

豊かに視野を広げながら 夢を育んでいく理科の授業

千葉県千葉市立泉谷中学校

学校長	三根 豊治	生徒数	824
PTA 会長	小田 仁志	学級数	25
教 頭	斎藤 篤 津野 政彦	電話番号	043-291-6600
研究代表者	高野 展也		



「セミの体重測定！」
正確なデータ収集が論理的思考を深める。空想の世界から、やがて“科学の物語”へと変化してゆく。(本文 p17～19)

昨年度までの経過

1 子どもたちに何が必要なのか

(1) 行動の IT 化

筆者が2年前、この課題論文で「思考の IT 化」と表現した子どもたちの状況はますます加速している。ケイタイ（携帯電話のこと、以下「ケイタイ」）で連絡を取り合い、遊ぶ約束をする。直接本人へ電話をかけるから、とりつく親の防御壁はない。重要事項は、メモをとるよりケイタイカメラで写真を撮り、そのまま友人へ転送してしまう。“忙しい”子どもたちは、こうやって時間短縮をしている。情報は世界を駆け巡っている。自分の部屋でパソコンを開き、地球の裏側で起こっていることをリアルタイムで知ることできる。大人達よりも柔軟に新しいハード（機器）もソフト（方法）も受け入れ、驚くような裏技を使いこなす。大人から見ればびっくりすることでも、こういうことを特別なことと感ぜない。そういう世界に溶け込んで育ってきたからだ。もちろん、全ての子どもがそうなったわけではない。しかし、全体的には、想像よりはるかに高速度で子どもたちの IT 化は進んでいる。待ち合わせた友達が時間に来なければ、メールで連絡を入れておき、さっさと出発してしまう。確認の連絡を取るより、このほうが早くて安上がりだからである。思考の IT 化だけでなく、「行動の IT 化」も始まっている。

そこで、私たち教師はこの変化に対応して変わっていく努力をしていかなければならない。ただし、何をどう変えていくか、これが問題である。ただ目新しいことをすればよいのではない。“不易と流行”という言葉があるように、変えなければならないものもあれば、時代の変化には関係なく、きちんと残しておくべきこともある。このことを念頭におき、「科学が好きな子どもを育てる」という本論文の課題に向き合いたい。

(2) 本校の状況

車道と歩道が分離され、生徒たちは小川が流れる通学路を登校する。湿地と凹凸の多い地形を利用し、自然の谷地を開発計画に取り込んだしゃれな住宅街が校区である。昭和59年4月に千葉市の51番目の中学校として、千葉市椎名崎町899番地(現千葉市緑区おゆみ野中央4-2)に開校し、創立23年を迎えた。創立当時は畑地と山林であった学校周辺は、住宅地としてめざましく発展した。騒音が少なく、街路には緑があふれ、環境は大変恵まれている。生徒数の減少が全国的に見られる中、本校の生徒数は漸増し、学区の一端にできた新設校と分離した(平成9年)後も生徒数は増え続けている。保護者の職業は会社員・公務員が全体の90%近くを占め、自営業等が少ないのが特徴である。新興住宅街ながらも学区住民の連帯意識は強く、学校への協力姿勢は大変意欲的で、保護者の教育への期待と関心は非常に高い。

本校の紹介

美しい街・おゆみ野

千葉市南部の原野を開いたおゆみ野の地。その一角に我が泉谷中学校がある。「泉谷(いずみや)」の名の通り、あちこちに自然の谷地が残っている。その湿地を結んで作られた小川に沿って、縁石が置かれ、石を敷き詰めた遊歩道がある。その茂みの木陰を生徒たちは登下校している。小川には水棲生物が増え、春には蛙の声も聞こえる。朝夕に四季の移ろいを感じられる、環境の豊かな校区である。中心街を結ぶ車道は一段高いところを通っている。敷石から続く階段を上って商店街へ出ることになる。



【学区の商店街】



【木陰の遊歩道を登校する生徒達】



【車道から降りて正門へ向かう生徒たち】

【車道と分離された通学路】



【中庭で遊ぶ生徒たち】



【グラウンドを泳ぐ鯉のぼり】

写真の説明は次ページ

上左：【学区の商店街】小規模の専門店やコンビニなどが集中し、泉谷の中心地となっている。この写真の後方左側を遊歩道へ降りると本校がある。

上右：【木陰の遊歩道を登校する生徒達】夏の日差しを避け、木陰を求めながら登校する生徒たち。左手には巨岩で整備された小川が見える。ヤゴ、ミズスマシなどの水棲生物が多く、自然観察を楽しめる。それぞれの遊歩道の分岐点に道しるべが立ち、「春の道」、「中の道」など、それぞれの風景を示す道の名前がつけられている。

中央：【車道から降りて正門へ向かう生徒たち】真ん中はアスファルトになっているが、車は通らない。後ろ遠方の、一段高いところに車が見えるのが車道。

中段右：【車道と分離された通学路】正門から北側の「中の道」を見た風景。後方に見えるトンネルの上が車道。小川に沿った遊歩道が、車道の下をトンネルで貫き結ばれている。

下左：【中庭で遊ぶ生徒たち】春の日の、昼休みの様子である。グラウンド側よりも日当たりがよく、昇降口前なので多くの生徒が集まってくる。

下右：【グラウンドを泳ぐ鯉のぼり】PTAの方から寄贈された鯉のぼり。グラウンドの手前、テニスコート横のポールで元気に泳いでいる。

生徒数が年々増加するにしたがって、生徒指導上の問題を多く抱えるようになった。しかし、ここ数年、若い教員の比率が高くなり、活気にあふれる学校となってきた。ベテラン教師がリーダーシップを発揮し、若手教員と融和しながら、積極的に生徒の中へ入っていった。さらに、PTAの強力なバックアップを受けて、「きちんとした服装の指導」に力を入れた。これを足がかりとして、様々な場面で「いけないことはいけない」という意識が生徒の中に浸透し、徐々に問題は解決してきた。今は、いわゆる“普通の”中学校になっている。

(3) これまで(16年度後期～18年度前期)の取り組みの経過

まずは理科部会から

このような経過の中で、本研究の代表を務めている筆者は本校3年目を迎えた。本論文への取り組みを「『多面的な視点から深く思考する子ども』を育てる工夫」というテーマで2年前から始めた。この中でメインとなった「まずは理科部会から」(16年度論文p7「まずは理科部会から」の項、参照)の取り組みは、名目通り、理科部会を中心としたものである。当時学校全体で進めていた校内の研究テーマである「『学び』を高める指導法の工夫 生徒の活動を主体とした授業の実践を通して」とは別に、独自にこの課題論文に対応するために取り組んだ。

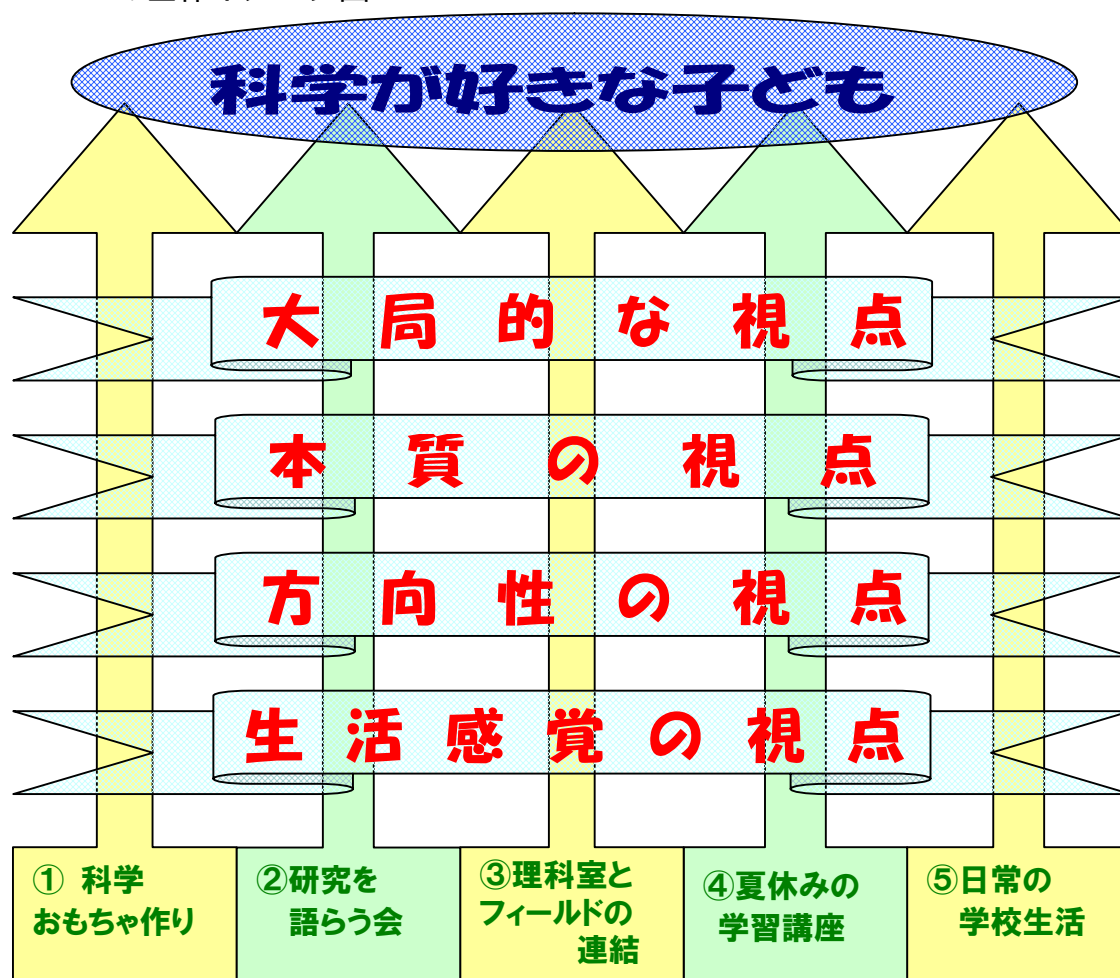
この取り組みの概略は、「多面的な視点」を子どもたちに持たせ、深い思考を進める手立てをもたせる工夫、すなわち、校内の活動の様々な場面において、多面的な視点を織り込ませて考えさせる工夫である。具体的には、「大局的な視点」、「本質の視点」、「方向性の視点」、「生活感覚の視点」から、身近な疑問点を論理的な思考で追究していく姿勢を育てる取り組みであった。

【資料1】多面的な視点とは

大局的な視点	大局的な見地から見ようとする視点
本質の視点	本質を見抜こうとする視点
方向性の視点	様々な方向から見ようとする視点
生活感覚の視点	日常生活の感覚から見ようとする視点

この取り組みの全体像をイメージ図で表したものが【資料2】である。この取り組みで多くの成果を得ることができ、確かに学校全体への刺激にはなった。しかし、理科部会独自の取り組みであって、校内の研究テーマとは別に取り組んだため、検証授業の設定や部会の検討会などにおいて、やはり無理があったと言わざるを得ない。

