

学校教育におけるSPPの意義： 生徒の活動と反応に基づいて

青木秀則¹⁾

1. 水戸一高の2008年度のSPP

茨城県立水戸第一高等学校(水戸一高)では、2008年度に科学技術振興機構(JST)のサイエンス・パートナーシップ・プロジェクト(SPP)を、地磁気・古地磁気をテーマにして実施しました。SPPの講座名は「地磁気・古地磁気研究の最前線 -火砕流堆積物の採取と地磁気逆転の年代測定-」です。SPPの活動は、茨城県にある産業技術総合研究所地質情報研究部門、気象庁柿岡地磁気観測所、茨城大学理学部に加えて、東京大学大学院理学系研究科、(株)京都フィッシュン・トラックと連携して行いました。第一線で活躍する研究所や大学の研究者を招へいし、2年生の地学の授業の一環として、全部で18回の活動を行いました。その中で、地磁気・古地磁気・地球環境・海洋底探査・海底火山活動・絶対年代測定などに関する講義や、産総研や茨城大学での残留磁化の測定実験、産総研での海底コアの処理体験、火砕流堆積物のサンプリングを主体としたフィールドワーク、柿岡地磁気観測所の見学を実施しました。

2. 生徒の活動と反応

ここでは各回における生徒の活動、反応および主な感想を報告します。

第1回活動 地磁気・古地磁気の基礎的講義(植木講師)

活動：今回のSPPの導入として、地球磁場と残留磁気についての基礎的内容の講義を聴講しました。ネオジム磁石に溶岩をくっつける実験、磁石をクリヤケースに入れ、鉄粉をその上からまいて、磁力線を観察する実験を行いました。古地磁気用のコアドリルで、講師がレンガに穴を

開けるのを観察しました。

反応：教科書では、わずか1ページ程度でしか扱われていない地磁気・古地磁気に関して、約半年間にわたり一流の講師陣から講義やフィールドワークの指導を受けることがわかり、SPP活動の意義とそのスケールの大きさに驚いた様子でした。

感想：授業より深い話を聞けたので地球に対しての興味が強まった。研究者を身近に感じられるようになった。初めてのSPPで不安もあったが、わかりやすかった。実験しながらの講義で、あっという間に楽しく終わった。スケールの大きな話に興味を持った。ドリルの実演が印象的で、夏休みの巡検が楽しみになった。

第2回活動 地球深部、地球ダイナモ、地磁気逆転の講義(望月講師)

活動：地磁気の逆転、地磁気エクスカッション、地磁気を規制している地球の内部構造、地球磁場を生起させる地磁気ダイナモについての講義を聴講しました。

反応：地磁気の逆転、ダイナモ理論、エクスカッションといった難しい内容でしたが、生徒はダイナモシミュレーションの動画などに興味を抱くとともに、講師の熱心さに感動していました。

感想：シミュレーションによる地磁気逆転の映像が新鮮だった。講師の熱意が一番印象的だった。今回の講義はとてもレベルが高く、難しかった。難しい図や数式が出てきて、理解できないところがあった。

第3回活動 古地磁気を使った野外地質学の講義(岡田講師)

活動：房総半島における野外調査を例にして、地層の編年ツールとしての磁気層序学や古地磁気

1) 茨城県立水戸第一高等学校

キーワード：SPP, 地磁気・古地磁気, 白河火砕流堆積物, フィッシュン・トラック年代測定

を用いた地質帯の造構運動の復元についての講義を聴講しました。

反応：以前より疑問に思っていた古地磁気測定の詳しい方法を、地元の大学の先生から教えていただき、とても親しみを感じたようです。

感想：茨城大学の講師で身近に感じた。大学生の調査の紹介から、大学での研究のイメージがわいた。実際のフィールドワークの話が興味深かった。毎回新しい知識と理解したことが増えてうれしい。

第4回活動 地磁気による地球史の復元の講義 (菅沼講師)

活動：約7億年前の“Snowball Earth”，約6,500万年前の“白亜期末の生物大絶滅”，そして“生物進化の大爆発”などについて、地球磁場の研究の講義を聴講しました。

