

2年生特別講演

4 2 第1回 地学分野 「観察して考える - 自然科学の基礎 - 」

(1) 研究開発の概要

自然科学の研究において最も大切である自然現象の観察の方法と観察後の考え方について、名古屋大学博物館長の足立守教授に講演をお願いして、その基本を教示していただいた。講演では先生の専門である地質学に関連した話題を中心に、植物学や社会科学にまで及ぶ幅広い話題を例に上げていただきながら、五感を発揮してゆっくり・じっくりと多方面から考えることの重要性について話していただいた。講演中には、実際に生徒一人一人が、水晶、各種の岩石や木の葉といった本物の標本に触れながら、観察法や考え方の基本について考えることができた。

(2) 研究開発の経緯

平成16年12月に講演を依頼し了承を得た。その後、メールにより、講演の目的や講演の内容についてお願いし、4月22日(金)と6月28日(火)には名古屋大学で講演内容についての打ち合わせをお願いした。

(3) 研究の方法および内容

ア 対象生徒：2学年理系生徒全員 214名

イ 実施日程：平成17年7月5日(火) 13:00~15:40

ウ 講演の内容

(ア) 五感を使ってじっくりと考えよ。

自然科学では、観察したときにそれをどう判断するかが難しい。観察はちょっと見ただけではだめで、見てよく考えることが大切である。テレビの影響で、五感のうち目を用いる視覚だけが発達しているが、実際にはにおいや味、触覚を含めて五感を総動員して捉えないと実物を正確に捉えることができない。

(イ) 名大理学部、地球惑星科学科、博物館の紹介。

名大理学部では数学、物理、化学、生物、地学の各分野で優秀な研究者が育ってきた。著名な研究者を紹介すると、数学の森先生(京都大学出身、代数学の分野でフィールズ賞を受賞)、物理の坂田先生(生きていればノーベル賞)・早川先生(X線で宇宙を見た)、化学の平田先生(ふく毒などの生物関係の有機化学を研究)、生物の大沢先生(生物物理)、岡崎先生ご夫婦(DNAフラグメント)となる。

地学は地球科学の略で、1960年の終わりに人類が月に降り立ってから地球惑星科学の呼ばれるものになってきた。人類に役立つ資源や災害にも関わる地震・気象といった分野も扱う学問でもある。この学問の特徴は、地学は長い時間を扱うので、時間の概念が重要であることと、フィールドワークが大切で直感力が要求されることである。また、45.5億年前という地球の年代は、実は隕石の情報から求められているが、このように地球のことを考えるときは、地球以外のことも考える必要がある。

博物館で大切なのは、本物の標本があることである。研究に使われた本物の標本が保存してあって、さらに知りたいときに利用できるように保管しておくことが大切である。また、大学の研究成果を一般の人にわかりやすく知ってもらうことも大切な役割で、野依先生のノーベル賞の際には博物館ですぐ企画展を行った。

(ウ) 定説でもおかしいと思うところは自分で確かめる姿勢から発見が生まれる。

日本で一番古い石は、上麻生礫岩で、飛騨川中流岐阜県加茂郡七宗町に分布し、きれいに丸くなった玉石として産する。以前は、黒雲母のK-Ar年代やRb-Sr年代で十数億年前と分かっていた。しかし、モナザイトという放射性元素を多く含む鉱物を用いたチャイム法で、近年、20億年前の数字を得ることができた。黒雲母中に含まれる、黒雲母にハローを作る(放射線による格子欠陥のためと思われる)鉱物は定説ではジルコンといわれていたが、顕微鏡で詳しく観察すると、ジルコンにはよく似ているが、形やハローの厚さなどが違うことから疑問に感じ、調べてみるとそれはモナザイトであった。そのことが新発見につながった。

一般に、岩石では、岩石と鉱物は同じ年代ではない。例えば、上麻生礫岩の中にはジルコンが2種類あるが、一つは結晶面がきれいで透明なもので、これはマグマと一緒に成長したもので20億年前の年代を示す。しかし、もう一つに、100個に1個とかの割合で、赤黒くてとがっていないジルコンが含まれる。これは、年代測定してみるともっと古い時代を示す。ジルコンは熱に強く2000℃まで解けないので、以前の岩石の鉱物がマグマの中でも一部は残っているためである。世界で最古の鉱物44億年前も最古の岩石40億年前の岩石もジルコン $ZnSiO_4$ で測った数値である。



