

次世代に生きる科学的リテラシーの形成を見通した科学教育をめざして

田 中 実

一 討議の柱とレポートの概要

今年度の理科分科会では、次に示す(1)から(4)までの4つの柱をたて、十名の報告者から、十五本のレポートが発表された。例年のように多くの楽しい実験が紹介され、それらを交えながら活発な討議が行われた。

- (1) 子どもが楽しみながら自然科学の基礎を着実に学ぶことができる授業をどのようにつくるか。

「黒板貼り付け型分子模型」と

生徒レポートを使った無機化学の授業

高橋 理恵（北海道砂川高等学校）

発泡スチロール球に磁石を付け、黒板貼り付け型の二億倍の分子模型を作製した。またレポートも課題を出すだけでなく、学習内容に対応させて記入しやすいレポートの枠組みを毎回定めた。さらに具体的な書き方の指導を行い、赤ペン添削や、良い例のサンプルを提示するなどの工夫をし、可能な限り実物を教室へ持ち込み、実際に触れさせるなどの授業改善を行ってきた。こうした取り組みに対して、生徒の感想文から好意的な感触が伝わってきている。

分子模型の図は教科書にも掲載されている。それを発泡スチロール球で作立体的に扱う実践が、これまで本分科会でも紹介されてきた。しかし、立体であるがゆえに長時間見やすい状態を保持することは困難である。この問題を解決したのが、自作した磁石付き立体模型である。ちよつとした教材への工夫が、どれだけ生徒たちの理解に役立つ

ものか、よく分かる例である。

チリモンゲットだぜ！

篠原 暁（沼田町化石館）

チリモンとは「チリメンモンスター」の略。ちりめんじやこの収穫の際、想像を越す小さな海産物が一緒に引き揚げられてくる。背骨のある魚類はいうまでもなく、背骨のないイカやタコなどの頭足類や軟体動物、ヒトデやウニの棘皮動物、ヤムシ、クラゲ、ホヤの他、ゴカイの仲間など、大きさ数ミリの生き物がいっぱい。それらを探し出して分類させるゲーム感覚の海の生物学習である。ゲームカードにも似た分類カードを参照したり、足の本数やからだの特徴を虫めがねで観察しスケッチしたり、チリモンに夢中にかぶりつきながら、海の生物多様性を学ぶ教材の紹介である。挑戦したい方は、大阪・岸和田自然資料館のHPを参考に。

中学科学（1分野）と高校化学の橋渡しが

高校化学の第一歩

三好 敬一（札幌西高等学校）

「元素と原子はどう違うのか」という質問をよく高校生から受ける。調べてみると中学校では「原子」で物質を説

明しているのに対して、高校では「物質は元素からできている」と教え、その元素の実体が原子であると扱われている。この中学・高校での扱いの違いを踏まえずに授業展開していくと、生徒たちの混乱に気づかずに進んでしまう。

また、混合物からの精製方法である「物理変化」と、純物質の分解である「化学変化」を明確に区別して認識させるために、分解の過程を図示し、生徒の頭の中で整理して理解できるように取り組んでいる。こうしたイメージ化を助ける指導の重要性は、本分科会でも幾度となく論議されてきたが、そのよい具体例である。

「酸化還元」の導入

三好 敬一（札幌西高等学校）

教科書で扱われている「電子の授受と酸化・還元」には、飛躍があるため、「酸素による酸化還元から電子による酸化還元」への移行が、生徒にとって理解しづらい内容になっている。CuHCl₂ → CuCl₂の反応でCuが電子を失ったのはわかるが、なぜCuが酸素との化合ではないのに「酸化」というのか、多くの生徒たちが疑問をもつ。そこで、ものが燃えて酸化物をつくる際「熱や光」等を出すことに注目させ、酸素だけでなく、硫黄や塩素なども熱や光を出して燃やす働きのある物質であり、その際、燃えてできた硫化

物や塩化物も金属から「自由電子」を奪い取った酸化物であると扱うことにより、「電子を失うことが酸化」で、「電子を受け取ることを還元」と整理し理解させている。なるほど分かりやすい。