反応：縞状鉄鉱床の風景写真から地球の歴史の長さを具体的に感じ取ることができたようです。

感想：講師から熱意や活気が伝わってきた。Snowball Earthの話が最も印象に残った。研究は分野ごとに別ではなく、関連していることがわかった。オーストラリアの生活などの話も楽しかった。

第5回活動 海洋底探査と古地磁気学の講義(山崎講師)

活動：海洋底拡大や統合国際深海掘削計画(IODP)における海洋調査(磁気探査、コア試料採取、掘削作業)を例に、古地磁気学を用いた研究の講義を聴講しました。

反応：海外出張(コルシカ島)から帰国された翌日に、高校生にわかりやすく講義をしてくださった山崎講師に大変感動していました。

感想：「科学は直感だ」という言葉がとても印象に残った。海には謎が多く次世代に期待したいということに、地球の偉大さを感じた。今回の講義は、海洋探査の生の声だと思う。「熟練」というイメージが似合う講師だった。

第6回活動 海底火山の調査の講義(下司講師)

活動：海面下で起きている様々な火山活動(海底火山、中央海嶺、熱水噴出など)を潜水調査船での観測を例に、最新の研究成果を古地磁気研究と関連させた講義を聴講しました。水戸—高のOBとして、下司講師の仕事のやりがいと

すばらしさについて聞きました。

反応：映画「日本沈没」で見た「しんかい6500」乗船の体験談を聞き、研究者は命がけで資料をサンプリングしているのだと実感しました。

感想：つぶれたカップラーメンの容器に感動した。身近な海でもわからないことが多いことを知った。深海の研究をしている研究者の話聞く機会ができるSPPのすばらしさを認識した。OBが研究にがんばっている姿から刺激を受けた。

第7回活動 走磁性バクテリアの室内実験(川村講師)

活動：堆積残留磁化の起源となる磁性鉱物を持つ走磁性バクテリアを顕微鏡観察しました。第14回活動の残留磁化測定のための試料を作成しました。

反応：地学のSPPですが、走磁性バクテリアという「生物」が存在していることがわかり、とても興味深く実験に取り組みました。

感想：SPPで初めての本格的な実験だったので、楽しく進められた。走磁性バクテリアが磁石に反応するのを見て感動した。古地磁気は生物と関係していると感じた実験だった。大学レベルの実験をして、大学に行きたい気持ちが高まった。

第8回活動 地磁気異常と物理探査の講義(森尻講師)

活動：陸上での地磁気や磁気異常の観測、地磁気を用いた物理探査や資源探査についての講義を聴講しました。磁気異常図のコンターを描きました。

反応：森尻講師のわかりやすいプレゼンテーションに引きつけられ、磁気異常や探査方法について理解を深めることができました。

感想：陸上、海上、空中での地磁気の観測の違いが印象に残った。簡単な言葉を使ってくれたので、わかりやすく、身近に感じた。とっつきにくい分野でも入り方次第で興味が持てることがわかった。精巧な造りの化石チョコレートから地学への愛着を感じた。

第9回活動 南極と地球環境とエネルギーの講義(小田講師)

活動：南極海で行った海洋調査(音波探査、海底堆積物コア採取など)の研究成果を例に、第四紀



第1図 森尻講師による有珠火山の磁気異常の説明。

の古気候、古海洋の変化の歴史についての講義を聴講しました。金属コイルによる地震波の実験と地球コマによる歳差運動の実験を行いました。

反応：南極付近の荒天を「吠える40度，狂う50度，叫ぶ60度」と呼ぶことを知り，聞いただけで南極の自然環境の凄まじさを感じられました。

感想：地球史，火山，海底の次は南極だった。南極をよく知らなかったが，具体的なイメージをつかむことができた。地磁気とは直接関係ないエネルギー関連の話にも考えさせられた。講師のキャラクターが好きだった。

第10回・11回活動 南極海ボーリングコア処理作業実習(小田講師・望月講師・川村講師，TA1名)