【資料2】17年度の取り組み「多面的な視点から深く思考する子どもを育てる工夫」の全体イメージ図



昨年度から本年度への取り組み

この反省を踏まえて、昨年度は学校全体との調和を考慮しながら、無理のない実践を進めるよう心がけた。幸いなことに、昨年度から筆者が研究主任を務めることになり、生徒の実態分析を担当し、学校全体の研究主題を設定する立場となった。さまざまな調査から、本校生徒は高い能力を持ちながらも、より高い目標に進もうとする意欲が見られない生徒たち、あるいは自分の持っている力を出し切る努力が足りない生徒たち、という姿が明らかになってきた。そこで、学校全体の研究テーマを「望ましい自己表現ができる生徒の育成」とし、よりよい自分を発揮するための指導法を、学校全体で追究していくこととなった。

この実態分析を踏まえ、理科部会では、よりよい自分を発揮するための意識の根源を「目的意識の強弱」と考え、子どもたちに「目的意識を持たせることの重要性」を強く感じた。そこで、昨年度の論文では、「目的意識を持って思考する子どもを育てる工夫」をテーマとし、WN授業とMAを中心とした取り組みを進めた。(17年度論文p11参照)具体的には、「WN(Why Narrating、理由の説明)授業」として段階を追って理由を説明する授業、「MA(Mistake Analysis、間違い分析)」によるつまづきの原因を探る取り組み、の2つを柱にして取り組んだ。(【資料3】および【資料4】)なお、昨年度の論文では、語呂合わせの関係で「MA法」と書いたが、現在は「MA」と表記し、「エムエー」と呼んでいる。

この過程で、理科部会の公開授業を行い、他教科の教師たちを招いたり、校内全体研修会の場で理科部会の研究発表会を開いたりして、学校全体を巻き込んでの取り組みへと広がっていった。さらに、生徒たちの落ち着きとともに、それまで生徒指導に明け暮れていた学校全体に、授業の工夫に力を入れる雰囲気が出ていった。

【資料3】WN授業の一例

ある単元の終了 アンケート実施(疑問点、単元に関連する諺、言い習わし等)理由付けを行わせる命題を教師が選択し、場合によっては文章を再構成する。「条件(仮定)」、「理由」、「結論」の表を作成し、で選択した命題から「条件(仮定)」、「結論」の欄だけ記入しておく。(「理由」の欄は空白)

WN授業本時

- ・ 各自で選んだものの「理由」の欄(【資料7】の表の網掛け部分)を記入していく。
- ・ 「理由」の欄を発表する。

【資料4】MAでの留意点

問題や質問を作成する際に、授業経過と関連させる。

問題や質問の作成時に、多いと思われる誤答を予想する。

誤答の予想から、回答の仕方(内容、方法、深度など)を検討し、回答方法を決定する。

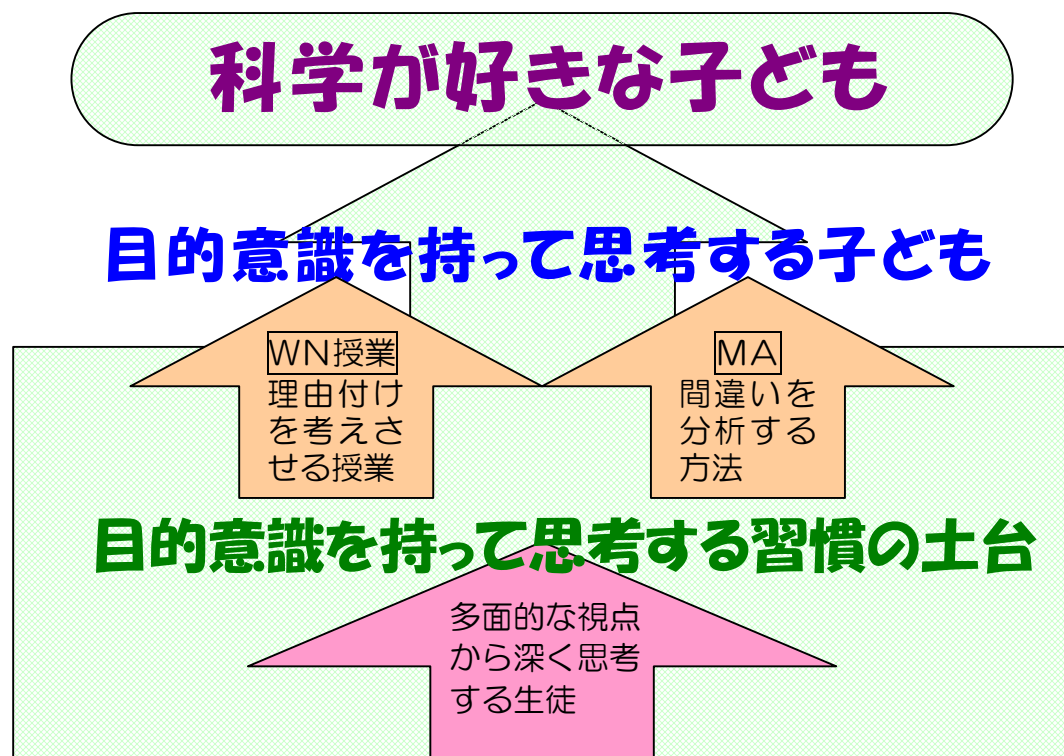
誤答が予想の範囲より多い場合は、誤答の原因を追跡する。

追跡の方法は、問題や質問自体の妥当性、回答の仕方、授業や生活経験との関連などを中心に進める。

場合によっては、聞き取り調査や再度のテスト実施を検討する。

以上のことを総合的に考えて、以後の授業や指導場面で生かしていく。

【資料5】18年度(昨年度から本年度)教育計画の全体構造図



昨年度から今年度にかけての実践の経過

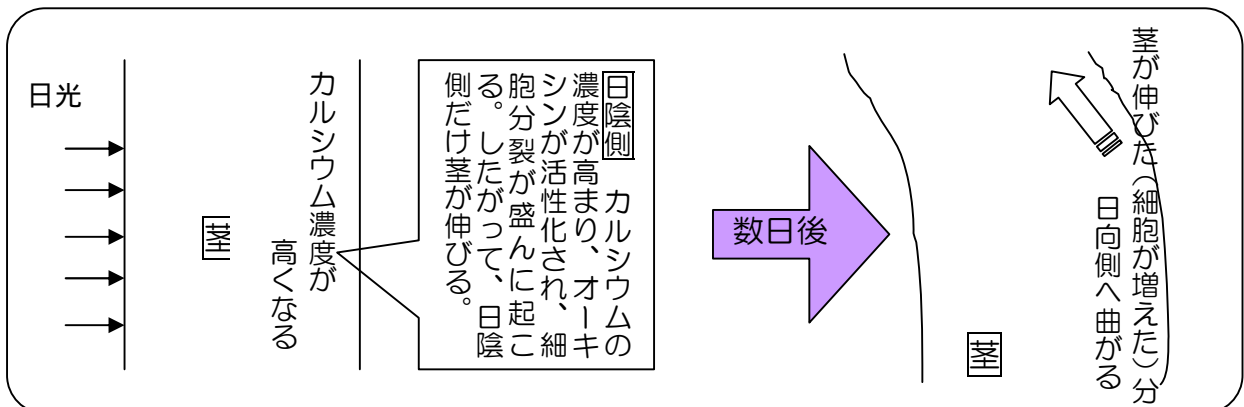
ア.WN（理由説明）授業

自然科学は、自然界の不思議を解明するものであり、端的に言えば、ある現象の「理由を説明すること」が自然科学といえる。したがって、自然科学の基礎である理科の授業では、観察や実験を通して原因を探る学習をしている。ところが、実際の理科の学習場面において、様々な事象や法則についての理由付けの内容や程度が、分野や題材によってまちまちで、不明確な場合が多いのである。つまり、このWN授業が重要な理由は、法則や原理を理解するためには疑問のもととなった「目的意識」が大切であり、その目的に合わせて法則や原理の「理由付け」を行わせれば、学習に対して意欲的になると考えた点である。

例えば、「低気圧が近づくと天気が悪くなる」という現象について、その理由付けはどうなっているだろうか。教科書では、「低気圧の中心に風が吹き込み、上昇気流ができて断熱膨張が起こり、空気が露点以下になって氷結し雲ができる」というように、段階を追って詳しく述べられている。それに対して、例えば植物の単元で、光の指してくる方向に植物が曲がるという「屈光性についての茎が曲がる理由」や気象の単元においての「雲のでき方と雷が発生するしくみの関係」などの理由付けはどこにも記されていない。おそらく、内容の難易度や生活との関連の大小などによって、理由付けの必要の有無やレベルを取捨しているのであろう。

今あげた屈光性については、植物の成長ホルモンが関係している。成長ホルモンには、オーキシン（インドール酢酸）、ジベレリン、サイトカイニンなど多くの化学物質が知られている。この中で、主に茎の成長に関係しているのはオーキシンである。この活性化にはカルシウムイオンが関係する。生命活動のさかんな日向側の細胞では物質移動や呼吸のためにカルシウムが不足しがちなため、カルシウムイオン濃度が高くなっている日陰側の細胞でオーキシンがよくはたらく。そのため、日陰側で細胞分裂が盛んに起こり、結果として日陰側が伸びるため、茎が日向側に向かって曲がる。これが、光の方向に茎が曲がる理由付けである。この一連の様子を図で表すと【資料6】のようになる。

【資料6】オーキシンがはたらくメカニズム



これと同様に、様々な条件のもとから導かれる原理や法則の「理由付け」としてあげられているものを、中学校の理科の学習の中で確認してみよう。【資料7】の表では、「どのような条件（仮定）」から始まり、「～になるという結論」を終わりとすると、その2つを結ぶ部分を「理由付け」として、一覧表にしてみた。教師によって説明の仕方などに多少の違いはあるだろうが、一般的には以下のようなものだろう。

【資料7】法則についての理由付け

分野	条件(仮定)	理由	結論
物理	斜面上に台車を置き、手を離す。	重力のうちの斜面にそって下向きの力がかかり続ける。	速さが速くなる。
物理	抵抗に電流を流す。	×電子が原子と衝突するため、原子の振動エネルギーが増す。	熱が発生する。
化学	空気中で紙を燃やす。	紙の炭素分が空気中の酸素と結びつく。	二酸化炭素が生成する。
化学	水の温度を下げる。	×水の分子の振動エネルギーが小さくなり、分子が規則正しく並ぶ。	氷になる。
生物	植物に十分な光を当てる。	生活エネルギー以上の有機物を得ると有機物は成長に使われる。	植物が大きくなる。
生物	植物に一方から光を当てる。	×日陰側の成長ホルモンが活性化し、日陰側の細胞分裂が盛んになる。	茎が日向側へ曲がる。
地学	不整合がある。	その地域が陸地化すると不整合面ができる。	陸地化したことがある。
地学	星の表面が青白い。	×燃えると高温になるガスが燃焼(核融合)している。	表面温度が高い。

