

科学者の思考展開の教材化に関する研究（Ⅱ）

—「夢は宇宙生命の発見」をテーマに—

平賀 博之 長沼 毅 丸本 浩 三好 美織

1. はじめに

本研究の背景については、昨年度の報告（長沼ほか2011¹⁾）で、広島大学附属福山中・高等学校（以下、当校）が実施してきた、文部科学省の研究開発学校の指定による研究「クリティカルシンキングを育成する中等教育教育課程の開発」の一翼を担う内容としての意味を示した。

昨年度の研究では、本研究の3年計画の初年度として、まずは学問の現場で繰り返し広げられる「クリティカルシンキング」を生徒に追体験させることをテーマとして授業を実施した。この研究により開発した授業では、科学研究の最先端の現場で活躍する本稿の著者長沼が、高校生を対象とした授業をおこなう。昨年度のテーマは「地球外生命の可能性」という未知の課題を設定し、授業の進行とともに、生徒も共に思考し、これまでに理科で学習した内容や既知の学問を活用して、「クリティカルシンキング」の手法を用いながら、もっとも確からしい答えに辿り着くまでの、思考を追っていく構成を取るという試みであった。

科学者が学問を探究していく上で、どのように思考し、その思考を発展させ、どのように論理展開していくか、そうした思考の過程を授業の内容として盛り込む授業構成は、科学者への共感を生み、科学者の思考を追体験する効果があったことを報告した。

初年度の研究で一定の成果が得られたので、2年次も生徒に科学者の言葉を通して、科学の現場でのクリティカルシンキングを追体験する活動を継続していくこととした。さらに生徒が未知の問題を解決するために、科学的思考に基づいて論理を展開する手法を身につけることができるように、授業内容をさらにブラッシュアップし、生徒が自らを思考の主役として捉えることができるような授業構成を目指すこととした。

具体的には、今年度の授業では、長沼が科学者として活躍する姿を生徒にイメージさせることに加え、授業を受ける生徒と同じ年代からの思考の変遷をたどる構成を取ることにより、生徒がより身近な存在として

科学者を捉え、好奇心を抱く中で、科学者の思考過程に触れることができるように考えた。

2. 高大連携授業に向けての準備

この研究グループでは平成16～18年度に「言葉の力」によってメタフィジックな科学の面白さを生徒達に伝える試みを行い、一定の成果を挙げてきた。^{2)~4)}平成19～21年度には、地域の自然環境と歴史風土に根ざした理科教育の可能性を追求すべく、物理、化学、生物、地学の融合および文化系的な視点をも含めた「風土サイエンス」の確立を目指して研究をおこなった^{5)~7)}。特に「高大連携授業」を日頃の理科の授業の取り組みに加えて、更なる刺激と好奇心・興味を喚起するための起爆剤と位置づけ、研究の中心に据えてきた。

今年度もこれまでの研究の成果と手法を継承し、高等学校1年に新教科として設置している教科「現代への視座」自然科学入門の1コマとして、高大連携授業を実施した。

授業者には、当校のカリキュラムの意図や流れを理解いただき、学習の進度や生徒の理解のようすなどの情報を提供し、綿密な打合せのもと、授業を実施した。

対象は、広島大学附属福山高等学校1年生2クラスとして実施する計画を立てた。

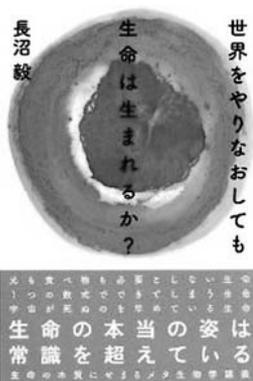
3. 授業の実際

実施した授業の内容を以下に記す。この研究の最大の成果はこの授業内容にあると考えるので、できるだけ省略することなく記述する。

「夢は宇宙生命の発見」

広島大学生物生産学部 長沼 毅

実は、去年のこの授業が、このような本になっています。この本は全部で4章立てになっています。第1章は今日のように全体に対して話した内容から、残りの3章が、10人の生徒たちと一緒に対話した内容です。この本は図書室に入っていますので、ぜひ読んでください。



今日の授業はクリティカルシンキングに関する授業ということで、皆さんに科学者がどのようにしてものを考えるかということを知ってもらえるような内容にしたいと思います。私の思考パターンとか考え方をお伝えしてもよいのですが、私がいかにして今こうなっているかということ