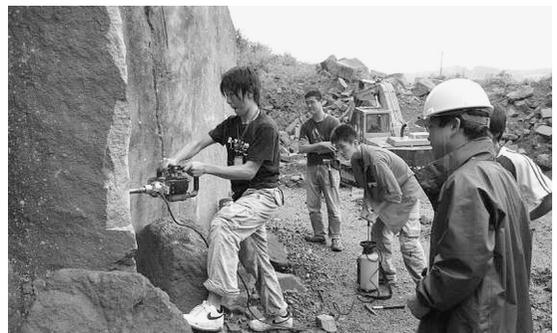
活動：生徒を2班に分けて産総研を訪問しました。南極海で採取したボーリングコアからキューブ試料を採取し，超伝導磁力計を用いて堆積残留磁化を測定しました。この作業は第16回活動の事前実習も兼ねています。コアに含まれる珪藻化石を顕微鏡観察しました。没入型3次元可視化装置によって，海底地形を観察しました。

反応：ボーリングコアの切断，取り出し，写真撮影，記載，サンプリングなどの作業が見た目以上に難しく大変だったようです。

感想：初めての校外活動に期待と喜びがあふれた。日本中の高校生が誰も経験できないことをたくさんさせてもらった。講義で得た知識をフル



第2図 コア処理室にてキューブ試料のサンプリング。



第3図 コアドリルを用いて火砕流のサンプリング。

に活用した実験だった。研究の最前線に初めて触れ，雰囲気を感じることができた。研究者の普段の姿を見ることができ，社会勉強になった。

第12回活動 白河火砕流堆積物のサンプリング(植木講師・下司講師，TA2名)

活動：福島県南部の白河火砕流堆積物を野外で観察し，野外地質調査の基礎を学びました。火砕流堆積物から古地磁気観測用の試料をコアドリルでサンプリングし，フィッシュ・トラック法による年代測定試料もハンマーで叩いてサンプリングしました。石材加工場で，直径2メートルのダイヤモンドカッターで石材を切断する作業を観察しました。

反応：サンプリングに使用したコアドリルを操作するのは初めてなので，緊張の連続の作業だったようです。

感想：あいにくの雨だったが，充実した一日だった。地質学者がやっているフィールドワークを体験

できた、自然と一体になって地球の神秘を実感できるような、このわくわく感に地質学者は魅了されるのだろうか？ 講義内容を確かめる活動をしたり、全く知らない知識を得たり、今までで一番楽しく思い出に残る活動だった。講師の輝いた目が研究者と呼ばれる理由を雄弁に物語っている。

第13回活動 現在の地磁気とその観測についての講義 (藤井講師)

活動：人間に関わりのある磁気圏・電離圏の現象、雷と地中の誘導磁場、地磁気・地電流の観測方法についての講義を聴講しました。これは第15回活動の基礎となる講義です。

反応：オーロラのほかに「雷」も磁気嵐の影響で発生するのを知り、大変驚きました。

感想：映画「ザ・コア」の主人公と同じ地電流の研究者が講師なので楽しみにしていた。地磁気の他にオーロラ、磁気圏・電離圏、雷の話があり、今までとひと味違った内容だった。電磁誘導など物理で習った知識が深められた。地磁気観測所の訪問が楽しみになった。

第14回活動 茨城大学での堆積残留磁化の測定実験 (岡田講師・川村講師, TA2名)

活動：茨城大学を訪問し、第7回活動で準備した試料を用いて、堆積残留磁化を測定しました。また、大学の研究室、実験室を見学しました。

反応：自分たちで測定した北極海サンプルの伏角が76.5度と求まり、これが伏角表の値と一致しており大喜びしました。

感想：多少の誤差はあったが、おおむねよい残留磁化の伏角が求められた。話で聞くだけでなく、自分で実験するのはよりインパクトが大きい。研究で結果を出すには地道な努力と忍耐が必要だと痛感した。大学の雰囲気を肌で感じることができ、大学で行っている研究がより身近になった。

第15回活動 柿岡地磁気観測所の見学 (藤井講師, TA2名)

