事での教職能力育成の可能性」(『立命館産業社会論集』52巻4号, 2017年) 83-96頁

その他

1. (単著)「キュリー夫人が発見した放射線とは」(『世界の発明発見科学史』第4巻, 学習研究社, 2007年) 全4頁
2. (単著)「アルキメデスの発見」(『世界の発明発見科学史』第2巻, 学習研究社, 2007年) 全4頁
3. (共著)「特色ある教育実習プログラムの試行的取り組み(Ⅱ)—本格的実施に向けての成果と課題」(『広島大学学部・附属学校共同研究機構研究紀要』35号, 広島大学学部・附属学校共同研究機構, 2007年) 全18頁
4. (単著)「世界でもっと美しい10の科学実験」(『Rika-tan (理科の探究)』, 星の環会, 2008年) 1頁
5. (単著)「シーソーモデル型でこ実験器—子どもの変化の子が見える実験器具」(『楽しい理科授業』2009年1月号 (No.509), 明治図書) 54頁
6. (単著)「遊びから入るからこそ実感がわく実験—遊具シーソーからはじめる自由度のある実験—」(『化学と教育』Vol.57, No4, 日本化学会, 2009年) 180-181頁
7. (単著)「科学の英知に出逢う場としてのミュージアム」(平和ミュージアム・立命館大学, 2010年) 26-27頁
8. (単著)「イギリスの科学教育から学ぶこと」(『月刊化学』71巻7号, 化学同人, 2016年) 巻頭言11頁
9. (監修)「DVD教材『地球と宇宙』全5巻」(文部科学省選定教材, バンドラ, 2016年)

IV. 社会における活動

- | | |
|-------------------|---|
| 2002年4月～2004年3月 | 第1回～第3回子ども未来新聞コンテスト (青森朝日放送主催, 文部科学省後援) 企画・監修 |
| 2004年12月～2004年12月 | 広島大学大学院教育学研究科・東広島市教育委員会連携記念教育フォーラム実行委員長 |

- 2005年4月～2006年3月 日本教育大学協会教育実習研究部門理事
- 2006年7月～2006年7月 科学コンクール（日本科学教育学会主催）審査委員
- 2008年12月～2008年12月 経済産業省中部経済産業局主催「エネルギー環境教育教室」講座主任講師
- 2009年2月～2009年2月 東京都新宿区立市ヶ谷小学校公開講座「生きる力を育む環境教育」講師
- 2009年4月～2011年3月 独立行政法人科学技術振興機構事業「社会とつなぐ理科教育プログラムの開発」（立命館大学・京都市教育委員会連携事業）研究代表
- 2010年4月～2012年3月 独立行政法人大学入試センター第一委員会委員（理科総合A）
- 2010年4月～2011年3月 NPO 法人サイエンスE ネット理事長
- 2011年4月～2012年3月 独立行政法人教員研修センター委託事業「小中学校における理数教育充実のための認知促進プログラム研修」（京都教育大学，京都市教委育委員会）カリキュラム開発・研修担当講師
- 2011年4月～2013年3月 独立行政法人科学技術振興機構「科学の甲子園」物理作題委員
- 2015年4月～ 立命館大学産業社会学部地域連携事業「サタデーサイエンス」企画・運営・実施
- 2015年4月～ 立命館大学産業社会学部子ども社会専攻小大連携事業「リカリッチ事業」企画・運営・実施（つくば開成高校・京都校，京都芸術デザイン専門学校との協力事業）

以上