を、自分の人生をたどってみるのも一つの方法だと思いますので、「夢は宇宙生命の発見」というテーマでそういった話をしたいと思います。

私の誕生日は1961年4月12日です。旧ソ連のガガーリンが、人類で初めて宇宙に飛んだ日で、世界宇宙飛行の日と呼ばれています。私にとっては重要な意味があって、もちろんこの日に生まれたのは、自分の意志ではこの日に生れられません。今年でちょうど50周年です。50周年は、日本では震災があったためあまり話題になりませんが、世界では50周年の式典がたくさんありました。と、言うことは私も50歳なのです。

そんな日に生まれましたが、大事なことは1961年に、ロシア人が宇宙に飛んだ事実です。その時のアメリカ大統領は、ジョン・F・ケネディです。ケネディは、「ロシア人がわが国の頭上を飛ぶなんて許しがたい、アメリカは1960年代中にアメリカ人を月に立たせる。」これが有名なケネディ宣言です。そしてその宣言に基づいてNASAがつくられました。アメリカは1969年7月に2人の宇宙飛行士を月面に立たせました。私が8歳の時ですが、今でもこのことは鮮明に覚えています。これは7月のことです。この年の9月には、すでに月の石の分析が始められています。なんとこの時に日本人が参加しているのです。原田薫さんです。当時42歳、何で原田薫さんがこのような重要な仕事を任されたのかということ、この10年前に重要な仮説を発見したからです。彼は32歳の時に重要な発見をしました。生命の起源に関することで、ミクロスフィアという名前の直径が1~2/1,000ミリのものです。いわゆる大腸菌とか乳酸菌のサイズです。ミクロスフィアは生物の細胞と同じサイズで、丸っこい。見た目は細胞のようですが、これを原田先生は人工的にフラスコの中で作ったのです。この中にDNAなどが入って行けば、勝手に動き出して生命になったのではないかということ、1959年に唱えたのです。

実はこのミクロスフィアが、私の高校時代の生物の教科書に載っていました。私は、この生物の教科書を読んで、そのことに惹かれて、自分は生命の起源に関する研究をしたいと思ったのです。原田先生は長いア

メリカ生活の後に日本に帰られ、筑波大学の教授になりました。それで私は原田先生を慕って筑波大の生物学類へ進学したのです。

そこには原田先生がおられました。ノックして訪ねて行き、「先生、ミクロスフィアのことを研究したいです。」と言ったら、「いやあ、僕は植物の原田だが・・・専門は植物ホルモンなんです。」違う原田先生だったのです。原田薫先生は別の学部の教授。当時はインターネットなど無いので、あまり詳細なことを調べられません。ですから、ほんとに限られた方法で情報を入手して、筑波大学の生物学類に原田先生がおられることを知って、ああこの先生なんだ、と思って行くと、違う原田先生。「君の言っている原田君は別なところにいるよ。」がっくりですよね。大学に入っていきなり人生痛恨のミスでした。その後、目的の原田先生のところに行き、「こういう事情で、入る学部を間違えてしまいました。」って言ったら、その先生も結構冷たいことを言われる先生で、「しょうがないよね。今行ったところで頑張りなさい。もうそれしかないよ。」と。そんなものかなと思ってやってきましたが、結局今ここに立っていて、実際そのときと同じような頭で研究をしていて、「君がどこに入学しても変わらないよ」ということを原田先生は言われたのだと思っています。きっと。

振り返ってみてわかることは、私がこの山に登ろうと思っているとき、この山の麓のどこから登ろうとも関係ないということですね。登るべき山があって、頂上はそこしかないのですから。そのことを、先生は言われたのだと思います。結局、今私はここにおいて、50歳になった今でもこのようなことを考えているわけですから、やっぱり同じなんです。原田先生は1977年に「生命の起源」という本を書かれました。当時私は16歳ですね。年代としては私が16歳、つまり皆さんと同じ年のときです。その少し後にこの本を読んで、ますます原田先生のもとで勉強したいと思ったのですが、この1977年という年が重要なんです。この年、太平洋のガラパゴス諸島の沖で海底火山が発見されました。この海底火山からはお湯が湧いています。このお湯は大体20℃~25℃というぬるま湯です。ぬるま湯といっても、海底の温度はだいたい2℃~3℃ですから、それから考えれば、海底温泉が出ている状況です。この海底火山は、プレートテクトニクスという理論の予言通り見つかったということで、プレートテクトニクスが「仮説」から「理論」に変わった瞬間なのです。非常に重要な発見です。