活動：気象庁柿岡地磁気観測所を訪問し、実際の地磁気観測の施設・装置を見学しました。

反応：JR常磐線の電車が交流電源で走っている理由も、県内に地磁気観測所があるため、人々の



第4図 熱弁をふるう普段は物静かな藤井講師。

生活に地磁気は深く関わっていることがわかりました。

感想：茨城県に産総研以外の世界でトップクラスの研究施設があるのが驚きだった。地磁気観測所の場所がのどかなところだった。測定方法が原始的であったこと、とても厳しい精密な条件で行われていることに非常に驚いた。

第16回活動 産総研での白河火砕流堆積物の残留磁化測定 (植木講師・下司講師, TA2名)

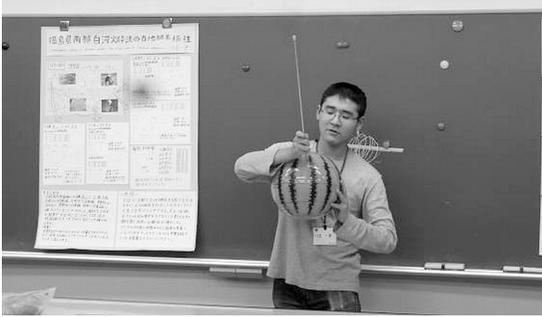
活動：産総研を訪問し、第13回活動で採取した白河火砕流堆積物のコア試料の残留磁化を測定しました。地質標本館で岩石・化石・鉱物などを見学し、地質一般の基礎を学習しました。

反応：普通の高校生では入ることのできない研究所の実験室で、実際に測定を体験し充実した活動でした。地質標本館ではもう少し時間がほしいくらいでした。

感想：自分たちが採取したコア試料を用いて、自分たちが残留磁化を測定するという体験をして達成感を感じた。こんな石ころでも、地球が生み出した複雑で意味深いものと思った。最後の校外活動となり、寂しい気がした。地質標本館では化石やきれいな岩石が多くあり、本当に楽しかった。

第17回活動 年代測定の基礎と古地磁気層序の講義 (植木講師・檀原講師)

活動：地層の相対年代、絶対年代を決定する方法についての講義を聴講しました。特に、白河火砕流堆積物で行ったフィッション・トラック年代測定法について詳しい説明を聞き、ジルコン結晶



第5図 受講生徒の発表風景。

の顕微鏡観察も行いました。

反応：自分たちが採取した試料から取り出したジルコンを観察し、さらにジルコンに刻まれたキズから年代が求まることがわかり、地学という学問の奥の深さに驚いていました。

感想：炭素年代測定法は化学の授業で習って知っていたが、そのほかにも様々な年代測定法があり、それを組み合わせて精度を上げていることを知って驚いた。檀原講師のユーモアやウィットに富んだ人柄や、仕事に対する誇りが感じられた。フィッション・トラック年代測定に東海村の原子力研究所が関わっており、身近に感じた。結果もさることながら、SPPという活動に携わることができて、本当に自分の糧になったと思う。

第18回活動 ポスターセッションによる研究成果の発表会(全講師)

活動：今までの学習と研究を深めてきた内容を、生徒が各自のテーマを持って5分間のポスターセッション形式で発表しました。そして、講師から各賞の贈呈と講評が行われました。発表題目は以下の通りです。