黒雲母中にできたハロー

(I) 同じ観るにも程度がいろいろある。

同じ「目を使って見る」という単語にも、見る、観る、視る、看る、診るといろいろある。英語でも、See、Look、Observe、Watch といろいろな段階がある。この英単語の頭文字を取ると SLOW となるが、このように観察においてはゆっくり見ることが大切で、その後には頭を使って考えることがもっと大切である。



試料の観察 (休憩時)

(カ) 五感を発揮した人が生き残ってきた。

観察では、五感(視覚、聴覚、嗅覚、味覚、触覚)と第六感をフルに使って見ることが大切である。自然の中で生きていた人類は全ての感覚を動員して生き延びてきた。しかし、現代では、便利になってきているので、いろいろな感覚が鈍ってきている。

サヌカイトは良い高い音がするが、全ての石がこのような音を出すわけではない。サヌカイトが細粒で硬くて緻密な岩石なのでこのような音がするのである。一方、御影石は大粒の石英、斜長石、カリ長石等からなるが、粒と粒の性質が大きく違うので、たたいたときに高い音がしない。

サヌカイトのような石は響岩(Phonolite)と呼ばれ、日本では香川県高松市北東の八島付近に分布する、約1000万年前に噴出した特殊な安山岩であるサヌカイト sanukite が有名である。この細粒で緻密なサヌカイトには粘りがあり、壊れにくく石器の材料として貴重であった。縄文時代後期に大陸から近畿地方にやってきた渡来人はこのサヌカイトでヤジリや石槍などの武器を作り、短期間で縄文人を征服してしまった。サヌカイトを見て武器に使えたと最初に気づいた、石器時代の人は石のことがよく分かっていたのだろう。

(カ) 嗅覚や味覚も大切である。

嗅覚で調べられる臭いのする鉱物にバライト Barite ($BaSO_4$) がある。名前の由来はギリシャ語の baroz (重い) で、比重が大きく胃の X 線検査で造影剤として利用される。この岩石は、イオウが入っているのでたたくとイオウのにおいがする。

また、味覚で調べられる味のある鉱物としては、ハライト $NaCl$ がある。ハライトはバライトの逆で軽く、ハライトの集合体は岩塩と呼ばれ、ヨーロッパでは約2.5億年前に海水の蒸発作用で大量にできた。

クスノキの葉を揉んで臭いを嗅ぐとくさい臭いがする。それは、ミルセンという製油成分が含まれているからで、樟脳もこのミルセンから作られ、防虫剤、香料、医薬(カンフル剤)などに使われる。クスノキは本来は薬の木であったと思われる。

(キ) 常識にとらわれずに、いろいろな面からよく考えること。

林が松食い虫にやられているときに、次に枯れる木を調べるには松ぼっくりを見ると良い。松ぼっくりの多い木が次に枯れることが圧倒的に多いからである。松の木には、あと数年で枯れることが分かるので、枯れ始めた木は松かさを多く作り子孫を残そうとする。実際、松ぼっくりが多くなったらその時点でその木にカンフル剤を打てば助かることも多い。

イネ科の植物の葉には SiO_2 が多く含まれ、葉が硬く(特にススキ)プラントオパールが生成される。オパールは腐らないので、イネの実が腐ってなくなっても、イネのプラントオパールから稲作の有無も推定できる。

ひこばえのイチヨウの葉には、もととなる親木のものと比べて、葉に大きな切れ込みが入っていて葉が大きく2つに分かれている。イチヨウは2億年前から生存している生き化石であるが、化石として見つかるイチヨウの葉も大きく2つに分かれている。ひこばえは先祖返りをしていると思われるが、ところで化石のイチヨウの葉はなぜ大きく2つに分かれているのだろうか。推測するに、昔の時代には昆虫がイチヨウの天敵で、昆虫の幼虫に葉を食われないようにするために先が分かれたのかもしれない。

神岡鉱山であった山師の話では、黄金シダ（ヘビノネコザ）を探せば鉱脈が見つかる。

黄金シダはカドミウムなどの重金属を吸着して利用することができるので、石を見なくても関連する植物を見れば石の存在を見ることができるのである。

1969年にアポロ11号の乗組員が人類最初に月面立ったが、そのときの月面の足跡はいつ消えるかを考えて欲しい。地球上では足跡はすぐ消えてしまうが、月では足跡を作っている砂の鉱物に宇宙線があたり、その結晶構造が壊れるまで足跡は消えないので、計算によると足跡が消えるまで数百万年程度がかかるとされている。また、そのときに取りってきた月の石を調べてみると、今から30億年とか20億年前の古い石なのにカンラン石のような風化に弱い鉱物が実に新鮮に残っていて驚かされる。地球では、深い環境で安定なカンラン石は風化してしまう。このように、地球人の持つ人生観は月では生まれない。