この発見によって、地質学者たちはプレートテクトニクス理論が証明されたと言っています。その一方で、生物学者は別なものを見えています。こういった変わった、

変な形をした生き物が、その温泉の周りにはびこっていることが見つかりました。奇妙な生き物が大量に海底温泉の周りにいるということが分かったのが1977年です。

これは、すごい重要な年です。私が高校1年の時です。それを聞いた私はやはりこれも研究してみたいなと思いました。皆さんでいえば…ちょうど昨日、地球から600光年離れた位置にケプラー 22という恒星があり、そのケプラー 22Bという惑星が、地球によく似ているらしい。いわゆる系外惑星で、太陽系の外にも地球のような星があるという発見です。ちょうど昨日ですよ。皆さんの16歳の年にもこういったすごい発見がある。そういった話は、後々人生を振り返ると大事かもしれません。

さて、この生き物ですが、チューブワームといいます。チューブは名前の通り管、あるいは筒のような形をした生物です。羽が生えて飛ぶ虫はバグって言いますが、ミミズのようにによろよろするものはワームです。これは筒の中にワームのようなものが入っているのでチューブワームです。簡単に紹介すると、まず、この生物は動物です。深海底は光が来ないので、暗黒で植物が育ちません。ですからこれは動物です。しかし、動物であるのにものを食べません。動物というのは、およそ、ものを食べる生き物です。ものを食べない生き物は植物ですね。その意味においては植物みたいな動物です。ものを食べなかったらどうやって栄養をとるのでしょうか。この動物は体内で二酸化炭素からでんぷんを作ります。では、光のない深海底では光合成はできないので、光の代わりに海底火山に由来するエネルギーを使います。つまりエネルギーが上からくれば光合成ですが、下からくるので暗黒の光合成と言えそうです。このチューブワームは、このようにして生きていることがわかった初めての生物です。これが1977年です。

その2年後の1979年。私は高校3年生です。今度は高温熱水噴出孔が発見されました。海底から300℃を超えるような高温の熱い水が湧き出ている。そこでは300℃を超えても深海底の高い水圧のせいで沸騰しません。地球上の火山のおよそ8割は海底火山です。その海底火山の大半は水深が2,000mから2,500m。水圧は2,000mで200気圧。200気圧というのは、1cm²当たり200kgがのしかかる状態です。チューブワームは、この200気圧に耐えます。水は400℃で超臨界水になりますが、沸騰はしません。海底火山では400℃を超える熱水が噴出しています。その周りにチューブワームが群生している。噴出口から1m離れると、あっという間に30℃～20℃っていう適温帯になります。そのため、噴出口のすぐ近くまでチューブワームが群生しています。このようなことがわかったのも1979年、私が高校3年生の時なのです。こういったニュースを高

校3年生の私が見て、よし自分がこれを研究しよう。いや、今でもやっているのですが、高校3年生の時にやろうと思ったのです。

そして1979年はスーパーイヤーです。木星の第一衛星イオを知っていますか。木星には、60個ほどの衛星が知られていますが、そのうち4個は400年前にガリレオが手製の望遠鏡で発見したもので、ガリレオ衛星と呼ばれています。そのうち木星に一番近いものがイオで、この年にイオに火山活動が発見されました。ボイジャーという惑星探査機が撮影したのですが、NASAの女性研究者が1番最初に発見しました。おそらく男性の研究者たちは写真をろくに見ないで、どんどん捨てていたのでしょう。この女性が、非常に丁寧に1枚1枚写真を見ていたら、ひょっとしたら噴煙じゃないのか、という写真があり、他にも同じような画像があったので、火山活動であると結論づけられました。これは地球以外の天体で初めて火山活動が確認されたものです。

イオは第1衛星ですが、第1衛星に火山活動がある理由として潮汐が考えられています。同じ理由で、隣の第2衛星にも火山があるのではないかと、あって然るべきです。第2衛星エウロパはイオと同じように火山活動があるはずですが、見えません。何故ならば表面が氷で覆われているからです。表面が全部氷に覆われている星は、太陽系にはいくつもあります。問題はこの氷の底に火山活動があるので、ひょっとしたら氷の底が融けて内部に液体の水があるのではないのか、つまり海(内部海)があるのではないかということです。この内部海の海底には火山がありますが、これらすべてが1979年に発見されたのです。そしてこの話の結末は当然、エウロパの海底火山にもチューブワームがいるだろうか、ということになります。1979年、私が高校3年生の時の話の結末ですね。地球の海ではチューブワームが発見されました。木星の衛星にも多分海底火山があって、そこにチューブワームがいるのではないかと。もうこれらのことに私がぞっこんになった理由がわかるでしょう。自分はこれを研究しよう。こう考えたのです。

