

Title	令和元年度 高大連携物理・化学教育セミナー「探究力をのばす」
Author(s)	関山, 明
Citation	高大連携物理・化学教育セミナー報告書. 2019, 31
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/77167
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

令和元年度 高大連携 物理・化学教育セミナー 「探究力をのばす」

本セミナーは、大阪大学基礎工学研究科と理学研究科が、高校や大学の理系教育に活かす目的を持って、高校の先生方と大学の教員が理科教育の諸問題について議論する場として20年以上前より開催してきました。その後、物理と化学以外の科目は行われなくなるなどの変遷を経ましたが、3年前より物理と化学が再度合同で本セミナーを行うようになりました。2010年代中盤まで物理教育セミナーは8月に行っておりましたが、化学では例年12月に行っていることやその他事情から昨年と同様12月に物理・化学教育セミナーとして開催することにいたしました。なお、2000年前後の初期には物理も12月に行っていた時期があると、当日ご参加いただいた大阪大学名誉教授の鈴木直先生より伺いました。今回は、従来の物理教育セミナーで行なっていた講義も取り入れ、かつ継続して行っている高大連携企画セミナーも行いました。ご参加いただいた方々に感謝申し上げます。

もともと物理教育セミナーでは、ご参加いただいた高校の先生に現在の最先端研究に深く関連した話題を提供することで、高校現場での教育活動に活かしていただければという趣旨で講義を行ってきました。今回は、高校物理と化学の境界ともいえ、それ故に教科書でも取り上げられにくい(?)放射化学の分野の先生をお願いいたしました。一方、企画セミナーでは昨年に引き続き「探究活動」を題材の中心として「探究力をのばす」をテーマとして高校・大学での実施例をご紹介いただいたのちに、時間をとって参加者全員による意見交換を行いました。このセミナーによって、探究活動においては様々な局面での課題がありますが大きくまとめると探究力をのばすには「いかに高校生・受講生に興味をもたせ、かつ持続させるか」という意識に行き着くのではないかとということが参加者に共有されたように思います。また、探究活動は学習指導要領にも明記されていることから良くも悪くも今後多くの高校で進めていくこととなりますが、この企画セミナー報告が指導に悩む先生の参考になれば幸いです。

○ 講義

講義は、理学研究科化学専攻の篠原厚教授に「放射能の基礎とニホニウムの発見」という題で、お話していただきました。放射能、超重元素の113番元素ニホニウム発見といった話題は高校では物理の話題と捉えられがちですが、放射化学という分野は古くからあり化学の一分野としても放射性同位元素を対象とした研究が進められています。篠原先生は理学研究科化学専攻にて長年放射化学研究室を主宰されるだけでなく、大阪大学の放射線関連施設を一元化する組織として2018年に発足した放射線科学基盤機構の機構長も務められています。



お話は、放射能の基礎については19世紀末のベクレル、レントゲンらの放射能の発見を人類の物質観の拡大の歴史と絡めて紹介され、放射性壊変の基本的な種類、原子核の安定性の質量数依存性、これまで確認された原子核の分布(核種表)、超重元素発見の目安となりえる魔法数といった内容が整理されわかりやすく説明されました。また、近年しばしば波長で分類されることもありますが、X線と γ 線の違いは波長ではなく発

光機構の違い（前者は原子内電子の遷移に由来し遷移前後で原子核の状態は変わらないが、後者は原子核の状態変化に由来し原子核の状態が変化する）であることも指摘されました。核種表の説明から超重元素の話に移行し、超重元素の合成法の変遷(Cold Fusion, Hot Fusion)についても触れ、どのようにニホニウムの合成と発見(検証)がなされたかについて



説明されました。超重元素の検証はその後に生じる α 壊変の様子を観測することで確認されるが、ニホニウム(^{278}Nh)は10年近くの実験で3個しか合成されていないことや3個目の α 壊変の観測結果が決定打になりアジア初の命名権獲得に至ったことも紹介されました。さらに引き続いて放射性元素を扱う放射化学が単に原子核反応を追求するだけでなく放射能を用いた様々な応用や環境科学への展開、そして特に近年では核医学治療による患者にやさしい治療法開発といった医学への応用としても期待できることをご自身の研究例を中心に紹介いただきました。放射能というと日本ではネガティブな印象が強いですが、社会での応用・活用という点で今後も重要な役割を果たす印象を皆さん持たれたのではないかと思います。