地球の内部をボーリング調査によって調べようとする計画があるが、世界最深のボーリングは10 kmまでで、人間の手では、ほんの地表の部分にしか触れられないことがわかる。しかし、ある種の玄武岩は、マグマが深さ300 km程度から周りの石を取り込みながら高速で上がってくるのが分かっている。私たちは、深いところの岩石の様子を、このようにして知っている。この玄武岩はまさに天然のボーリングということが出来る。また、もっと深いところの情報については、地球に落ちてくる隕石から推定するとか地震波の解析するといった手法をとっている。

(ク) 標本の観察

休憩時間に生徒一人一人が各種の標本を手にとって観察した。また、講演の後半で使用する水晶の結晶を生徒一人一人に配布した。

- a クスノキの葉とサクラの葉、 b 地球内部からのカンラン石
- c サヌカイト（カンカン石） d 岩塩
- e 水晶の結晶

(ケ) キラリティのもととなった右水晶と左水晶

酸素と珪素という地殻に最も多い2つの元素からできている鉱物が石英で、石英 SiO₂ のきれいな結晶を水晶と呼ぶ。この結晶の研究から鉱物学や結晶学が生まれた。

世界最大の水晶はブラジル産で長さ6 m、質量40トンもある（日本最大の水晶は山梨県産で長さ1 m）。このような大きな水晶ができたということは、地下5 km程度の相当な圧力のもとでも、高压の多量のガスがたまった空間があったことを意味する。そういう意味でも大切である。

水晶では、柱状の横をなす面と面の角度が120°で柱面に横の筋が入っている（オパールならこれが縦になる）。屋根の斜めの面のr面とz面と柱のm面の間に、よく見ると小さな面s面とかx面があるものがある。この小さな面が右上に続いていれば右水晶、左側にあれば左水晶となる。これらの面がそろっているのは、水晶100個に1個か2個で、s面とx面の両方があれば、その位置関係から水晶の右左が判断できる。しかし、実際にはこれらの面は非常に小さいので、気付にくいと思われるが、結晶を丹念に調べた学者がこれに気づき、この研究がキラリティ（chirality）の研究に結びついていった。19世紀の初めにフランスのビオとハーシェルは、右水晶は偏光を右方向に回転させ（右旋性：dextrorotatory）左水晶は左に回転させる（左旋性：levorotatory）があることを発見した。野依先生のノーベル化学賞（0-メントール、1-メントール）の研究もこの研究が発展したものである。



月表面の足跡



水晶とは

水晶の色は中に含まれる金属が原因で、紫水晶（アメシスト）は不純物の鉄（4価）、黄水晶（シトリン）は鉄（3価）、緑水晶は鉄（2価）の働きである、また、煙水晶（黒水晶）は不純物のアルミニウムが強い放射線を浴びるとできる。このような色の原因になる不純物（結晶格子欠陥）をカラーセンター（色中心）という。

- (3) しっかり考えるためにはどのようにすべきか。

以下の点を心がけて自然と向き合って欲しい。

自分で考える。

いろいろなことに興味を持って考える。

先入観、常識にとらわれなくてよく観察して考える。

直感力、第六感をみがく（五感を鍛えると第六感が磨かれる）。

五感の全てを使って物事をよく見て考える。体験することが大切。

- (4) 面白いことはたくさんあるので、何にも幅広く興味を持って欲しい。

ピン（取り）からキリ（キリスト）までというのはポルトガル語。

試金石というのは金かどうかを調べるための石で黒い粘板岩のことである。これですると金のナゲット（固まり）では黄色い筋が付く。

岐阜市の中心部に金華山があるが、この山では5月にツブラジイの花が一斉に咲く。

そのとき、山が黄色に見えるので金華山といわれるようになった。このツブラジイは食べられるドングリを実らせるが、織田信長は兵糧攻めに対して考えたのか。

エ 質疑応答の内容

- (7) 地学を目指そうと思ったきっかけは何ですか。いつ頃ですか。

東海中学で野村先生という先生がいて、日曜日ごとに山に標本を取りに出られていた。授業ごとに標本を見せてもらったのでそれで興味を持った。その後、高校に進学してそのことは忘れていたが、大学で理学部に進んでから、理学部に島津先生という人がいて、地球を熱機関としてみたらどうなるかといった変わったテーマを研究する先生がみえてまたやりたくなった。地球の研究をしなければ化学の研究をしていたと思う。しかし、やはり一番は中学時代に先生が本物をたくさん見せてくれたのが影響していると思う。