3年後の1982年に、エウロパの海底火山と生命を題材にしたSFが出ています。「2010年宇宙の旅」といいます。聞き覚えがありますか。「2001年宇宙の旅」はSFの名作ですが、その続編です。著者のアーサー＝クラークは、発見から3年後にはこれを書いてしまいました。この日本語訳が出版されたのはさらにその2年後の1984年ですが、私はこの時23歳です。大学院生になった私が何を思ったかというと、この本を読んで、「これはSFだよね、じゃあ自分はこれをSFではなくてサイエンスとして研究しよう。」と思ったのです。そこから私の大学院の時代が始まりました。

さて少し時間をさかのぼりましょう。私の20歳の誕生日、つまり1981年4月12日。この日はもちろん人類宇宙飛行の20周年ですが、なんと、スペースシャトルの初号機が飛んだ記念日でもあります。初号機の名前は「コロンビア」。このコロンビアという名前は日本人にとっての「大和」に相当する言葉です。アメリカ人はもう大興奮ですよ。そして私も興奮しました。私は絶対にシャトルに乗って宇宙に行く人間だと思いました。自分の生まれた日があの日、20歳の誕生日が初号機が上がった日。自分はまだシャトルに乗って宇宙に行くんでしょ、って思ったわけです。

と、いうことで宇宙飛行士の試験を受験しました。1996年6月、35歳のとき。そのときの合格者は野口聡一さんです。日本の職業宇宙飛行士の第1号は毛利衛さんですが、面接で私が毛利さんから聞かれた内容は、「長沼君、君が宇宙飛行士になりたい動機は何ですか。」それは「僕の誕生日はああいう日だし、20歳の誕生日にはシャトルが飛んでいるんだから、当然でしょう」って言う、「同じ日に生まれた人はいっぱいいるよね。」と。それからもう1つ、「もし君が宇宙飛行士になったとしたら、それは日本にとってどういうメリットがありますか。」私はその当時は「しんかい」といういう深海調査船に乗っていました。そこで、「1人の人間が、深海底から宇宙まで行く。すごいことです。こういう人間を日本から出すことに意義があるのではないですか。」と言ったら毛利さんが、「じゃあ僕が潜ればいいんだね。」って。彼は7年後に実際に潜ってそれを成し遂げました。

私は宇宙飛行士の試験に落ちて、相当がっかりしました。今まで空を見ていた人間が、自分がそこに行けないと分かるのがっかりなのです。あの星々がきらめいているあの場所に自分はいけないんだと思うと、夜空は見られない。その瞬間から下ばかり見えています。下ばかり見ている間に、この地球の表面を、隅から隅まで這いずり回ってやろうということで、地球の表面を巡る旅に出ました。深海へ行ったり、南極や北極。私は南極北極は合わせて7回行っています。去年も南極にいました。日本の南極観測隊です。その前はイタリア隊とスペイン隊でした。私はイタリア語もスペイン語もしゃべれないし、イタリア人やスペイン人も英語が下手なので全然コミュニケーションが取れませんが、そういうコミュニケーション不全の中でも、大丈夫ですよ。皆さんも語学の方が心配かもしれないけれど、受験の語学と、実際にそういった社会に出て頑張るとか、あるいは南極に行って死なないとか、それでたぶん話は大丈夫なのであまり気にしないことです。

日本にはしんかい6500という潜水船があります。深さ6,500mまで潜れます。今のところ世界最高の性能

です。私はこれに乗って再び深海へ行きました。なぜならば深海でチューブワームにまた会うためです。地球の深海、海底火山にはチューブワームがいます。これがエウロパの海底火山にもいるのかということ、SFではなくてサイエンスとして、私の仕事にしたい。ライフワークにするのだということ、宇宙飛行士に落ちて、気持ちを新たにしたいわけですね。

チューブワームは太陽光線を必要としません。皆さんが教わって来たことは、地球上の生命は、太陽の恵みを受けている。太陽がなければ我々は生きていけないということでしょう。我々は植物を食べるからです。牛肉を食べても、牛は植物を食べるのですから。マグロでも、マグロの食物連鎖をたどっていけば最初は植物ですから。それに対しチューブワームは、地球内部からの火山エネルギーを利用しています。これは天動説と地動説ほどの展開です。これによって生物学では太陽はいらなくなりました。天動説は「地球中心の」という意味ですが、この地球中心論が生物学で成り立つためには、海底火山が水あればいいわけです。実際にはその星の内部が、どんな理由でもかまわないので、熱ければいい。そういった熱源と水がある星を探せばいいのです。そこで、水と熱のある惑星や衛星がある天体を探しましょう、ということが私の研究テーマになりました。