輪ゴムを使った「平行四辺形の法則」の確認

—看護学生の力学実験—

後藤 言行（勤医協札幌看護専門学校）

高校時代、物理を未履修であった学生たちに、身近な素材を用いて分かりやすく力学法則を学ぶ物理実験の紹介である。まず日常使用されている輪ゴム（十号）の特性を実験を繰り返して調べたところ、二つ折りにした輪ゴムの長さをLとすると、Lの2×2・6倍の長さの範囲内では、引っ張る力とゴムの全長は正比例することが判明した。この性質を用いて、輪ゴム間を開いたゼムクリップにひっかけて力を加えると、ベクトルの合成・分解、すなわち「平行四辺形の法則」が見事に現れてくる実験である。

「えっ」こんな輪ゴムで「平行四辺形の法則」がわかるとは！と誰もが驚くものであった。バネはかりを用いた力の分解・合成実験では、はかりのフックの太さと形状に拘束され、なかなか思うような平行四辺形が現れてこない。しかしこの実験ではゼムクリップを少し伸ばして利用する

ところもミソである。極めてローコストな実験ながら、本質を鋭く見せるよい教材である。

実験・観察をすすめやすくするため

高橋 理恵（北海道砂川高等学校）

これまで、顕微鏡の扱い方に一時間かけ、次の時間から観察を行ってきた。しかし近年、全員がすんなり取り組めなくなってきたことに気がついた。そこで一つ一つの操作や段階を確認し、着実に到達させることができる実験計画を立てた。まず、（一）スケッチの仕方。（二）顕微鏡の使い方。（三）顕微鏡検定。（四）植物・動物細胞の観察の順序である。また各時間の到達目標に対応させた記入しやすいワークシートも作成した。各種の技能を確実に獲得させていくことは、生徒たちに学ぶよこびを得させていく過程であるという実感を抱く。「顕微鏡検定」という今風の取り組みも生徒たちには受けているようである。

理科教室を明るく空気中に！

道端 剛樹（北海道古平高等学校）

四年前に発表した内容をさらに発展させ、一億倍の世界に近づけた空気分子模型群である。発泡スチロール球で

作った酸素や二酸化炭素、窒素の各分子模型に、生徒たちが色を塗り、およそ一立方メートル当たり二十五個の球を、理科室いっぱい吊るしたものである。平面上で見るよりも三次元の立体空間に吊るすと、リアルさが出て哲学を感じるとか、教室が明るくなって空気清浄機を入れたようだと生徒たちはいう。目に見えない空気を構成する分子とそばらつきを生徒たちは身近に認識し、きれいな空気の重要性や大気汚染の問題なども実感させている。

- (2) 子どもと教師の意欲を引き出す、わくわく
 実験・ものづくり教材をどのように開発するか。

体験を生かした授業づくり

館 英樹 (別海町立上西春別小学校)

「大地のつくり」の授業では、子どもたちの感性を生かし岩石の色・におい・感触・味をとおして分類を行った。また鉱物の結晶の特徴を生かして「キラキラ光る石は火山の働きでできた石。光らない石は水の働きでできた石」という、基本的な分類の視点を獲得させた上で、実際の露頭で観察に取り組ませている。見る視点を持たせることは、自然に迫るための有力な方法である。

また、総合的な学習の時間に実践した「ものづくり」では、教育大釧路校の協力を得て、「たたら製鉄」に取り組んだ。カラマツを野焼きして炭を作り、耐火レンガで造った高温の炉に砂鉄を落としながら実際に銑鉄をつくるものである。体験を生かした授業作りを行うためには、教師自らの体験不足の改善と、過疎地では近隣校の教師や地域の人々とのつながりの重要性を実感させる実践である。

鉄をつくり出した人間の知恵とその体験をとおして学ぶ学習は、理科教育の視点から、もっと注目されてよいであろう。

金は「王水のみには溶けるのではない」

—うがい薬にも溶ける—

三好 敬一 (札幌西高等学校)

金箔を溶かすには、教科書に書かれている王水だけと思われがちである。しかしそれ以外に、過酸化水素水と濃塩酸の混合溶液を用いると溶けてしまう。また濃塩酸と次亜塩酸ナトリウム水溶液(漂白剤)を加えても溶けることから、「金箔は濃塩酸+酸化剤」で溶けることがわかる。さらに実験を行ってみると「金箔に過酸化水素水+濃塩酸+塩化ナトリウム(S)」や「金箔に次亜塩酸ナトリウム水溶液(漂白剤)+濃硫酸+塩化ナトリウム(S)」でも溶