○ 高大連携企画セミナー

今回のセミナーでは「探究力をのばす」というテーマで高校側、大学側の立場から議論していただきました。探究活動の全国的な動きとしては2002年度から始まった科学技術振興機構(JST)のスーパーサイエンスハイスクール(SSH)での活動が本格的なスタートだったと思いますが、現在の学習指導要領でも探究活動を行うことが高校に求められています。しかし具体的に教員は何をどうすればよいかについて様々な局面で手探り状態が続き、限られた中でのリソース配分も難しい状況にあるのが現状です。大学が高校生を受け入れて研究(実質的には探究活動)指導する場面も近年のJSTによるプログラムなどで出てきつつあります。大阪大学では2015年度より「SEEDSプログラム」が4年間のJSTグローバルサイエンスキャンパス(JST-GSC)事業として採択され、全学的な理工系の高大接続教育プログラムとして遂行してきました。JST-GSC事業として終了後の2019年度もほぼ同規模で大阪大学独自の教育プログラムとして継続しています。

今回は、最初に基礎工学研究科未来物質領域(基礎工学部電子物理科学科物性物理科学コース、以下基礎工物性コースと略記)の草部浩一准教授に、SEEDSプログラムの体感・実感科学研究として基礎工物性コースで協力



して受け入れた経験をお話いただきました。基礎工物性コースでは毎年SEEDSプログラムで受講生を積極的に受け入れてきました。その際に1研究室で受け入れるのではなく複数(6~7)の研究室が分担して一人あたりの教員負担を軽減しながら遂行していますが、草部先生は全体の取りまとめと理論シミュレーションを担当されています。この

5年間で一定の事例が蓄積され、高校生には「超伝導」や「量子情報」をテーマとした内容に興味が集まる傾向（そういう高校生が基礎工物性コースへの配属を希望する）があるようです。これらのテーマに関連する研究室が1つではなく複数あるので、分担しても共通性の高い内容になるのが基礎工物性コースの強みかもしれません。1名ないし2名を受け入れる実感科学研究では、教員が設定したテーマをそのまま遂行するのではなく、受講生との面談を通じて探究したい具体的な方向性を見出して進めていく様子が紹介されました。また、受講生からの超伝導に関する研究提案も、提案内容を生かしつつも面談を通じて遂行可能な内容に導いて実験を進めてきた実例を示されました。物理や化学といった分野では高校生が本当の意味での「研究」に取り組むことが難しいことは確かです。しかし、高校生の提案の中には普段当該分野で研究している大学教員でも「そういえばそれはどうなのだろう」と思う意外な問題設定＝大学教員もやってみる価値があると感じる設問もあり、そこから実験・実習を発展させて実のある内容になった例も紹介されました。



高校からは大阪教育大学附属高等学校天王寺校舎（大教大天王寺）の糠野順一先生より、大教大天王寺におけるSSH・課題研究の現状についてご紹介いただきました。大教大天王寺では数年来SSHに指定されており、その取り組みを総称し「科学のもり」と名付け、探究活動を中心に「生命論」「環境論」といった科目で社会性・倫理性を涵養、科学論文講読や海外の高校の訪問を通じて国際性の涵養をはかっていることが紹介

されました。SSHの定員は一学年定員の約半分の80名ですが、これは入学当初の希望調査で希望する人数とだいたい同程度とのことで、比較的軽微な調整で済んでいるようです。課題探究テーマについては、自分で考えさせ生徒の発案で決まるとのことですが、これを一人で行うのではなく2年生と1年生で組ませて遂行するところが特徴の一つと感じました。但し、生徒の発案による探究活動が機能するのは、大教大附属天王寺中学校時代に行っている自由研究の存在が大きいようにも見受けられました。自由研究の歴史は大教大附属天王寺中学ではSSHよりもずっと長くノウハウもあるようです。そこでの経験がSSHでの探究活動にうまくつながっている印象があります。一方で、今年度の2年生、3年生は大学入試制度が変わる時期にあたり、「受験勉強を優先させたい」という理由で継続して探究活動する人数が20名強とそれまでの40名程度から減少しているとも報告されました。



全学教育推進機構の杉山清寛教授からは「SEEDSプログラムを通して感じたこと」と題して2015年度より開始し現在も継続しているSEEDSプログラム全体の取り組みと効果についてお話していただきました。杉山先生はSEEDSプログラム開始当初より運営委員長・コーディネータとして運営に尽力するとともに自身でも体感・実感科