木星の第2衛星エウロパは、表面は氷に覆われていますが、氷の底は火山の熱で融けて液体の水になっていて、海がある。これ内部海といいます。内部海の海底には、必ず海底火山があるはず。この海底火山にチューブワームがいるのでしょうか。とりあえず、海があるという証拠を見てみましょう。たとえばエウロパの表面には無数の割れ目が走っています。木星という巨大な惑星があるので、その潮汐力によってひび割れが生じています。そのひび割れに沿って、両側にオレンジ色のものがありますが、ひびが割れてそこから水がスプラッシュとなって上がって、水のしぶきが降ってくる。その水が昇華し、後に塩分が残ります。この部分を望遠鏡でスペクトルを観測すると、オレンジの色は硫酸ナトリウムや硫酸マグネシウムであることが分かりました。地球の海は塩化ナトリウムが主成分ですが、エウロパの海は硫酸ナトリウムです。このことは下に海があると仮定してやると、説明が可能です。例えばこの写真。あたかも氷が割れてその下の液体が露出し、その液体の上を氷の破片が漂流した。漂っているうちにまたその液体の上が再凍結したようなようすに見えます。こういった現象は下に液体の水があると仮定しなければ説明できません。そのほかにもたくさん観測事実が、下に海があると仮定すればうまく説明できます。逆に言えば、下に海がないと仮定す

ると、すべての観測データを統一的には理解できないのです。このような理由によって、エウロパの氷の下には海があるということがほぼ確実視されています。この氷の厚さはかなり厚く1,000mから数十キロメートルあるといわれています。割れ目やひび割れのところは薄いでしょうから、そのようなところを狙って掘れば、すぐに下に突き抜けるでしょうが、数キロから数十キロ。ちょっと分厚いかなと思うかもしれませんが、現在、このような穴を実際に南極で掘っています。このあたりはだいたい氷の厚さが3,700m。この下になんと液体の湖があります。名前はボストーク湖といいます。この液体の湖めがけて穴を掘っていて、あと50mで貫通します。いま南極は夏なので、ちょうど掘っている最中です。ですからこの夏の間には貫通してしまうのではないかと私は思っています。もしかすると日本のお正月ごろに貫通のニュースが飛び込んでくるかもしれません。これまた皆さん高校一年生の時に入ってくるすごいニュースですよ。3,700mの下に、琵琶湖の20倍の面積の湖が氷の下にあり、そこが過去3000万年間隔離されてるのです。過去3000万年間隔離された生態系で、どんな進化が行われたか。そしてこんな湖がいま南極中に160個見つかっていますので、160個の湖が、それぞれ独自の進化をしたとしたらすごいじゃないですか。しかし、この湖は私たちにとってゴールではない。この湖はあくまでエウロパの練習台です。もうすでに湖の水が凍った時に、そこにいた微生物は回収されています。氷の底の方は湖の水が凍っているの、貫通すれば何か生き物がいるのは確実です。

南極でもエウロパでも貫通したとしても、海の深さが大変な問題です。エウロパの海の深さは50km以上あると思われませんが、その深さでの水圧は重力に比例するので、エウロパの重力は地球の13%なので、エウロパの海50kmの水圧は 50×0.13 で6.5。地球の海での水深の6.5km。6,500m相当です。6,500といえば、「しんかい6500」。潜れますね。しんかいは宇宙船ではありませんから、スペースシャトルに載せて宇宙に運びます。「しんかい6500」はスペースシャトルの荷台にすっぽり収まるのです。シャトルは29トンまで運べますから26トンのしんかいは乗せられるのです。

シャトルは最終フライトが終わり、すべてのプログラムが終了しましたが、本当の意味でのラストフライトはこれにして欲しい。しんかい6500も近いうちに現役を引退しますが、本当の意味でのラストダイブをこれにして欲しい。シャトルで運べるのはせいぜい宇宙ステーションまでですから、そこでしんかいにロケットブースターをつけ、木星へ向かいます。大体5～6年で到達する計算です。

エウロパに穴を開けないといけません、穴を掘つ

たと仮定して、しんかいに潜ってもらおうという話を考えたところです。エウロパにもチューブワームはいらっしゃるでしょうか。この話は、私が現役の時に実現することは難しいでしょうが、10年後、20後にはおそらく技術的にはできますよ。10年後、20年後って、みなさん何歳ですか。この計画は皆さんが行くんですよ。ぜひ行ってください。

みなさんへの期待のエールを送ったところで、今日の話の終わります。

<質疑>

Q. 深海に潜るような船に、ロケットブースターをつけて大丈夫なのですか。

A. ゆっくりだらだらといつまでも加速してやればよいです。急加速には耐えられなくても、ゆっくりだったら耐えられます。

4. 生徒へのアンケート結果からの考察

生徒の反応は、授業後にアンケート紙によって調査した。以下に、アンケートの結果の概要を示す。

記述内容に付した下線は、今回の授業にあたりねらいとした科学者の思考過程を意識した記述や、科学者を身近に捉えることができたという趣旨の表現を示している。

表1 授業後のアンケート結果

講演実施日時：2011.12.7 (水) 6時限
対象生徒：4年D組(40名)、4年E組(40名) 合計80名
場所：演奏室(C棟2階)