理由の欄
 ・・・・理由を中学の学習で取り上げている。
 ×・・・理由を中学の学習で取り上げていない。

以上の表では、主なものをあげたが、「【資料3】WN授業の一例」の流れにあわせて行った授業例を紹介する。単元は2年生の「天気の変化」で、「湿度」を題材としたものである。まず、湿度に関する授業後のアンケートをとった。内容は、以下のような意見が多くあがった。

【資料8】授業後の質問項目のアンケート

(「天気の変化」授業後のアンケート・「湿度に関する項目」)

高気圧と低気圧、前線、雲のでき方、等に関する項目は省略
 湿り気というのは水蒸気なのか、水なのか。
 飽和水蒸気量がわからない。
 露点とは何か。
 露点を測ると、どうして湿度が計算できるのか。
 露点の表の意味。
 雨が降っているとき湿度。
 温度と湿度の関係、湿度と天気の関係、温度と天気の関係。
 冬の異常乾燥注意報。 など

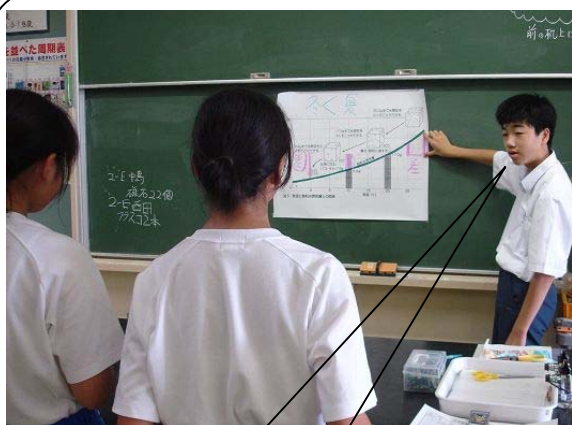
この中から、生徒の興味関心のレベルや生活面との関連などから、理由を説明することによって、より理解が深まるとと思われる項目を、教師が選び出し、それを文章化して命題とし、理由付けを行わせた授業である。ここでは、「夏の方が冬より湿度が高いが、夏の方が冬より洗濯物がよく乾く。」という命題にした。

まず、グループごとの討議の時間をとる。その後、自分の意見をプリントにまとめる時間をとった後、発言の希望者をグループに関係なく発表させる。グループ討議の間は、教師は机間指導によって、飽和水蒸気曲線における温度と飽和水蒸気量の関係

などをヒントとして耳打ちする。生徒によっては、「冬の方が湿度が低いから、実は冬の方がよく乾いている。」という意見もまとめの発表の中で出てくる。しかし、多くの生徒は「夏は気温が高いため、飽和水蒸気量が大きい。そのため、飽和水蒸気量に対して表される湿度が高くても、多くの水が水蒸気になれるから、夏の方がよく乾く。」という結論を導くことができた。この理由付けの授業の中で、「湿度は飽和水蒸気量に対する水蒸気の割合」ということをしっかり理解できれば、洗濯物の乾き方、冬の異常乾燥注意報と静電気の関係など、それぞれの目的にあった疑問解決へと発展させることができる。大切なことは、「条件(仮定)と結論」の間を結びつける「理由付け」を考える時間を通して、知識や法則を活用しながら、矛盾のない、筋道の通った思考を行わせることである。この習慣によって、着実に論理的な思考を深めることのできる子どもへと成長していくと考える。

【資料9】理由付けを行う授業

「夏の方が湿度が高いのに、どうして冬より洗濯物がよく乾くのか？」



【飽和水蒸気曲線を使った説明】

「湿度」とは、その気温での飽和水蒸気量に対する、実際の水蒸気量の割合で定義された数値であることを確認する。そして、夏と冬の気温の違いをもとに、飽和水蒸気曲線のグラフから、およその湿度を読み取るコツを知る。これによって、洗濯物の乾き具合は、単純に湿度の大小で決まるものではないことをつかむ。そして、現在の実際の水蒸気量はその気温における飽和水蒸気量に対して、あとどのくらい水蒸気に変化できるゆとりがあるか、で乾き具合が変わることを説明する。「理由付け」授業には次のようなものがある。

洗濯物がよく乾くかどうかは、湿度が何%ということではなくて、あとどれだけの水蒸気が気体になることができるのか、がポイントです。

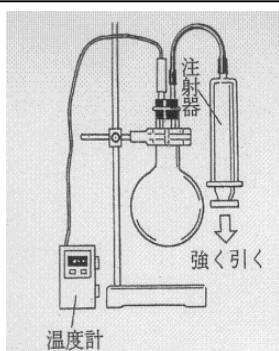
石灰水に二酸化炭素が入ると白く濁る。
星の色から、星の表面温度が推定できる。
家庭用の配線は、並列に配線されている。
人間に比べて、昆虫はたくさんの卵を産む。
肝臓ではアンモニアを尿素に変えている。など

イ. A (間違い分析)

間違いを分析することによって、生徒のつまづきを発見し、指導の手立てを明確にすることができる。「指導と評価の一体化」が強く叫ばれ、とりわけ、よい面や可能性を積極的に認める個人内評価が言われている。しかし、科学が好きな子ども的一面としてあげた「思考をめぐらす力」(17年度論文、p1参照)を深めるという課題において、思考過程の間違いを分析する方法は有効だと考えた。そこで、過去のテストで、恒常的に比較的正答率の低い問題をピックアップし、その問題の誤答について分析した。

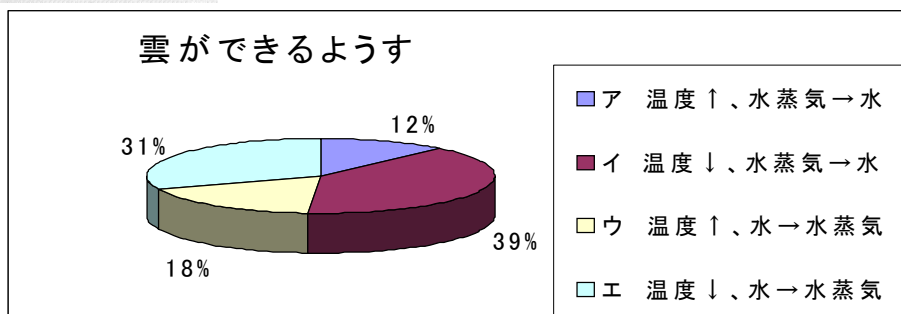
この取り組みのきっかけとなった問題は、2年生「天気の変化」における雲のでき方に関する問題である。毎年テストで取り上げる問題であり、決まったように正答率が低い。教師側の指導に問題があるのだろうが、どの点に力を入れて指導すべきかのヒントを得る必要があった。

【資料 10】比較的正答率が低い問題の例と選択率



【問題】 雲ができるようすを調べるため、図のような装置で実験しました。注射器のピストンをすばやく引くと、容器内が白くくもりました。この実験からわかることについて正しく説明したものはどれですか。

- ア 空気は膨張すると、温度が上がり、水蒸気が水になる。
- イ 空気は膨張すると、温度が下がり、水蒸気が水になる。
- ウ 空気は膨張すると、温度が上がり、水が水蒸気になる。
- エ 空気は膨張すると、温度が下がり、水が水蒸気になる。



細かい分析結果は、昨年度の論文（p16「間違いを分析することの有効性」～）に譲るが、結論として、間違った解答をした生徒の多くが「雲の正体を水蒸気としていた」ことが原因であったことが明確になった。このことは、ある程度予想していたことであったが、さらに分析を深め、誤答した生徒の追跡調査をした。その結果、その原因が小さい頃につかんだ雲のイメージで固まっていたことによるものであることがわかった。要するに、生活経験の中に誤ったイメージがあったことになる。思考する場面を与える前に、わかっているはずの雲とは、何であるかを正確に説明する必要があったことになる。

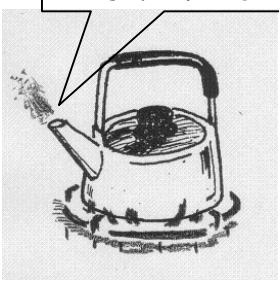
また、授業を終えてから1年近く経った3年生にも同様のアンケートを行った。びっくりしたのは、教師が「雲を作る実験を行います。」と宣言して行った実験を見て、「その実験、つまり注射器を使った実験が、雲を作る実験だったということは、だいぶあとになってからわかった。」という感想である。付け加えて、「白くくもったものが雲とは思わなかった。」とも言う。さらに、教師が「水蒸気が水に変わりましたね。」と言ったにもかかわらず、「白いのは水蒸気」と思っていたそうだ。小さい頃に根付いた誤概念の解消は想像以上に難しいのである。MAは、教師の気持ちを白紙に戻し、生徒の目線に立ったレベルで行う注意の必要性をあらためて強く感じた。

【資料 11】資料 10 の問題で誤答した生徒（「雲の正体は水蒸気である」と答えた生徒）へのアンケート結果（生徒の言葉のまま）

だって、水は浮かぶものではない。
 水だったら空になくて、落ちてくる。
 水蒸気は上のほうに昇っていくもの。雲は上のほうに上っていく。
 ドラえもんとかアニメで雲の上を歩いてるでしょ。あれが水だったら、びちゃびちゃだし・・・。
 雲の模様を見ていると、水のような塊でなくて、フワっとした空気みたい。など

MAは本項目であげたようにわざわざ行わなくても、普段の授業やテストなどで、日常的に行っている。しかし、昨年度の論文で述べた「やかんから出る湯気」の問題のように、生徒自身が間違いを意識せずに通り過ぎていく間違いがある。やかんの口から離れた部分で湯気（水）が見えなくなるのは、温度の上昇で水蒸気になるのではない。「幅広い空間のため、大量に水蒸気になれるので、温度は下がるが水蒸気になって見えなくなる。」という理由をきちんと説明できるかどうかで、真に理解しているかを確認することができる。つまり、「MAをWN授業によって深める」わけで、こういう場合には意識してMAを行う必要がある。これが、昨年度の全体構造図（本論文p5、【資料5】）で示したものである。すなわち、「MA（間違い分析）とWN（理由説明）授業」の2つが、科学を好きな子どもを育てるための2つの土台となっていて、互いに関連し合っていることを指している。

【資料12】やかんから出る湯気の正体？



「温度が下がれば水になるのでは・・・？」

やかん内の湯が沸騰し、水蒸気がさかんに出てくる。しかし、水蒸気は見えない。やかんの口から少し離れると冷えて水になり、湯気として見える。しかし、少し上に行くと、また見えなくなる。これは、体積あたりの水（湯気）の量が微量なので、また水蒸気に戻ることができる。つまり、空気の中へ溶け込んで見えなくなるのである。