- (1) 東から西へ濃尾平野が傾いていると聞きましたが、昔、濃尾平野のど真ん中を木曾川が通っていたと聞いたことがあるのですが、それと関係がありますか。

関係があります。養老断層では5.00年に一回の割合でM8クラスの地震が起きる。そのとき必ず、養老側が上がって、濃尾平野が下がります。この繰り返しで濃尾平野の西側が下がっています。そしてそれによって、木曾川は西に移動していきます。今から3万年前には木曾川が大曾根付近を流れていました。

- (7) 水晶等を研究する楽しさは何か。

一番は、とてもきれいだということ。すなわち色や幾何学的な美しさだと思う。水晶も宝石の一つですが、例えば、人工宝石を作ろうと思うと水晶とかの研究をしておかなければいけない。

オ 事後指導

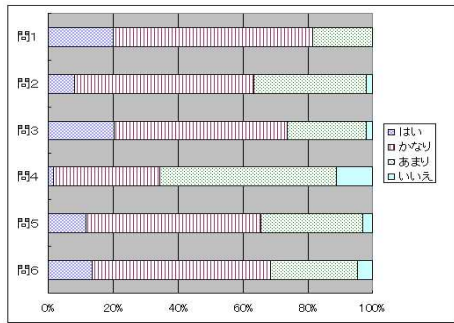
特別講義後にレポート用紙を配布し、特別講義で得た知識をまとめて記入させた。また、同時に、アンケート調査を実施して参加した生徒の感想や意見を聞いた。

- (3) 検証（成果と反省）

ア 事業内容全体の評価

- (7) アンケートの実施

アンケートの結果からは、普段学習していない地学分野の講演ではあるが、図や写真を多用してゆっくりと説明して頂いたため、興味を持って講演を聞き、その内容もほぼ理解できたと感じた生徒が多いことが読み取れる。しかし、他の講演と同様に、講演の内容に興味を示したり、SSH行事等で実験講習会等に参加することは希望しても、講演の内容について自分でさらに調べてみたいと考える生徒が少ないことが分かる。



質問内容

- 問1 講演内容は理解できましたか
- 問2 講演内容は高度でしたか
- 問3 講演内容に興味を持ってましたか
- 問4 さらに自分で調べようと思いますか
- 問5 講演は役に立ったと思いますか
- 問6 地学のSSH行事に参加したいですか

アンケート調査の結果

(イ)

) 生徒の感想から

学校では習っていない地学分野の講演に新鮮さを感じた生徒が多かった。また、自然の観察の仕方についてのアドバイスは印象に残ったようである。

以下に生徒の感想の一部を紹介する。

- ・水晶に右左があることを初めて知って驚いた。さらに右水晶、左水晶の考え方が化学にも反映されることに驚いた。
- ・もっといろいろな石が見たかった。
- ・鉱脈を探するには植物がキーポイントになることに大変驚いた。
- ・先入観にとらわれずいろいろなことに興味を持つことが大切であることが分かった。
- ・観察する時には、常識にとらわれずに、五感や六感をフルに使って、時間をかけて考えることが必要なことが分かった。
- ・生物系へ進みたいと思っているが、観察の仕方などについていろいろ分かってためになった。
- ・いままで地学に触れる機会がなかったが、今回の講演で地学にもおもしろい分野がたくさんあることが分かって良かった。
- ・地学は授業にないから、知らないことばかりで新鮮であった。
- ・今回のように見たり触ったり、においをかいだりして自分で体験できる講演がおもしろいと思った。
- ・休憩時間に、試料に触れたり、先生に直接質問することができて良かった。
- ・身近な話がたくさんあったので楽しく聞くことができた。
- ・メモを取るのに台や机のある部屋が欲しい。
- ・後ろの方からは小さな字が見えなかった。

(ウ) 反省点

- a 生徒一人一人が水晶の標本を手に取り、その結晶の右左の判定をする実習を途中で計画していたが、会場の照明が十分でなかったこともあり実施できなかった。その目的のためには教室や会議室のような場所が必要である。
- b 質問の希望が多く出されていたが、時間の関係で打ち切りとなった。質問の時間を20分程度は確保しておく必要があった。
- c 後ろの席からではプレゼンの小さな字が見にくかったようだ。