- 今回の長沼先生の講義の内容は理解できましたか。

①よく理解できた	39名 (49%)
②まずまず理解できた	38名 (48%)
③どちらでもない	3名 (3%)
④少し理解できなかった	0名 (0%)
⑤まったく理解できなかった	0名 (0%)
- 今回の長沼先生の講義について、興味がわきましたか。

①大変興味深かった	39名 (49%)
②少しは興味がわいた	29名 (36%)
③どちらでもない	10名 (13%)
④あまり興味がわかなかった	1名 (1%)
⑤まったく興味が持てなかった	1名 (1%)
- 2で①および②を選んだ人について、どのような点に興味を持ちましたか。あなたが興味を持った事項について、書いて下さい。
 - ・宇宙のどこかにチューブワームがいるかもしれない話。
 - ・自分の誕生日の特別さについての話。
 - ・学問で考え方が変わってくる話。
 - ・エウロパは水におおわれているはずなのに、火山があること。さらに、チューブワームがいることが仮説されること。
 - ・地球以外の星にも生物が存在し、その存在を地球の環境をもとに研究し、可能性を探ることができるということ。
 - ・地球にはいろんな生物がいるんだなと思った。私の知らないところで、船を宇宙に持って行っていろいろ調査するという壮大な話があると知り驚いた。
 - ・潜水船をロケットの荷台に積むという発想に驚いた。宇宙と深海を結びつけるという発想の広さにも驚いた。
 - ・生物の世界について私は教科書にのっていることだけを受け入れてきたのですが、そこに興味を持って自分の職業にすることはすごいことだと思ったので、そういう世界で生きていくことについて興味をもちました。
 - ・エウロパにある海底火山の所にチューブワームがいるのか本当に気になる。けれども水に穴を開けて、宇宙に影響がでないのかすごく気になるし、少し心配。
 - ・氷の下の世界について、「未知の世界への冒険」みたいな感じで心ひかれた。
 - ・南極での調査について、もう少し深く話を聞いてみたかった。
 - ・まだ知られていない生物がたくさんいて、それを解明する方法がいっぱいあること。
 - ・時間はかかってでも生命について、自分でも謎をとけるかもしれないこと。
 - ・長沼先生がどうして理科に興味を持ったか、に興味を持った。
 - ・長沼先生が楽しく話そうに話さずに興味を持ちました。
 - ・海底にチューブワームが生きていて、水と熱だけで生きているのか、というのが興味深かった。本当にそうだったらすごいなと思った。
 - ・地球にはまだまだたくさん未知の生物がいるのだと思った。今まで「別の銀河系に似たような太陽系がある」とか「そこには地球のような星がある」ということは聞いたことがあったけれど、同じ太陽系の木星の衛星に生物がいる可能性があるというのは初めて知り、凄くと思いました。
- 長沼先生の講義のメインテーマ(主題)について、どう思いますか。あなたの考えを書いて下さい。
 - ・チューブワームが木星の近くの星にいたら素晴らしいと思いました。しんかい6500が使えたらよいですね。