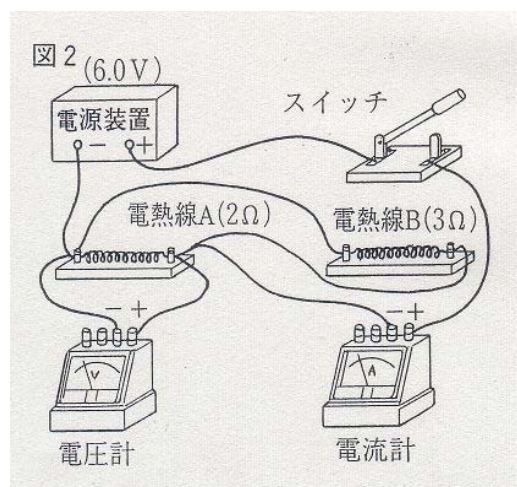
普通に考えると、やかんの口から離れるほど温度が低いわけだから、水のまま、つまり湯気（水）のまま、水蒸気に戻れないのではないかと考えてしまうのだが・・・。

さらに、昨年度の反省として、そのときだけの授業やテストだけのMAでは不十分であることがわかった。年度にまたがる調査を行い、経年比較などを行って、間違いを見つけていく努力が必要であった。次にあげた例は、前年度まで比較的到達度が高かった内容であったはずなのに、昨年度急激に到達度が下がったために、教師側の指導において改善すべき事柄が明白になった例である。

出題は、2年生の電流の範囲で、復習のために3年生に出題した問題である。（【資料13】参照）あらためて問題を見直してみると、出題形式、すなわち実体配線図で出題したことにつまずきの原因があるのではないかと推定できた。そこで、この問題の後に、前年度の問題と同様な形、すなわち実体配線図ではなく回路図によって、回路を示し同じ内容で数値を変えて出題した。すると、回答率は大きく上がった。つまり、電圧、電流、抵抗の関係、すなわちオームの法則は理解できていたが、配線の読み取りができていないことがわかった。授業での実験の際、机上で実際に配線しているわけだが、法則にまとめる際、教師側は単純明快な回路図の形で板書してしまう。この、教師たちが無意識のうちに行ってしまった「実際の配線状態から回路図への書き換え」が生徒たちのつまずきの原因であり、オームの法則の計算法以前の問題だったわけである。家庭科の調理実習などで、食材の調達段階から実習を始める必要性と同じ問題だ。料理の手順やコツを知っていても、食材が調達できないのでは料理ができないのと同様だからである。

この例では、問題の出題形式を換えることによって、理解不足の内容を明らかにすることができた。MAの取り組みは、日々の実践はもちろん、過去の正答率との比較など経年比較なども行いながら、今後も継続して取り組んでいくつもりである。

【資料 13】「実体配線図で出題したオームの法則の問題」における誤答の原因



【実体配線図で出題した問題】

左の図において、電流計の値、電圧計の値、を出題した。結果は、の正解率が 28%、31%であった。確かに、図は複雑になっているが、計器である電流計、電圧計を取り除いて考え、直列回路か、並列回路かを見極めることができれば、オームの法則の式に代入し、計算で求めることができる。

正答した生徒に聞いてみると、「一度、回路図に直し、見やすくしてから計算した。」という生徒がほとんどであった。結局、この問題での誤答の原因は、オームの法則の計算ができないのではなく、回路の読み取りができなかった、ということが明らかになった。

同様の問題を、回路図で示し、数値を変えて出題してみると、正解率は、それぞれ 88%、78%となり、正解率は 2 倍以上になった。これにより、誤答の原因は実体配線図の読み取りの技術であることが明らかになり、教師側の授業改善のヒントになった。

なお、MA というのは、やればやるほど底なし状態であることを痛感する。普通、真実の一つに定まるが、「間違い」というのは真実以外の全てを指すからである。例えば、意外に多いのが「単純な言葉の間違い」である。ダイナミック (Dynamic、流動的な、動きのある) という言葉を聞き、「ダイ」から日本語の語感「大」をイメージしてしまい、豪快な、というような意味に取り違えてしまうことがある。巨大なカボチャ料理がダイナミックなはずもなく、小さいアリでも、リズムに乗って動き回っていればダイナミックなのである。同様のことを、理科の例であげると、1 年地学「地球」において、示相化石から当時の環境を推察する単元がある。サンゴの化石があれば「暖かくてきれいな海」というのが通説であり、教科書にもそう書かれている。しかし、中学生が「きれいな」から受け取るイメージとして「人間が汚していない」のように考える場合がある。だから、「サンゴが住んでいた海はゴミのない海だった。」などと、とんでもない考えをしてしまう。実際には、地学で「きれいな海」とは、流れが弱く砂が巻き上がらない澄んだ海、あるいは岩場の澄んだ海、あるいは有機物が少なく微生物がいらないため濁っていない海、つまり「透明度の高い海」を指す。有史以前の化石について考えるのに、人間による環境汚染をイメージしてしまったことが間違いの原因だが、こういう単純な間違いも MA の中で割合多く発見することである。以上のように、際限がないだけに、MA は地道に取り組んでいくしかない。

(4) 本年度後期から来年度の取り組みに向けて

取り組みの手ごたえ

以上のような取り組みの結実の姿が現われるのが、理科においては科学論文であろう。毎年、9 月から 11 月頃において、市レベル、県レベル、全国レベルへと段階をおったコンクールが開催される。本校でも、夏休みを中心にして自由研究を課し、校内の代表論文をコンクールに出品する。結果は、一昨年度、昨年度を通して、市レベルでの推奨作品 (各学年数点ずつの優秀作品) が増え、県のコンクールに進んだ作品が高い評価を 2 年連続で受けた。取り組みの手ごたえがはっきりとした形となっている。それと呼応するように、理科の時間の姿勢が明らかに活発になり、選択理科を希

望する生徒の数も徐々に増え、理科教師にはうれしい悩みとなっている。

以上のような手ごたえは、今までの取り組みが妥当な方向である証であり、今後の取り組みに対して、教師の意欲を後押ししている。ただし、どの取り組みがどの成果へつながったのか、というような細かい検証はしていない。学校全体、地域全体の関わりの中で得られた成果であって、細かい分析は難しい。簡単にまとめれば、生徒たちに落ち着きが見られるようになって、教師たちが様々な工夫を凝らす場面が増えたことが、このような目に見える形の成果につながっているのである。そして、教師と生徒の会話が増え、持っているノウハウを子どもたちにしっかり伝えることができるようになったということだろう。この追い風に乗って、子どもたちがさらに高い段階へ進むために望むことがある。それは、「持っている力を存分に発揮する態度」と、そういう態度を教師が意図的に育てていく力量の向上である。

教師の姿勢

例えば、WN授業にしても、MAにしても、自分の意見を表現できなければ、理由の説明もできないし、その間違いを見つけることもできない。このことを、まず念頭におきたい。そして、本校の全体研究テーマである「望ましい自己表現ができる生徒の育成」という主題を考慮に入れ、「科学が好きな子どもを育てる」という課題に向き合ってみる。すると、「<ア>身近な場面における科学的な課題に向き合い、<イ>それに対する自分の考えを練り、<ウ>得られた結論を自分の言葉によって述べるという姿勢」を子どもに持たせることの大切さが浮かんできた。同時に、私たち教師は子どもたちにこれら<ア>～<ウ>の能力を身につけさせるための力量を高めていく必要がある。

まず、子どもたちが身近な場面で科学的な課題に向き合ったときに、教師はどんなふうを受け止めるべきか。例えば、子どもが「自転車はどうして倒れないのか?」という疑問を持ったとき、この運動は、自転車を漕ぐという「力が加わる運動」であり、自転車は「倒れないのではなく、力の方向に倒れ続けているのだ。」「漕ぐことを止めたとき、横に倒れる重力の方が大きくなる。」「10円玉で例えると、転がる方向に倒れ続けたことを終えたとき、倒れやすい方向の横向きに倒れる。」というような意見や解説、すなわち、真実の結論を、教師側はきちんと準備しておく必要がある。

さらに、子どもたちが自分の考えを練る際には、自転車の問題と同じ要素である10円玉の回転運動に置き換えて考えさせたり、場合によってはジャイロゴマなど、同じ原理で倒れないものを提示して、考えを深めるヒントを与える力を持っていなければならない。加えて、自分の言葉で意見を述べる際には、そのための時間や場面の確保という計画性を持ち、仮に突飛な意見であっても、それを受け入れるだけの大きな包容力やユーモアを備えていなければならない。

そのために、私たち教師は何を準備しておく必要があるだろうか。行動さえIT化し始めている子どもたちの奇抜なアイデア、予想外の反応、などに対して、その全てに対応するための知識や機転は、そう簡単に身につくものではない。しかし、そういう場面向き合わなければ、いつまで経っても教師の力量は向上するものではない。大切なことは、課題と向き合う機会や場面を子どもたちにたくさん供給し、同時に、私たち教師もともにその場に臨むことである。そして、子どもたちの欲求に応えられる態度を備えた教師へ成長するために、努力を惜しまない姿勢を持つことである。

「科学が好きな子ども」とは

いよいよ、「科学が好きな子どもを育てる」ための来年度の教育計画を立てる時期が近づいた。ここまでを振り返ると、17年度に「多面的な視点」という足がかりとな

った取り組みを行い、昨年度後半から、その足がかりを発展させて「WN授業とMA」の二本立てで取り組んできた。これらを土台にして、本校の生徒の実態を踏まえて設定した「望ましい自己表現ができる生徒の育成」という立場から「科学が好きな子ども」とはどのような子どもなのか、その姿を定めたい。すなわち、本校の生徒たちを前にして考える「科学が好きな子ども」とはどのような子どもを指すのか、を明確にしておきたい。

ここでは、次のように考えた。まず、身の周りの疑問点に興味を示す子どもである。自分なりの疑問点でよい。そして、その疑問点に対して自分の力でアプローチし、論理的な思考力を用いて、その疑問点を解決しようと努力する子どもである。さらに、自分なりの結論を得て、周囲に対して積極的に発表しようとする子どもである。そのような子どもが、「よりよい自己表現を磨く子ども」であり、「科学をより深く追求する人間」へと成長していくはずだからである。

科学が好きな子どもを以上のように想定すると、来年度の取り組みは「身近なものを再認識させ、十分に考える時間を与え、得た結論を発表する機会を持たせる取り組み」でなければならない。もちろん、そこに夢や希望があふれているものであれば、なおさらよい。そこで、「深く考えるより、まず行動」と分析した「行動のIT化」が見られる子どもたちを考えると、友人と知恵を磨きあい、友人との語らいを通じて、自分の考えを練り上げてほしいと願う。そして、自分の言葉で、その夢物語を語れる人間であってほしい。現在、学校がよい方向へと変化しつつある。ゆとりを持って夢探しができるような授業を設定し、身近な物事に関心を抱かせたい。このような状況を導いた原動力が、保護者や地域の援助であったことをさらに活用させていただき、地域や保護者の協力を得ながら、気負いなく取り組んでいこうと思う。

【資料14】泉谷中学校の生徒の実態を踏まえた「科学が好きな子ども」とは

- 1 身の周りの疑問点に興味を示す子ども
- 2 その疑問点に対して自分の力でアプローチする子ども
- 3 論理的な思考力を用いて、その疑問点を解決しようと努力する子ども
- 4 自分なりの結論を、周囲に対して積極的に発表しようとする子ども