「地磁気の変動」

「目的の違いによる地磁気測定の方法」

「地球の歴史を導く -古地磁気の復元を通して-」

「海洋底調査とは」

「こいつ動くぞ!? -走磁性バクテリアの観察-」

「地磁気研究を世に広める」

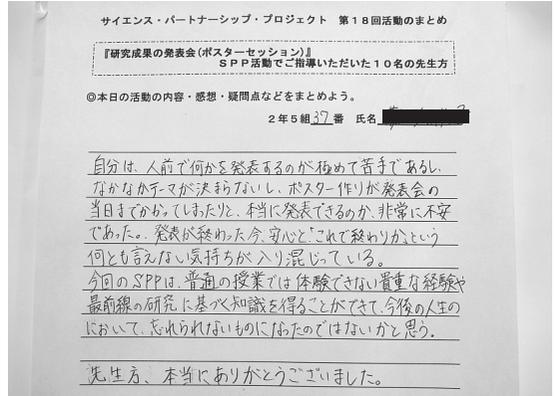
「太陽風から生まれるオーロラ」

「深海底Core」

「地殻磁化と火山活動との関わり」

「柿岡地磁気観測所訪問記」

2011年2月号



第6図 受講生徒の感想文。

「福島県南部白河火砕流の古地磁気極性」

「海底に生きている地磁気」

「いざ行かん!! 白河へ -初サンプリング-」

反応：発表の10日ほど前から、受講生徒は夜遅くまで地学室でポスター作成に取り組んでいました。夜食にカップ麺を差し入れると、おいしそうに食べていたのが印象的です。10名もの講師の前で専門性の高い発表をすることは、受講生徒にとって不安と緊張の連続でした。しかし発表を成し遂げ拍手をいただいた時には、大きな達成感とうれしさを感じていました。

3. 講師の反応(実施所感の抜粋)

- 最後に私から君たちにお礼を言いたい。SPPが始まった時には地磁気、古地磁気なんて全く知らなかったのに、今は残留磁化、逆転、マツヤマ逆磁極期、磁気異常とか、大古代、火砕流とか、そういう言葉がぼんぼん出ている。高校2年生がこんなに熱心で伸びていくのを見ると、それをうらやましく思うと同時に、私ももっとがんばって研究しなくてはいけないと思う。知らないうちに、私は君たちからパワーをもらっていたんだね。(植木講師)
- どんな分野に進んでも、何が問題かを見つけることが大事で、それができれば解く(解決する)ことはできます。大学の先生方などには、若い世代にそれが苦手な人が増えているのではないかという意見もありますが、今回のSPPが、そういった訓練にも役立ったとすればこれまた幸いです。(山崎講師)

- ・生徒の皆さんによる発表会は私にとっても大変印象に残るものとなりました。生徒の皆さんが独自に興味を持ったテーマに沿ってポスターのとりまとめと壇上でのプレゼンテーションを行ってくれましたが、皆さんの意識の高さに感心しました。(小田講師)
- ・講義では、番外編で化石チョコの宣伝をすることにしました。予想以上に、番外編の方が大きなインパクトがあったようです。三葉虫チョコを回覧した時に「おお～」とどよめきの声が上がったので「やったー!」と思いました。私が感動した化石のプロとチョコレートのプロのガチンコのコラボレーションのすごさが皆さんにも伝わってうれしかったです。(森尻講師)
- ・今回のSPPは、偶然にも自分の出身高校での開催であり、10数年ぶりに訪れた高校はもちろん様々な点で変わってはいるが、当時と通じる雰囲気を感じることができた。そのような変貌と伝統の両方を感じることができたのは、卒業生として大変幸せな経験であった。また、高校生にとって、研究者という職業はなかなかなじみがないだろうが、今回参加していただいた生徒諸君に、かつて同じ場所で学んでいた者としてながしかの“背中を見せる”ことができたならばそれは幸せなことである。(下司講師)
- ・ポスター発表会の内容は、論理的な構成になっていて、文献やインターネット上の公開データを引用したものもあり、整理されていました。生徒の皆さんの説明技術は高く、なおかつ、自分の言葉で説明できていました。数人の生徒は、高校生のレベルを超えるような発表でした。生徒の皆さんの努力のたまものと思います。(望月講師)
- ・ポスター発表を聞いた際、地学という科目だけにとどまらず、生物の分野にも踏み込んだ内容を取り入れることで、様々な教科の勉強が関連していること、また広く学んでいくことの重要性が伝わったのではないかと感じました。そしてなによりも生徒が成長していく姿を垣間見られたことは、大変楽しかったです。(川村講師)
- ・今回のSPP活動は、私にとって、自分の研究、職場の仕事についてわかりやすく再構成しようと試みると同時に、高校生に一番伝えたいことって何だろうと考える機会にもなり、準備から講義・見学・