けるのである。また配位子によつて標準酸化還元電位が低下し酸化しやすくなることから、金箔にヨウ素ヨウ化カリウム水溶液を加えたところ見事に溶けてしまった。さらにうがい薬（イソジン）に金箔を浸し一晩置くと溶けてしまうことも判明した。教科書では白金や金は、より強力な酸化剤である王水にしか溶けないような記述は、誤解を招くといわざるをえない。

小学生（5・6年生）に行つた大気圧の授業

三好 敬一（札幌西高等学校）

「見た目におもしろい」だけで留まるのではなく、そこから内容が理解できる科学をめざして、次の実験計画を立てて取り組んだ。ア液体が気体になると体積が膨張する。イ大気圧の存在の確認。ウ空気があると水は入らない。エ水蒸気が水にもどると体積はほとんどなくなる。オ空き缶つぶし。カ大気圧の大きさを体感する。キ大気圧の発展。

まず丸底フラスコに水を入れ、中の水を加熱し口にゴム風船を付ける。さらに水を沸騰させると風船は膨らむ。次に、フラスコを冷やすと風船はしぼみ、さらに冷やすと、風船はフラスコ内に吸い込まれる。最後はマグデブルグ半球の実験である。これら一連の実験は、大気圧の存在を理解させるのに分りやすく、アンケートから子どもたちの反

応もたいへんよいものであった。楽しいだけに終わらずに、体感させ、きちんと科学的知識にまで落とす大切さを示した実践である。

小・中・高生徒 誰にでも出来るボルタの

パイル実験（追体験）のすすめ

齋藤 弘道（帯広 Faraday Circle）

電気学習の基礎は、電子の存在意識が基本であり、その流動的認識を強調することが中心でなくてはならないと考え、電池創造時代にボルタが実験したパイルの実験の導入を考えた。パイルとは希硫酸で湿らせた木綿を、銅板と亜鉛板で挟んだもので、その間に電位差が発生するものである。教科書でボルタ電池は扱われているが、エゴ未来の時代にパイル（異なる金属の間に電解質を挟むと電位差が発生する）を扱つてもよいのではないか。実際に発泡スチロールのトレイに電解質の役割を果たす食塩水を含ませた濡れティッシュを置き、それをアルミの一元と銅の十円硬貨で挟み、その間に生じる電位差を計つて確かめた。

フックの実験による結晶と結晶構造の理解

道端 剛樹（北海道古平高等学校）

細胞を発見したロバート・フックは、結晶の形は小さな

球体が集まってできたものだと考え、それを授業に応用した実験である。球体にはビービー弾を使い、傾けた箱の中で転がすと規則的な形ができ、それをガムテープに付けて拾い各球を接着剤で結合させていく。対称性が現れたり、単位形が規則的に並ぶことよって結晶らしきが見えてくる。結晶の実体を粒子の集合体として感覚レベルでとらえるには効果的な教材である。しかし分子レベルでの原子の大きさの違いを考えると、まだ解決しなければならぬ課題があるだろう。

たんちよう先生の実験教室—どこでも、

だれにでもできる簡単実験—ものづくり特集

境 智洋（北海道教育大学釧路校）

釧路市こども遊学館をセンターとして、大学や高専、釧路・根室の現場の教員たちがネットワークをつくり、月に一回程度、理科授業の教材・教具を紹介し合い、授業での活用方法を検討している。ここで使った実験器具などは、クリアボックスに入れて貸し出しも行っている。また小規模校への理科教育支援やサイエンスコミュニケーションの養成講座を企画中である。ここで行ったいくつかの手づくり実験や、科学グッズを紹介した。さらに釧路新聞に連載した中から、地学分野を抜き出した楽しい実験集の内容紹介

介もあつた。道東の地で新たな実験教室が胎動している報告である。

(3) 「地域の自然」をどのように教材化するか。

今回、地域の自然の教材化に関するレポートが、英樹さんのレポートの一部に含まれているものしかなかった。全道の理科に関わる調査結果からも、物理・化学教材より、生物や地学分野に関わる地域の自然の教材化の困難さが報告されている。足下の自然をとおして、自然の仕組みや自然の普遍性に繋げていくレポートは、かつていくつも報告されていた。北海道という国内でもまだまだ大自然が残されている地域でありながら、それが活かされていないことは、私たちの責任でもある。次年度は一步でも意識的に前進させる必要がある。