19年度の教育計画

「豊かに視野を広げながら、夢を育てていく理科の授業」

科学が好きな子どもの姿を具現化するために、理科を中心にして、次のような取り組みを進めていく計画である。まず、今までに蓄積したノウハウを発展させながら、論理的な思考力を深めるとともに、さらに視野を広げ、夢を育む理科の授業を展開したい。そのために、次の3つの取り組みを進めたい。

- 1 論理的な思考を深める工夫（17年度後半からの取り組みの発展、継続）
 - （1）WN授業
 - （2）A
- 2 視野を広げるための教師側のアドバイス（16年度後半からの取り組みの発展）
 - （1）見方を広げる多面的な視点
 - （2）新しい切り口から物事を見る工夫
- 3 夢を育むための時間（新しい取り組み）
 - （1）夢科学授業（Science Fantasy Class、S.F.C.）
 - （2）求む！夢アイデア

これらは、初めに述べた「不易と流行」における流行の部分である。行動までにもIT化が始まっていると述べたが、そのような今の子どもたちの思考や発想を、より豊かなものへと発展させていくために、これらの取り組みを通して、教師側が努力していきたい。

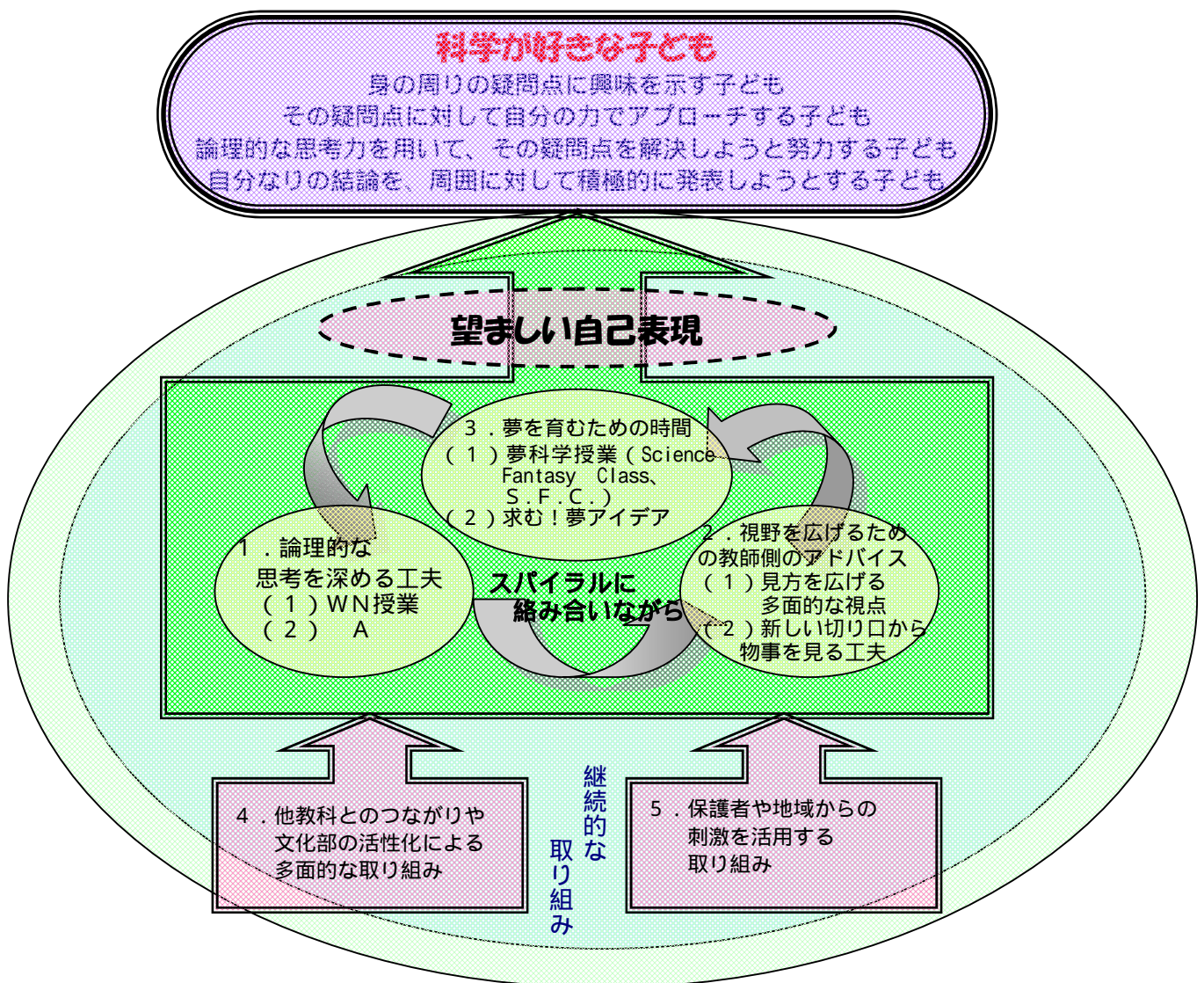
また、学校全体の有機的なつながりを生かすとともに、現在の学校改善の原動力となっている地域や保護者の力を積極的に借りていきたい。そして、地域社会という、子どもたちのベースとなる地域への視野を広げる取り組みとして、

- 4 他教科とのつながりや文化部の活性化による多面的な取り組み
- 5 保護者や地域からの刺激を活用する取り組み

などを継続して進めていきたい。これらは、今後も変わることなく発展していく、いわゆる不易の取り組みであろう。

【資料 15】に、「本論文の課題と本校の全体研究主題」および「以上5つの取り組み」との関係性を全体構想図として表し、p15以下に各取り組みの内容を示した。

【資料 15】平成 19 年度「科学が好きな子どもを育てる教育計画」全体構想図



1 論理的な思考を深める工夫

(1) WN授業

(2) A

以上の2つの取り組みについては、実践の経過（本論文 p 6 ~ 11）で説明したように、大きな成果とともにさまざまな反省点があった。それぞれが独立したものではなく、WN授業（理由説明）とMA（間違い分析）を呼応させながら取り組むことが大切である。この2つは、論理的な思考力を深めるために不可欠な取り組みであるので、上記であげた反省点を改善しながら、来年度も地道に取り組んでいきたい。

2 視野を広げるための教師側のアドバイス

この取り組みについては、一昨年度から始まり、昨年度、WN授業とMAの土台として継続的に取り組みを進めているものである。およそ1年半の取り組みから、さらに新しい視点や切り口を増やしていきたいと考える。主な改善点は次のようなものである。

(1) 見方を広げる多面的な視点

生徒たちが身の周りの現象を不思議に思い、教師側に伝えた場合、その感動にまずは共感したい。それと同時に、生徒よりも一段高い立場から、その不思議な現象に対して新しい視点を提供してあげることにより、さらに思考を深める道しるべを示してあげたい。過去の論文であげた視点に加えて、別の角度から、「生徒に考えるヒントを示唆するための様々な視点」を一覧表にあげてみた。

【資料16】生徒に考えるヒントを示唆するための様々な視点

事柄・事象など	生徒に考える視点を示唆する内容
中央に引かれる力によって円運動が起こる	錘にひもをつけて回せば実感できることであるが、円運動をするためには中心に向かう力が必要である。つまり、円運動における力の方向は円周方向ではなく、中心方向である。人工衛星は重力という中心方向の力によって、円運動をしており、初速によって、いずれ地球に落下してくる時間が決まっている。
地球に生命が誕生した理由	同じ組成を持ち、似たような大きさでありながら、金星でも火星でもなく地球に生命が誕生したのは、水蒸気、酸素など「生物に有用なガス」が、宇宙空間に放出されない程度の放射熱量を受けるといふ、太陽からの適度な距離によるとされていること。太陽系全体の立場で地球を見ることが大切である。
恐竜の進化と大陸の移動	地球は爬虫類の惑星と言われるほど、恐竜の支配が長く続いた。その間、生き残りと繁栄のために様々な進化をした。その進化の変遷は、大陸の移動による生存地の変化と呼応していることを進化を考える際に忘れてはいけない。
夜行性という武器	種の保存のため、身を守る仕組みを身につけたり、攻撃能力を高めたりして、様々な進化を遂げた。中には、夜行性という暗い場所でも素早い動きができるという特異な能力は、その種にとっての大きな武器であることに気づくことが重要である。
流れ星の「流れてくる」とイメージは？	流れ星の原料は宇宙に浮かぶ塵で、太陽系誕生のときからあったものもあるが、流星群となる流れ星は、彗星が自身を吹き飛ばしたもので、これが宇宙空間に漂っているものである。だとすると、流れ星は「落ちてくる」と表現するよりも地球がそれに近づき、地球の重力で吸い寄せられるわけだから、「地球が拾ってあげる」と表現したほうが正しいイメージに近いかも知れない。
海水の塩分濃度と血液の塩分濃度	生命の誕生は海とされている。また、単細胞生物から、多細胞生物への進化もまた、群体化した単細胞生物が海水を共有することによって、栄養分や酸素をやり取りしたことに始まるとされる。その共有した海水が血液の起源であり、血液の塩分濃度と海水の塩分濃度が一致する。血液の起源を理解することの有用性を身につけたい。
無機養分ではなく無機肥料	人の都合で過剰に開花、結実させるために自然界の状態以上にミネラルを与えるものを肥料と呼ぶが、植物が利用できる養分は光合成によって作られる有機物のみで、それ以外を「養分」というのは間違いであり、肥料という日常語にとらわれず、植物界全体の目で見ることが必要である。

3本足の椅子の製作が立体の基本であること	最もすわりのよい椅子は3本足である。足の総重量が同じ椅子なら、すわり心地は別として、3本足が最もすわりがよく、絶対に傾くことはないこと。4本以上足がある椅子は、足の底面によって作られる平面が2以上になるため、不安定になることを覚えておきたい。
恐竜化石の入っていた層と恐竜の生きていた場所	示相化石として当時の環境を知る手がかりとなる化石だが、例えば恐竜の死骸は流されて海の底に埋没してできあがるのだから、その場所（海の底）で生活していたわけではないこと。つまり、その地層と川の上流との関係なども考えなければいけない。
ウイルスと細菌の違い	一般的には、ウイルスと細菌は同じようなものという感覚がある。しかし、細菌は菌類であり、ウイルスに比べればはるかに大きい。生徒に説明するには、「細菌は濾過で捕らえることができる大きさだが、ウイルスは通過してしまう大きさ」ではどうだろうか。
木が硬くなるのは	植物には細胞壁があり、そこにリグニンという物質がたまることを「木化」という。リグニンはセルロースが変化したものである。植物は多かれ、少なかれ、リグニンを生成する。例えば、草が枯れたとき、茶色く硬くなっていることがあるが、これは樹木の木化物質と同じ物質である。
太陽照射の熱エネルギーにより、温度が下がって露点以下になる不思議	夏の夕立は昼間の太陽照射により、巨大な上昇気流ができることによって起こる。熱い空気のかたまりなのに、これが上昇すると断熱膨張により、温度が低下し露点以下に下がる。つまり、熱エネルギーで断熱膨張を起こし、温度を下げる役目をする。強烈な太陽照射ほど、温度が下がって激しい夕立が起こることが腑に落ちないようだ。灯油やガスの熱エネルギーで冷房をする原理と似ている。
進化の方向性	遺伝子の組み換えによる突然変異によって、環境に適する生命が生き残る。鳥は空を飛ぶことによって、弱い鳥は敵から逃げ、猛禽類は獲物をえるようになった、とすれば、鳥たちはある方向に努力して進化したように聞こえるが、実際には、そうやって生き残った種があり、その結果を進化と呼ぶこと。
夕焼けが赤いのは	朝と夕方は太陽が低く、太陽光は長い距離の空気層を通過するため、分光し、波長の短い青い光は屈折し、乱反射して見えなくなってしまう。波長が長い赤い光は乱反射せず、目に入ってくる。太陽が低い状態イコール、太陽光が長く空気の中を通過することを光の性質に当てはめれば、筋道をたてて夕焼けが赤い理由を説明できる。
異常気象と動植物の個体数の関係	セミなど長く地中にいると言われるが、その場合、セミの個体数の変化は地中にいた年月の状況を考える必要がある。成虫になった年の個体数だけでなく、その個体の卵を生んだ親の世代がいつになるかを考え、その年の気象なども個体数の変化に関係があることを考えさせる。