発表のお手伝いまで楽しい時間をすごさせてもらいました。産総研の皆様、水戸一高の皆様に深く感謝いたします。(藤井講師)

- ・「地磁気・古地磁気」という重要ではあるがマイナーな分野の研究者をかき集め、一つの高校の地学選択者のみを対象に、一年間も授業・実習・実験を行うという企画は、発想すること自体が通常は考えられないわけです。こんなことができるのは、国内では産総研や柿岡地磁気観測所といった機関が集中する茨城県のみであろうと思われます。また世界的にもなかなかできることではないでしょう。(岡田講師)
- ・冒険的な要素も残る海外での地質調査の雰囲気を知ってもらいたいと思い、オーストラリアでの調査中の写真やエピソードを紹介しました。生徒の皆さんは興味を感じてくれたでしょうか。今後も研究者の側として、実際の研究現場での面白さや興奮を伝えることを続けていきたいと思います。(菅沼講師)
- ・私の友人が以前、こんな面白い話をしてくれました。「大学はマジックでもやっていけるが、企業は本当のサイエンスでないと生きていけない」というものです。大学では学生の初めての試みにも、わずかな可能性があれば議論や公表のチャンスを与えてくれます。「非常に面白い」データや風変わりな議論の多くは、おそらく何らかの失敗によるものと思われます。しかし低い確率ながら beginner's luck ということがあり、優れた教師、あるいはその逆の人の中には、長年の経験からわずかの確率に賭ける人がいるからです。しかし企業では失敗は禁物です。たとえわずかなミスでも、信用を失うと取り返しがつかなくなるからです。私は本当によい企業は臆病なほど慎重で、そのためにこそサイエンスの確実な裏付けなしには行動しないものだと考えています。皆さんの多くはこれから大学を目指し進んでいかれると思いますが、どこかでこの言葉を思い出すことがあるかも知れません。(檀原講師)

4. 学校教育におけるSPPの意義

生徒にとっては、まず教科書にわずかにだけ記載されている最先端の科学に触れ、一般の高校生では

接することのない研究者と交流できるメリットがあります。またフィールドワークとして野外巡検や研究所・大学の訪問を体験することにより、将来の職業選択に役立つキャリア教育と進路意識の向上が期待できます。さらに教科書だけの学習では得られないリテラシーの向上（自ら知り、考え、行動する能力）やプレゼンテーションのスキルアップにつながります。これらの結果として、地学に関連する学部・学科に進学する生徒が一人でも増えれば、地学教育に関わる者にとってこれ以上ない成果となるでしょう。

一方、現状として教育現場で直接指導にあたる理科教員の専門性や独創性には自ずと限界があります。より詳しく、より楽しく、よりわかりやすい教育の展開には、第一線で活躍する研究者や大学教官によるアウトリーチのサポートが必要不可欠と考えます。この意味では、今回のSPP受講生は充実した科学体験をすることができ大変幸せな高校生だといえるでしょう。

しかしSPPを実施するにあたり、初めての経験となる教員はどのような研究機関や研究者と連携したらいいのか苦勞されると思います。研究機関や大学も、数ある小中高校の中でどの学校のだれ先生にアプロ

ーチしたらいいのか悩まれていることと思います。今回のネットワークの構築にあたっては、幸い前任校（つくば市・並木高校）時のネットワークを拡大して実施することができました。このネットワークを広げるためには、われわれ教員が積極的に科学イベントや学会の教育関連セッションに参加して顔を覚えてもらい、研究者にお声をかけるという「人的ネットワーク」の熟成が不可欠と考えます。

さらに本校では、地学分野のSPP活動を間近に見た生物の教員が、筑波大学と連携して生物分野のSPP活動を2年連続して実施しました。この実践については学生科学賞受賞やTXテクノロジーでの発表などの成果につながりました。

最後になりましたが、今回のSPPを含め長年「研究者と教員のネットワーク」の構築にご尽力いただいております植木研究員と多くの講師の皆様方に厚く御礼申し上げます。

AOKI Hidenori (2011) : The significance of SPP in school education: Based on the students' activities and their response.

<受付：2010年11月24日>