(4) 科学的リテラシーを身につけることができる教育課程づくり。

北海道の子どもの理科に関する実態と

科学的リテラシー

田中 実（北海道教育大学札幌校）

自然との触れ合いが疎遠になり、疑似科学が身の回りに

溢れ、テレビゲームによるバーチャルリアリティーが拡大するなかで、科学的自然観はますます形成しづらくなってきている。OECDが実施したPISA二〇〇六の調査結果で、日本の子どもたちの科学的リテラシーが、大きく立ち後れていることが示された。新旧の教育課程で育った学生たちを比較すると、理科の学習が将来の仕事の可能性を広げたり、仕事に役立つなどの意識に国内平均と比べると北海道は大きく遅れている。同時に議論の中で、ことばの捉え方によって「役立つ」の意味が、子どもたちの意識の実態を正確にとらえていない面があり、こうした調査内容の問題点も参加者の共通理解となった。

高等学校教育と教員養成を考える

—初めての大学非常勤講義記録—

宗像 利忠（北海道室蘭栄高等学校校定時制）

二十数年間、高校現場で実践してきた「仮説実験授業」を中心に大学での教職科目の一部を担当した。大学生にも楽しみながら、体験してもらおうことをねらい、授業書案「水分子の鎖とサイフォン」を実施した。学生たちの体験をもとにイメージをつくりあげ、それをもとに概念を導き出し、そして経験へと繋げていくことをとくに重視した。「押しつけない」仮説実験授業に取り組んだが、学生の新鮮な発

言で逆に多くを学ばせていただいた。

二 レポートとその論議を通して、 今後の発展と検討課題

子どもたちの疑問や実態を丁寧にとらえよう

三好さんのレポートで、元素と原子の違いの理解について報告があった。まずは、生徒からのこの点についての質問が多いこと、その原因を突き詰めると中学校と高校での「原子」の扱い方が違っていることを見いだした。指導要領の内容をただ伝えるだけでは、生徒たちの混乱の解決には必ずしもつながらない例である。

さらに三好さんは、「酸化還元」の授業でも、ものが酸素と結合して酸化物をつくることはわかるが、なぜ硫黄や塩素との結合に対して「酸化」というのか理解できないという生徒の疑問を丁寧に受け止めている。ものが結合する際、発熱や発光とともに電子を失うが、これは酸素との化合（酸化）の際の現象と共通性があることに着目させ、整理して理解させている。

こうした生徒の疑問を軽視せずに丁寧にとらえ、混乱の原因を解決することによって、自然科学の基礎を着実に学

ぶ授業の創造を今後さらに追求していく必要があるだろう。

生徒の疑問や実態を丁寧にとらえて取り組んだ実践に、高橋さんの生徒レポートの改善がある。生徒は文章が書けないのではなく、書き方がわからないのでその指導から始め、記入しやすいレポートになるよう枠や文字マス、図なども入れ、様式を整え、的確な指示を与えて改善をしていく取り組みである。

一方通行的な指示的授業から、日々変化する生徒の実態を的確にとらえ、そこにかみ合う形での授業改善をさらに追究していこうではないか。

教員も探求して授業に臨もう

誰もが目を見張ったのが、輪ゴムを用いた「平行四辺形の法則」を理解する力学教材の開発である。輪ゴムは加えた力に比例して伸びるのかどうか、また仮に比例した場合の限界の有無は、さらに繰り返して伸び縮みさせても、物理の実験教材としての適格性等々、こうした問題点を見極めるには、相当正確な探求的な実験が必要である。物理出身の奥さんの活躍もあり、精密に測定された実験値とグラフが示され、誰もが納得させられた。すばらしい教材を作り上げるには、このような教員自身の探求活動の必要性を痛感した。