(2) 新しい切り口から物事を見る工夫

ものごとを見る場合、どこから、あるいは何をきっかけとして見るか、それを「切り口」と呼ぶことにする。当然、自分独自の切り口を持つことが、思考を深めるヒントとなる。あげればきりが無いが、生徒が目の前で問題としている現象を、違う立場や方向から見てみようとする試みが、新しい切り口ということである。そういうヒントを教師は多く持っていたいものだ。例えば、次のようなものがあげられる。

【資料 17】切り口を変えることによって新しい視点を発見するヒントとなるもの

切り口	取り上げる内容、発行する際の構想、など
自分の趣味を紹介し、その反応から新しい世界へと興味を広げる。	趣味は深まるほどに他人とは別の世界へと深まっていく。その深まりを遠慮なく公開することによって、他人の感想を聞き、様々な見方や考え方があることに思いをめぐらす姿勢が育つ。
科学史に残る科学者の立場から物事を見る。	教科書に出てくる科学者や有名な科学者に焦点をあてる、逆に、あまり知られていないが、恵まれなかった科学者の苦労話に焦点をあてるなどの方法がある。または、日本の科学者と外国の科学者にわけたり、数として少ない女性科学者に焦点をあてる方法もある。
料理の材料や調味料を題材にして、新しい料理などへと発展させてみる。	食材には思わぬものがある。動物性のもの、植物性のもの、発酵したもの、匂いのきついもの、日本古来のもの、外国産のものなど、起源や栄養量、あるいは調理法や食べ方など、様々な切り口から新しい事柄を発見する足がかりとなる。
各種記念日を題材にして物事を考えてみる。	科学に関する記念日、例えば、秤量記念日(11/1)、時の記念日(6/10)、宇宙の日(4/12)など様々な記念日のいわれとそれに付随したエピソードなどを取り上げる。学校や自分達の地域の記念日を取り上げるという切り口も考えられる。

星の名前や星座の由来をもとに物語を創造してみる。	明るさや見かけなどをもとにして、星を覚えたり、神話やエピソードによって、古代のロマンを知ったりすることができる。自分独自の想像力をはたらかせて、新しい物語を作るのも自由である。
理科室にある薬品や器具の名前や使用方法をもとに問題を見つめてみる。	理科室には子ども達の興味を引く未知の薬品が山ほどある。例えば、純水。水道水とどう違うのだろうか、あるいは飲んだらどうなるのだろうか、など普段から多くの質問がある。また、誘導コイルなど数千ボルトの電圧を発生できる装置もある。紹介だけで終わるのではなく、安全面の呼びかけや実験方法の基礎知識にもつながる。
身の周りのグッズの中に疑問点は見つけれないだろうか、と問いかけてみる。	生活の中のモノを取り上げて、それを科学知識などと関連して解説する。身近なものだけに、できるだけ意外性のあるものを取りあげたい。例えば、コンピュータを取り上げるにしても、本体ばかりでなく、CPUやそのもとなった半導体の開発物語、あるいはナノテクノロジーや電子基板といった驚きの微小世界などを取りあげたい。
ゲームソフトやその登場人物の由来から話を広げる。	現在のゲーム機器は小型になったが、性能は向上し、ソフトもかなり複雑になっている。それに伴って、操作も複雑化し、裏技なども多くなっている。情報交換をする題材にはもってこいのものである。
各種のスポーツの特性をヒントにして、話題を見つけてみる。	「スポーツは科学そのもの」という言葉があるくらい、最高のパフォーマンスに向けて科学的な研究にしのぎを削っている。シューズ一つをあげても、材質、形状、履く選手の体形や足の特徴など、子どもが興味を持つ話は山ほどある。
新聞記事から様々な主張を見つけて、自分の意見と比較してみる。	話題となったニュースのほかに、各紙が主張する論説文や読者の投稿による意見文などがある。それを題材にし、筆者の気持ちを考えたり、それに対する自分の意見を主張することによって、考えを深めていく習慣が身についていく。
昆虫や植物名から、連想するものを手がかりに話を進める。	昆虫や植物は日本産のものだけを通して、覚えるには限りがないほどの種類がある。さらに、普段目にしない外国産のものまであげていけば、話は尽きない。特に、カブトムシやクワガタなど、大型甲虫類などはマニアが高額で取引を行うなど、大人にとっても興味が尽きない切り口である。
最近のニュースから、話題になったことを取り上げてみる。	科学ニュースだけでなく、社会、経済のニュースを切り口にして、科学との関連を考える。例えば、「物価の優等生たまご」ということばがあるが、養鶏業を切り口にしてマグロの養殖にまで発展させるなどの迫り方が考えられる。
学校の先生方の趣味を掘り下げることによって、新しい話題がないかをさがしてみる。	どの分野の話が飛び出すかわからないという面白みがある。音楽、スポーツ、芸能などどの分野も科学とは切り離せない。取材の効率を考え、また教師側の意識向上のためにも、当事者の先生自身が記事を書くという方法などもこの切り口ならばできる。

ここにあげた切り口はほんの一例であり、多分野、多項目にわたっている。つまり、それぞれの子どもの周辺を見渡せば、話の入り口となる切り口はそこここに転がっているということである。教師は、それを個人やその場の状況に合わせて提供してあげる機転を身につけておくことが大事だが、子どもたちに自分で見つけさせる習慣を身につけさせることも、なお一層大切である。

3 夢を育むための時間

(1) 夢科学授業 (Science Fantasy Class, S.F.C.)

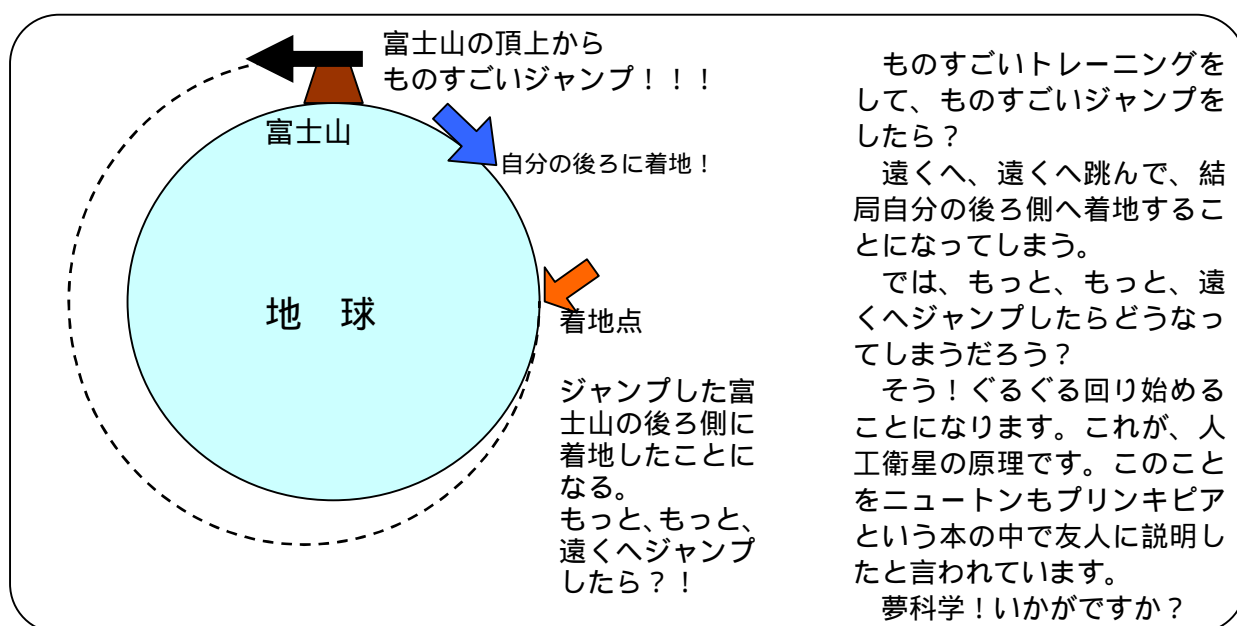
科学には不思議さがつきまとう。その不思議さゆえに、科学には神秘的な魅力がある。だから、理科の授業では、夢を与えることが可能である。筆者は、前任校で宇宙を見つめなおす授業構想から、「空想科学授業」という名前で、空想を膨らませる授業を試みたことがあった。当時、実際に行われていた宇宙探査船の航跡をもとにして、その探査船の将来を予想したり、東海大地震が話題となった折には地震予知のシミュレーションを行ってみようとしたものである。つまり、実際の科学的事実を用いて、そこにひねりを加えた授業である。ひねりの部分がFictionであり、Science Fiction (空想科学) の授業としたわけである。

ここにあげる「夢科学授業」も発想は似ているが、自由度がはるかに大きい。Fictionを超えてFantasyとし、空想科学ではなく夢科学と名づけたわけである。つまり、実際の科学的事実はないのだが、十分な論理性を持って、「科学で夢の世界を創造する」ということである。この「十分な論理性」が大切であって、単なる想像の世界ではない。単なる想像の世界は、一瞬ハッと気持ちが湧き立つこともあるが、いずれ、それ