- ・海底から宇宙まで、生命のつながりは広いんだと思った。
 - ・可能性はあるのかなと思う。ぜひ調査を進めていただいて、10年後、20年後、結果が開けたらなあと思いました。
 - ・地球での発見が、宇宙の研究でも役に立つことを知って、今後ますます重要になっていく分野だと思った。
 - ・他の惑星に生命があって、もしもそれが進化して人間のような生物に進化したら面白いなと思った。
 - ・すごく興が深く、夢があって、理科は凄いなと思った。
 - ・宇宙にはたくさん可能性があって、しかもそれが科学的に解明されているので、すごく面白いな—と思った。
 - ・私はあまり興味を持てる分野ではなかったのですが、地球の深海にいる生物を、宇宙の惑星に結びつけることがすごいと思いました。私は、その惑星にチューブワームがいてほしいです。
 - ・夢を追うことの大変さ、と同時に魅力がよく分かった。あと、生命の神秘に触れた気がして楽しかった。
 - ・宇宙という広大な場所から何か探し出そうとする探究心が凄いなと思った。
 - ・エウロパを調べることができるようになって、生命の起源がわかる時がきたらすごいと思う。生きものの命というものを明らかにできれば、切り開ける未来があると思う。
 - ・本当にチューブワームのような生物が地球外にいたら大発見だし、地球の生物の起源がはつきりしてくるかもしれないので、とても興味があった。
 - ・夢が大きくて良いと思います。私も長沼先生ほどでなくても、広くて大きい夢を持ちたいです。
 - ・チューブワームは、これから宇宙で生物を見つけるカギとなっているので、これから研究してみたいと思った。
 - ・生命の始まりを研究することで、科学はさらに進歩するだろうからすごいと思います。宇宙という私にとっては未知なものが、人によって解明されていることに、何かすごいものを改めて感じました。
 - ・自分が住んでいる星について本当に知らないことがたくさんあるんだと思いました。シャトルの中に潜水艇を入れるなど、発想がとても独創的で楽しそうだという印象を持ちました。
 - ・生命の起源がわかるということは、宇宙で地球以外の生命を発見することや、また医療の進歩などにもゆくゆくは貢献すると思う。DNAなどまだわからないことだらけの生命について研究するのはとても面白そうだなと思った。
 - ・長沼先生がどのように生物について興味を持ったかについて詳しく説明を聞いたので、自分の将来に生かすことができそうに良かった。
 - ・チューブワームの生態に興味を持ちました。どうやって増えるのか？体の構造は？など新たな疑問も。
5. 大学生になって、今回のような講義を受けてみたいですか。
- | | |
|---------------|-----------|
| ①ぜひ受けてみたい | 34名 (43%) |
| ②少し受けてみたい | 37名 (46%) |
| ③どちらでもない | 9名 (11%) |
| ④あまり受けてみたくない | 0名 (0%) |
| ⑤まったく受けてみたくない | 0名 (0%) |
6. 今回のような講義を聴いて、現代への視座(自然科学入門)に対する興味がわきましたか。
- | | |
|---------------|-----------|
| ①大変興味がわいた | 20名 (25%) |
| ②少しは興味がわいた | 48名 (60%) |
| ③どちらでもない | 11名 (14%) |
| ④あまり興味がわかなかった | 1名 (1%) |
| ⑤まったく興味がわかない | 0名 (0%) |
7. 最後に、今回の特別講義に対する感想を自由に書いて下さい。
- ・エウロパの水堀りをやってみたかった。
 - ・正直言うと最初は興味がなかったけれど、地上とかけはなれた世界観が面白かった。生物の世界の広がりはすごく複雑だと思うけれど、宇宙まである生物の世界ってすごいんだろうと思います。環境に適応した生物はきっと宇宙にいてると思ってる。夢をかなえることは難しく年月のかかることだと思った。辛抱強い人間になりたいと思った。
 - ・他の生物がいる可能性がある星は宇宙にたくさんあるので、将来、微生物以外でも発見できたらいいなと思った。
 - ・自由な発想で物事を考えることができる人だなと思った。
 - ・今まで特に生物や宇宙について気にはしていませんでしたが、とても興味がわきました。今まで私が見ていた範囲はすごくせまかったんだなと思った。
 - ・エウロパの水を割ってみたいと思いました。エウロパの表面のナトリウムはどんなのかな？南極ってすごいところなんだなと思いました。いつか行ってみたいです。生物は楽しいな—と思いました。やっぱり宇宙はステキ！！すごい！！
 - ・早く南極の水の下湖まで貫通したというニュースをききたいです。
 - ・こういう授業を受けることで、視点がとても広がりました。
 - ・講義で出てきた話はほとんど知らない話で、聞いていてとても面白かったです。私はどちらかという宇宙より深海に行ってみたくないなと思いました。地球外生命体の話にもとても興味が持てました。
 - ・とても面白くて長沼先生の本を読んでみたくりました。長沼先生の言葉で特に印象に残ったのは、「登る山は一緒なら途中の道が違って、頂上は同じ」という言葉です。
 - ・太陽の恩恵を受けずに生きている生物がいるなんてすごいと思った。でも、他の星に勝手に穴をあけたら宇宙人が怒るかもしれないので心配です。
 - ・一人の人の人生をきけたので、こんな生き方もあるんだな—と、また感心しました。
 - ・夢を実現させるために努力することを忘れないようにしようと思いました。大きくなって夢をもって生きたいです。
 - ・しんかい6500が宇宙に行く日を楽しみにしています。
 - ・生命の起源。僕も興味があるので大学での研究をそっち方面のことも考えていきたい。
 - ・もっと詳しく今の成果を知りたい。南極の水の中にいた生きものについても知りたい。
 - ・とてもおもしろい話でした。先生は高校の時の夢を今も追っていると思うので、そういうのはすごいと思った。宇宙のチューブワームの話とか、南極の水の話とか、もっと聞いてみたい。
 - ・興味深いお話ありがとうございました。分野が違って、どの分野にも無限の可能性がある気がして、とてもわくわくする気持ちになりました。
 - ・今まで受けた様々な講義の中で一番おもしろく、興味がわいた。もっといろいろなニュースや新聞を読んでそういう情報をたくさん知りたかったです。
 - ・特別な体験ができたと思います。私たち高校生には、将来を左右するような大きな出来事がひそんでいるんだと感じました。
 - ・誕生日も、20歳の誕生日も宇宙に関係して、すごいと思った。話を聞くのがこんなに楽しいなんて…。話を聞いてから新聞で第2の地球的なものを見つけました。興味・関心の幅が広がりました。
 - ・とてもわかりやすかったです。研究＝苦労する、というイメージでしたが、とても楽しそうに話しているのを見て、自分の好きなことをする事なんだと、イメージが変わりました。ありがとうございました。
 - ・この分野について詳しいことを聞くのは初めてだったのでとても興味深かったです。生命という謎に包まれたものを実際に観察したりして解き明かしていくのは難しいことだと思いますが、同時にとても楽しそうだなとも思いました。
 - ・行動力はすごいとも思いました。何事にも積極的に挑んでいくというのは、私はなかなかできないのですが、少しがんばってみようと思いました。
 - ・ぜひ、南極の下にある湖を掘り出して、スペースシャトルにしんかい6500を積んで、新しい発見+スペースシャトルに乗り、宇宙に行くという目標を達成してください。
 - ・私はこのような授業を受けてみてとても楽しかったです。長沼先生が高校時代の教科書で興味を持ったことについて、今でも研究しているということを知って、すごいなと思いました。