また、うがい薬でも金は溶けるといふことの発見は、数々の探求実験によってたどりついた結果である。教科書に書かれているように、金は王水にしか溶けない印象を私たちはもっている。しかし、濃硫酸と酸化剤で溶けることが分つてから、濃硫酸と漂白剤（次亜塩酸ナトリウム）と塩化ナトリウムでも溶けることを見つける。さらに配位子が標準還元電位を低下させて酸化しやすくなることに注目し、ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液で試みて成功する。そしてヨウ素の複合体であるうがい薬のイソジンに至ったのである。こうした教員の個性を発揮させる飽くなき探求活動をさらに広げていこうではないか。その活動は、必ず新たな困難に立ち向かう原動力に転化していくことであろう。

子どもや地域へ科学のまなざしを注いで

あんなに小さいチリモン（チリメンモンスター）が、なぜあれほど子どもから大人までみんなを夢中にさせるのか。大人にはまだ失われていない子どもの目を持っているからであろう。その目の輝きを予想し・期待して、篠原さんは沢山のチリモンを準備して分科会に臨んだのである。館さんは、過疎地の学校に地域の他の学校の教員や教育大学釧路校の協力を得て、「たたらセット」の材料を運び込み、砂鉄を十八・六キログラム、野焼きで作ったカラマ

ツの炭を三千四・四キログラムを使って銑鉄を取り出した。道端さんは、足掛け五年をかけて生徒たちと空気の立体模型を作り上げ、その存在を実感させている。

境さんは、地域の科学館や理科教員たちと連絡をとり、科学教育支援のネットワークを立ち上げ、横のつながりをおとして、地域に目を向け出している。

そして齋藤さんは、地域で毎年「科学お楽しみ広場」を開催し、多くの子どもたちを集め、楽しい科学の普及に努めている。

このように自治体の職員、小・高・大学の教員、退職教員がそれぞれの立場から、子どもや地域へ科学のまなざしを注ぎ働きかけている。三十年以上もこの分科会が自主的に続けられていることに驚きをもって参加した中国・チベットからの留学生もいた。レポート数は、かつてのように多いとはいえないが、子どもや地域に科学のまなざしを向ける教員たちの熱い心を次年度に向けてさらに広げていくのではないか。

三 北海道における子どもたちの科学的リテラシーの形成のために

近年、科学的リテラシーが注目されている。発端はP I

SA二〇〇六の結果で、日本は科学的リテラシーの一端が、OECD平均より十から二十ポイントも低いことが表面に現れてきたからである。それだけでなく、科学的リテラシーの形成という課題は、これまでの日本の学校教育観をゆがす重要な内容を包含しているように思われる。

これまで日本の教員は学習指導要領で示された学習内容をいかにわかりやすく伝えるかという使命をもち、その思想が学校現場を大きく支配していた。しかし、PISA型科学的リテラシーの形成という視点では、子どもたちが巣立っていく、社会や世界、地球の将来をみすえ、どのような能力・資質を形成した人間を育てるべきかという、教員の使命の位置づけに対して根本的な変換を求めているのである。

すなわち教員は知識を伝達し、子どもたちはその習得の成果であるペーパーテストの高得点をめざしてきた伝統的な教育スタイルから決別し、学習の目標を将来の「持続可能な社会の実現」に向け、主体的に参加し実践できる能力や資質の形成へと転換が迫られているのである。そのため、探究活動や問題解決を取り入れた理科カリキュラムは、どうあらねばならないのか、私たち一人ひとりに課題が与えられているといえよう。

科学的リテラシーとは、「科学に関する課題について、

何が問題であるかを見分ける能力。新しい知識でもって現象を科学的に説明できる能力。科学的知識を活用し証拠に基づいて結論を導き出す能力。人類の知識と探求の一つの形として自然科学が理解できること。科学や技術が我々の物質的、知的、文化的な環境を創ってきたことを自覚できること。科学に関連する課題に対して、科学の考え方をもって積極的に社会に関わることができる。」ことである。

この内容は科学の成果としての単なる知識習得のための学習ではなく、将来の「持続可能な社会」のために活かす科学的能力・科学的資質の内容の問題として記述されていることが特徴である。

私たちは、このような国際的な提起を受けて、北海道の子どもたちが、この科学的リテラシーの形成においてやや遅れをとっていることを自覚し、足下の教室から、職場・地域から、将来の社会や世界をみすえて、科学的リテラシーの形成に向けた取り組みをすすめていこうではありませんか。

参考文献 「科学リテラシーと授業改善」二〇〇七 図書

文化 寺岡英男

(北海道教育大学札幌校)