は実現不可能、現実にはあり得ないこととして、科学の論理的思考力の深みへ誘うことはない。

具体的に、夢科学授業の例を挙げてみよう。例えば、遠くにジャンプするにはどうしたらよいか。トレーニングを重ねることが第一の手段である。ズルをするなら、高い場所から跳べば、なおさら遠くへジャンプすることができる。それでは、もし、人間離れをした、ものすごいジャンプ力を持ち、富士山のような高い場所からジャンプしたらどうだろう？これを、地球を縮尺した円を描いたプリントの上で想像してみよう。いや、想像ではなく、論理的に考えてみようと言ったほうがよいであろうか。すでに気付いたであろうが、この例については、ニュートンがプリンキピアの中で描いた人工衛星の構想図なのである。「富士山から遠くに、そして、もっともっとトレーニングして、もっともっと跳んだらどうなる？」と黒板で子どもたちに示してみる。子どもたちは、そのときハッと気付くことになる。ものすごいジャンプによって、富士山の後ろ側へ着地することに気付く生徒がざわめき始めるのである。この一例は、実際に授業で試みた。多くの子どもたちの発想は、その辺りまでである。しかし、「もっともっと」としつこく設問を投げかけていくと、それが「やがて円運動に近づくこと」にも気付くのである。そして、ハッと表情を変えて、「人工衛星?!」とつぶやき出す。そう！地球に引かれる重力と宇宙に飛んで行ってしまうスピードの中間の速さでジャンプすれば、それが円軌道を描くことに気づき、深い思考へ導かれ、脳がわくわくするのである。

【資料18】脳の中で「人工衛星」の夢を見よう！



人間離れしたジャンプ力など、現実にはあり得ないことである。だから、題材は発想次第で、数限りなく可能である。いや、現実離れしたものであればあるほど、発想を自由に巡らせることができるかも知れない。ここで大切になるのは、子どもたちの思考のスピードを感じとりながら、教師がうまく乗せていく話術かも知れない。題名も、生徒のインスピレーションを刺激する、わくわくするキャッチフレーズを作り出したいものだ。教師に夢がなければ、この授業は成立しないのである。

【資料 19】夢科学授業 (Science Fantasy Class、S.F.C.) の例

キャッチフレーズ	夢科学の中身	教師側の心得
地球の裏側まで穴をあけたら	重力加速度によって、ものすごいスピードになること。しかし、地球の中心を過ぎれば、負の加速度がつき、結局、反対側の地面上でスピードが0になる。そして、また落下が始まる。つまり、永久に行ったり来たりする往復を繰り返すことになる。トンネルを掘る際、入り口と出口を結んで穴を掘るのではなく、地球の丸み(曲率半径)にそって掘る。裏側まであけるというのは、入り口と出口を結んでトンネルを掘る状態であることをヒントにする。	この加速度に人間が耐えられるわけがないが、中心を過ぎると負の加速度がつくことがポイントである。地球の中心部が液体状態であることなども知識としてとらえておく。
太陽へロケットで行ったとしたら	安らぎを与える太陽の光、全ての生命エネルギーのもととなっている太陽。子どもたちは意外とやさしい一面をとらえている。しかし、核融合反応をしている太陽の熱量は、まるっきりケタ違いである。ロケットの素材を金属として、その融点を考えた場合、いったい、どのあたりまで近づけることができるだろうか。	熱エネルギー量だけでなく、磁力エネルギーや原子が分解したプラズマなど、様々な視点から推理することを考えさせたい。
人が小さくなって体の中に潜入したら	体の病気を治すために消化器をたどる物語を作る。口から喉を通過するとき、いったいどのような光景を見るのだろうか。さらに、食堂から胃、胃から十二指腸、その光景をどんな色、どんな触感で説明したらよいか。行きはよいよい、一体、帰りはどうなるのか。体の中を逆流することになる。	体内には細菌が住み、胃には塩酸が分泌している。激しいぜん動運動にも耐えなければならぬ。
人がセミになって話をしたら	人間がセミと同じ共鳴器を持っていると仮定する。わずか2g程度のセミの音が100mもの距離へ鳴き声を伝える。人がセミと同じ割合の共鳴器を持っていたとしたら・・・? 比例式を解けば、体重60kgの人間は3000kmまで声が届くことになる。セミの共鳴器のものすごさが見えてくる。	セミの声は確かにうるさいが、長い地下生活を送ったセミが、地上で精一杯頑張る姿を強調したい。
地上1000階のマンションを作ったら	1フロアを3mとして、3000mにもなる高層住宅である。気温の変化、気圧の変化、さらに往復にかかる時間、建物自体を支える材質があるか、地震が起こったらどうやって逃げ、避難するための手段はどうするのだろうか、など謎だらけの夢物語が展開する。	巨大な豆腐は水の中でしか作れない。自重でつぶれるからである。3000mの高層建築は可能なのだろうか?
人が原子の大きさになったら	今座っている椅子の中にも入り込んでいける。口や鼻からではなく、皮膚の表面から体の中に入ることができる。目の細胞を作っているものも突き詰めれば、分子、原子である。とすると、ものを見ることができのだろうか。そして、いったい何を食えるのだろうか。	原子のサイズになった場合、人間そのものを作っている粒子はいったい何であろうか。
もし200歳まで生きたとしたら	ある種のタイムマシンみたいなものだ。逆に、200年前の生活の様子を想像すれば、200年後の生活も見通しがたつだろうか。言葉さえ、変化して通じないかも知れない。孫の代だろうか、ひ孫の代だろうか。日本人という壁を越えて思いをめぐらすことも大切である。	比較的、現実性のある設定である。異常気象、各地の戦争状態など、人間社会について考える機会である。

夢科学授業の種は日常の中にあふれている。大切なことはきちんとデータを収集し、論理的な思考力の材料を提供することである。例えば、「人がセミになって話をしたら」を考えるなら、セミの体重をきちんと計ることが大切である。実際に測ってみると、個体差はあるが、アブラゼミよりもミンミンゼミの方がわずかに重く、平均で2g程度である。また、ニイニイゼミやヒグラシはそれよりも軽く1.5g程度である。その手間をかける過程によって、生徒の真剣な思考が始まる。つまり、正確なデータ収集が、単なる空想の世界から、科学の物語へと変化させていくのである。

(2)「求む! 夢アイデア」

これも、前の取り組みと同様、夢を膨らませる授業の取り組みである。ただし、理科が苦手な生徒にも意欲的に取り組めるよう、論理的な思考力よりもモノづくりのほうへ、力点を多少傾けたものである。「こんなものがあったら便利」の発想から始まって、未来生活に役立つものを生み出してほしい、という授業である。豊かな表現力を磨くために、発表形態は文章、口頭、絵や図、など自由な形でよいとする。もちろ

ん模型もよいが、経費もかかるし、授業では時間のゆとりがない。

例えば、日本は海に囲まれている。この海洋資源を利用する活気的なアイデアが生まれれば、豊かな社会が築けるだろう。そこで、「人が魚になるアイデア募集」を行う。子どもたちからは、意外に多くの答えが返ってくる。実際に、特殊素材を用いたひれや鱗を考えて、魚自体に変身する方法をまじめに考える生徒がいる。これももちろん正解である。また、水中にとけている酸素を効率よく吸い取る呼吸システム、つまり魚のえらについて、人工心臓の原理を改良した機械式のえらなど、多くのアイデアがあがってくる。また、「魚になること」を「海底生活」と読み換え、海底にアクリル素材の大型二重ドームを作り、外側のドームにコンブの大森林を作り、光合成による大量の酸素を発生させて、内側のドームに酸素を随時供給しながら、快適な海底生活を送るためのノウハウを作りあげる生徒もいる。いわゆる空想未来小説の挿絵に出てきそうな場面である。

この取り組みでは、一つ一つに根拠を求めるが、S.F.C.ほど論理性を求めることは避けたい。まずは、未来のグッズを生み出す楽しさを自由に味わってほしいからだ。S.F.Cは教師主導型の授業形態で論理性を求めたが、夢アイデアについては、自分で説明できること、および質問にも対応できる、という程度でよいとする。できるだけ、素材や設計法、そして経費や維持費に至るまで、個人で完結した取り組みとさせ、発表まで責任を持って行わせたい。夢のアイデア募集としては、次のような項目が考えられる。一例を示す。

【資料20】「求む！夢アイデア」で考えられる例

求む！夢アイデア	事前に考慮しておくべき教師側の心得やアイデアの一例
台風の発生を抑えるアイテム	台風は上陸すると急激に弱まる。エネルギー源が水の気化によるものだからである。ならば、発生段階で水温調節をするために、巨大人口島を作って海流を制御できないか。
地球の温度を下げる装置	地球規模で起こる自然のエネルギーを制御するのは無理だろう、と考えてしまえばおしまいである。太陽輻射エネルギーは一定のはずなのだから、雲や水蒸気のかたよりを制御すること、つまり、どの場所の温度をさげるか、などの方法によって何とかならないか。
ガソリンの代用品	水素自動車、アルコール混合ガソリンなど、徐々に実用化されつつある。要はエネルギーを発生させるものを探すことになる。日本の場合、海に囲まれているのだから、この豊かな海の動植物をなんとか利用できないか。
コンピュータを小型にする方法	第一世代のコンピュータに比べれば、何千万分の一サイズに小さくなった。しかし、半導体やLSIが使われている限り、そのサイズは0にはならない。現在、一つの答は端末だけ持ち歩くという方法だ。しかし、もっと革命的なコンピュータのアイデアはないか。
月で暮らす方法	空気も水もないが、太陽からの距離は地球と同じ星である。原子力発電などのエネルギー源さえあれば、水や空気の生産は可能と言われている。6分の1しかない小さな重力を、何とか味方につけられないか。
動物の言葉の翻訳方法	ワンリンガルなど、動物の翻訳機は実際に売り出されている。血圧、表情、脳波など科学的根拠に基づいているといわれるが、もっと超自然現象的な方法もあるかも。犬を鍛える、つまり犬に言葉を理解させる、という答えを聞いたことがあるが、そのトレーニング方法を詳しく知りたい。
地震予知	日本の災害対策ではもっとも研究に力を入れている分野に、中学生に解決法が見つかるわけがない、といえれば何も始まらない。地下水の水位変化による余地は提唱当時画期的であった。思わぬものがあるかも知れない。画期的な避難方法や避難所グッズなどの提案もオーケーにしても・・・。
火事を一瞬で消す方法	消防車のサイレンの音やデザインは日々新しくなっている。しかし、消火法は、消火栓へホースをつけ、水を撒くという古典的な方法である。家を建てる段階で、何らかの火事対策の方法はないものだろうか。
今までにない個人認証の方法	指紋認証、手のひら静脈認証、声門認証など、さまざまな方法が実用化されている。しかし、もっと簡単な方法を開発して、例えば、車のキーへ活用できる安価な方法はないものか。

以上のように、「求む！夢アイデア」の課題は限りなく考えられる。そのとき、「そんな現実離れしたことを？」などと思い悩んではいけない。まずは、発想を愉しむこと、これに尽きる。例えば、一定時間操作しないと自動的に切れる「エラースイッチ」は、今は一般的になった。プログラムを記憶する超小型ICの登場で可能になったが、発明のきっかけはプログラムミスによって電流が遮断してしまったことを、すかさずスイッチに取り入れた機転からである。また、大手ポット会社では大勢の専門技師がいるのに、一般社員から社内募集した「一人暮らし老人『ホッとアイデア』」が懸賞金を得た。「毎日使うお湯」のポットのスイッチを電話線と結びつけた発想である。お湯を使っていることで、老人の安否を確認するという単純なアイデアであった。アイデア追求のおもしろさは、理科嫌いを理科好きにできる可能性がありそうだ。