記述内容は、授業の内容に関するものが多いが、「科学者の思考」の追体験としての内容も、期待以上に多く見られた。また、科学者や研究に対するイメージの変化を記述したのも多く、この授業の意図が生徒に伝わった結果だと捉えている。

5. 研究成果と今後の課題

本研究は2年次の研究として、科学者の生徒と同じ年代からの思考の変遷をたどる構成を取ることで、生徒がより身近な存在として科学者を捉え、好奇心を抱く中で、科学者の思考過程に触れることができたと思える。こうした試みは、生徒がこれまでに受けたことのない体験だったことが、生徒の記述から読み取れる。したがってこの授業の内容そのものが、この研究の最大の成果だと考える。

次年度は計画の最終年次として、大学における研究の場での科学的思考の展開のしかたを提示し、最も確からしい答えに辿り着く手法を生徒に伝え、学ばせる方法を探りたいと考えている。方向としては、生徒が科学者の思考を追体験できるように、引き続き、科学的思考に基づいて論理を展開する手法を身につけさせるための工夫とその効果を検証していきたい。

昨年度も記述したが、クリティカルシンキングの技法を取り入れた思考力・観察力の育成は、自然科学を扱う日頃のさまざまな学習活動の中で育まれると考えるが、本稿で示したような科学者からの生の言葉が、興味付けや関心・意欲の面で大切である。日々の授業の地道な取り組みを継続しつつ、今後も生徒の知的好奇心を触発する実践を行いたい。

引用(参考)文献

- 1) 長沼他, 科学者の思考展開の教材化に関する研究 (I), 広島大学学部・附属学校共同研究機構「学部・附属学校共同研究紀要」, vol39 (2011)
- 2) 長沼他, 言葉で伝える理科教育の可能性に関する研究 (I), 広島大学学部・附属学校共同研究機構「学部・附属学校共同研究紀要」, vol33 (2005)
- 3) 長沼他, 言葉で伝える理科教育の可能性に関する研究 (II), 広島大学学部・附属学校共同研究機構「学部・附属学校共同研究紀要」, vol34 (2006)
- 4) 長沼他, 言葉で伝える理科教育の可能性に関する研究 (III), 広島大学学部・附属学校共同研究機構「学部・附属学校共同研究紀要」, vol35 (2007)
- 5) 長沼他, 広島島の風土を題材にした理科教育(風土サイエンス)の研究 (I), 広島大学学部・附属学校共同研究機構「学部・附属学校共同研究紀要」, vol36 (2008)
- 6) 長沼他, 広島島の風土を題材にした理科教育(風土サイエンス)の研究 (II), 広島大学学部・附属学校共同研究機構「学部・附属学校共同研究紀要」, vol37 (2009)
- 7) 長沼他, 広島島の風土を題材にした理科教育(風土サイエンス)の研究 (III), 広島大学学部・附属学校共同研究機構「学部・附属学校共同研究紀要」, vol38 (2010)