「求む！夢アイデア」についての実践は、まだ試験段階で一部の生徒とのやりとりしか試みていない。生徒たちの発想力にはかなりの個人差があり、アイデアの出る生徒と出ない生徒に分かれてしまい、授業として成り立たせるのは容易ではない。その解決方法の一つとしては、大テーマと中テーマに分ける方法である。例えば、【資料20】にあげた「地震予知」の場合、大テーマを「地震」とする。そして、それに関するテーマを一斉授業の形態で出し合う。すると、「地震予知」、「耐震構造」、「快適避難生活術」、「カンタン発火法」、「自家発電」、「非常食」、「身の周りの薬草」、「どこでもトイレ」、「非常時メール活用法」など多くのテーマが上がってくる。こうなるとアイデアも出やすくなる。しかし、それでも無理な場合は、グループの中で中テーマから連想されるものを小テーマとして考えさせてみる。そうすれば、誰でも一つくらいは何とかアイデアが生まれるだろう。

【資料21】「求む！夢アイデア」の授業を活発化する工夫

アイデアを出しやすくするために…！		
《大テーマ》	《中テーマ》	《小テーマ》
<p>・教師側が与えるテーマ 例えば、「異常気象」「宇宙旅行」「天気予報」「昆虫」「火山」など…</p>	<p>・グループで話し合う。大テーマから連想される言葉を出し合えばよい。</p>	<p>・中テーマまで細かくしても、アイデアが出ないときにグループで出し合ってみる。</p>
<p>発想が広がるテーマを教師が設定する。 例えば「地震」を大テーマとすれば…</p>	<p>「地震予知」「耐震構造」「快適避難術」「カンタン発火法」「非常食」「どこでもトイレ」など</p>	<p>例えば、中テーマで「耐震構造」を選んだグループなら、「素材」「構造」「建築場所」「補強技術」「脱出口」など</p>

4 他教科とのつながりや文化部の活性化による多面的な取り組み

一昨年から「科学が好きな子どもを育てる教育計画」への取り組みが始まったが、理科部会の孤立状態という形になってしまったことは前述した。しかし、そのときの反省は以後に生きていて、現在、全校を巻き込んだ形で取り組みが軌道に乗り始めたことも述べた。何はともあれ、学校は授業が生き生きしていることが一番肝心なことである。そのためには教師が連携し、そして時には競い合い、お互いの力量を高め合うことが大切だ。中学校は小学校に比べると、教科担任制である分だけ、他教科の授業との交流が途切れがちである。しかし、「授業が基本」を合言葉に、まずは「お互いに授業を見合うことから始めよう」という雰囲気広がりがつつある。例えば、先日英語科で実施していた「ゲーム感覚を取り入れた授業」(【資料22】)をのぞいたが、英語が苦手な生徒も生き生きとした姿で臨んでいた。この形式の授業ならば、どの教科でも取り入れることが可能だと感じた。ただし、他教科のアイデアを取り入れよう

などと大げさに考えなくてもよいと思う。お互いに授業を見せ合い、教師の輪を広げていこう、とする雰囲気を校内に作り上げることから始めたい。

【資料22】Flip a coin!(「コインを投げろ!」ゲームを取り入れた英語の授業)



ルールの説明。coin を投げて双六方式で進む。入ったマスにある単語を使って受動態の文章を作る。基本文型に当てはめる簡単なものが用意されている。



上がった順位に応じて、シールがもらえる。coin を投げ上げ、トップを決めるところから始める。台(机)の上から落ちてしまうと1マス戻り、遅れることになる。

また、運動系の部活動に比べて、文科系の部活動をもっと充実させていきたい。筆者は今春「園芸部」を立ち上げ、校内の緑化作業を受け持ちながら園芸技術を磨くことにした。活動の中心は「菊の大鉢三本仕立て」であるが、そのノウハウを磨いていく中で、園芸用土、種子の見分け方、肥料、紫外線の植物への影響、といった疑問点を園芸部全体で解明する取り組みを行い、科学論文として現在まとめている。今秋の科学論文展にエントリーする予定である。(【資料23】)

【資料23】園芸部による科学論文展への挑戦



上左：春の播種 上中：菊作り(夏の手入れ「芽摘み」) 上右：昨年仕上げた菊(玄関前)
下左：園芸部による科学論文への挑戦(“二酸化炭素水”作り) 下右：校外活動(ヒカリモ発生地の見学、千葉県竹岡町)

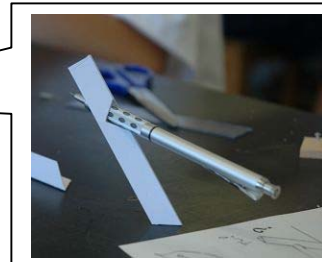
また、合唱部の活動では他校との合同練習やコンクールへの合同参加など、学校を超えての活動を行っている。学校を超えた取り組みは、運動系の部活動では以前から見られたが、文科系の部活動ではあまり行われていない。また、コンピュータ部や英語部なども新設され、文科系部活動への生徒の期待は大きいものがある。とかく運動部が注目されがちだが、文科系部活動を通した生徒の育成には様々な可能性を感じる。

5 保護者や地域からの刺激を活用する取り組み

現在、本校は落ち着いた状況の中で学校生活が送られている。詳細は省くが、校内が荒んでいた状態からここまで立ち直ってきた陰には、保護者や地域の方々からの強力な支援があった。そして、子どもたちのために学校の行事に積極的に協力してくれたのである。

例えば、夏休みに開設する学習講座は教師が講師となって開設したが、保護者からの協力の申し入れがあった。その特技や技能を生かし、保護者の方が講師となった講座が2年目から開設された。保護者が講師となった主な講座は、「ゆかた着付け教室」、「やさしいドイツ語」、「ニーハオ！（中国語会話の講座）」、「絵本の読み聞かせ」などがある。なお、本年度は生徒からの要望もあり、「教科の基礎基本を徹底しよう」という趣旨を優先した講座開設となった。以下に、理科部会が開設した講座を紹介する。（【資料24】）

【資料24】夏休み学習講座



左：「レバーから DNA を抽出しよう」
 上：科学おもちゃ作り
 右吹き出し：傾いたバランスで立つペンスタンド

このほか、ユニークな内容のものを紹介すると・・・

ピースアクセサリー作り これであなたも漢字博士（終了後、漢字検定に挑戦） 藍染め
 着衣水泳に挑戦 合唱コンクール秘密練習（指揮者指導） 救急法マスター etc

また、数年前に、いたずら書きなどで汚れた校舎の壁を磨く活動が、PTAの奉仕活動的な行事として始まった。昨年、そこに参加していた父親が結束し、「おやじの会」と称して独立し、今では定期的に防球ネットの補修、剥がれたPタイルの張替え、体育館のワックスがけ、などを行っている。（【資料25】）

このような保護者、地域そして学校との連帯感が強まってきた裏には、それぞれの立場での広報活動の充実がある。PTAから出される広報紙には、保護者の立場で、生徒から制服やケイタイ電話のアンケートをとり、その実態をありのままに紹介する記事などが出ている。また、学校から発行する校報には、学校の実態をできるだけありのままに伝える努力をし、子どもの教育に責任を持つ立場から、保護者や地域の方々へのお願いや希望などを掲載している。（【資料26】）そして、「おゆみ野クリーン作戦」、「おゆみ野夏祭り」など地域の行事に積極的に参加することによって、地域や保護者

ても、ヒントを提示することが大切である。

例えば、今、その解決の一つの方向として、アルコール燃料が注目されつつある。南米、特にブラジルを中心として栽培されるサトウキビから得られるアルコール燃料をガソリンの代用として使おうとするアイデアである。1970年代には、すでにその開発が始まっていたが、実用化はかなり困難とされていた。その理由の一つはガソリンと比べた場合のアルコールの爆発力の弱さ、そしてもう一つは商業ベースに乗せるための採算性の問題である。しかし、1つ目の問題はエンジンの改良でクリアし、2つ目の問題は、農地の計画的な循環利用と大規模生産による農業の工業化によってすでにクリアされた。同時に、燃料の供給面からだけでなく、サトウキビの生産時におけるCO₂の吸収という面からも、アルコール燃料の優秀性が認められている。開発を進めたブラジルの科学者は、早くからこれらの可能性を計算づくであったといわれている。

日本はどうであろうか。エネルギー問題の根底にある燃料問題の対案はこれだけではなく、日本もそれなりの努力をしている。天然ガス田の開発、地熱や波浪による発電などはその一例である。しかし、CO₂吸収の利点から、日本でもサトウキビ栽培をわずかずつではあるが、取り入れる努力を始めている。しかし、実用化されているブラジルに比べれば、完全に遅れをとってしまった。アルコール燃料のガソリン混合比率向上の試験的導入が、ようやく一部の団体で始まったばかりだ。これが根付くかどうかは別として、今後の方向が注目されるが、化石燃料がいずれ枯渇することだけは確かなことである。

私たちは日本人である。日本人には、日本人としての知恵がある。ブラジルに比べて、そもそも太陽光の総エネルギー量が違う。熱帯を原産とするサトウキビを日本の一部の地域に根付かせたとしても限界があるだろう。だとしたら、ここからが科学を武器にする「科学が好きな子どもたち」の登場なのである。例えば、日本には古くからの米作りの職人芸がある。現在は味にこだわった生産をしているので、単純エネルギー量ではサトウキビに遠く及ばない。しかし、燃料用の米作に転じるつもりならば、巧妙な水管理技術を駆使する「高性能型水田による日本式米作」によって、サトウキビに対抗し得るエネルギー用の米の生産が可能かも知れない。アジア全体に目を転じれば、ブラジルのような雨季と乾季がはっきりしている気候とは明らかに違う東アジア米作圏がある。日本の米作のノウハウをここへ持ち込めば、ブラジルのサトウキビに対抗できるエネルギー米(エネルギーまい)の生産が可能かも知れない。いやいや、そんなことは早く見捨て、地の利を生かすべきか。我が国を取り巻いている海の力、すなわち、寄せては返す波の力は膨大なエネルギーであり、クリーンである。波浪発電を世界に先駆けて実用化することに真剣に取り組むことが正解かも知れない。

これらは一つの仮説であり、実現には程遠いかも知れない。しかし、私たち日本人には、私たち日本人だけのオリジナルな表現法があることは重要なことである。今、本校では、「表現力」をキーワードとして学校をあげて、生徒たちの無限の力を発揮させるための取り組みを進めている。それを来年度へ引き継いでいくために、ソニー論文を書くという機会を得て、本校の実践を振り返った。そして、来年度への方向を見出すために、この論文の課題である「科学が好きな子どもを育てる」という視点のもとにまとめることができた。とても充実した数日間であった。台風一過、外に出れば汗が吹き出る炎暑の下、セミ時雨の洪水の中で、私自身の主張を発揮する意欲と機会を与えてくださったソニー教育財団に感謝申し上げます、まとめの言葉とします。

(2006年、盛夏)