学研究を担当して受講生を受け入れて指導してきました。最初に応募人数（400名を超えています）や受講生の府県分布（近年は大阪府、兵庫県がそれぞれ全体の約1/3、残りが他府県）などの状況が報告されました。SEEDSで全国的に見ても特徴的かつ効果的なのは「めばえ道場」と名付けた取り組みです。これは、SEEDS生全員が集まった日に大学教員による講義を受けたあとで



少人数に別れて内容について議論するものです。この「めばえ道場」を通じて受講生同士の横のつながりができること、最近では大学生となったSEEDS同窓生がアシスタントとしてめばえ道場のファシリテーターを務めることで縦のつながりができることの効果が紹介されました。また、大阪大学に入学したSEEDS同窓生が、入学後も自主研究で低学年ながら学部代表に選ばれる、総長との対話で取りまとめ役になるといった活発な活動を継続していることも報告され、SEEDSプログラム実施による「その後の追跡調査の結果」が良い形で示せたように思います。

短い休憩の後、参加者全員による意見交換を行いました。最初に、司会の関山が自身の研究室における大学院生の研究姿勢変化の例も交え、大学での研究活動と高校生の探究活動の類似性を前提として対比させ、「(学会発表での議論に対応する) 学生同士の相互批評と議論や第三者の教員による質疑(これらを「他流試合」と総称)のない探究活動では探究力はのびにくいのではないかと問題提起しました。これは、ある程度探究活動を進めてきた学校を念頭に、探究活動で注力・意識するのがどうしても「何をさせるか」「どこまで手を出して指導すべきか」という内容指導面に偏りがちで発表会での発表による効果が軽視される可能性を考慮したものです。大学に限らず学術研究は「他流試合での議論」が必須であり、そこから研究者が自らヒントを得て研究が進むものです。探究活動で探究力を伸ばすには同様に適度な時間間隔で第三者からの刺激と議論が不可欠と考えましたが、どのように感じられたでしょうか？ 感触としてはこの趣旨に参加者のほとんどの方に同意いただけたと思いますが、その後で交わされた意見交換ではそれにとどまらず、探究活動について高校の取り組み段階が非常に幅広くなっている現状をうかがわせるものでした。実際には先行して数年以上の実績を蓄積している高校もあれば、今まさに探究活動を始めたもの思うように進んでいるとは言えずどうしたものかという高校もあります。ゼロから探究活動を始める場合まずは軌道にのせることが一つの大きなハードルで、その鍵は「いかに高校生に興味を持たせ、その興味を持続させるか」だというのが意見交換で認識されたと思います。実は他流試合での議論も、建設的な方向に行けば興味を持続させ自ら研究進展を考えるようになる点(よって、大学教員は極度なダメ出しをして高校生のやる気を減退させてはいけない!←意見交換で指摘あり)では共通



な要素があるように思われます。つまり、具体的な問題点は課題探究の各段階で異なるものの、それらを突き詰めると「興味を持ち持続して進める」ことに行き着くのではないかと感じました。また、参加者からは別の視点での問

題指摘もありました。探究活動内容の進展や発表水準は指導する先生にもかなり左右されることがあります。特に経験豊富でどんどん探究を進めるよう指導すると、立派な内容にはなるが当の学生がどれだけ本当に自身で考えて進めたか疑問になるような例も実際に出てきます。より問題なのは、昨今国公立大学でもA0・推薦入試の場面で探究活動のアピールが大きくプラスに評価される状況にあるなかで、高校生・保護者・先生（および進学実績を気にする高校）の思惑で探究活動を変に熱心に力をいれてしまうと、探究力を伸ばすのではなく変な方向に行ってしまう可能性があるのではないか、という指摘がありました。現在、探究活動は大教大天王寺の例にもあるように大学入学のための受験勉強とは背立しているかのようです。一方で最近では大教大天王寺でもSSHでの探究活動成果でA0・推薦入試での大学合格を目指す高校生も全体の割合としては少ないが増えているとのこと。このあたりは、探究活動とA0・推薦も含めた入試との関係はバランスをとりつつ慎重に考えていく必要があるという印象です。一方、大阪大学の教員から見ると入学者数に対してこのような探究活動を進めてきた学生数はこの数年でもほとんど変わらない（ほとんどいない）ように見受けられるがどうなっているのだろう、というコメントもありました。意見交換では「探究力をのばすには」以外の意見・質問・コメントも活発になされ、多少延長して終了となりました。引き続いて軽食・ソフトドリンクを交えて情報交換会を行いました。参加者の多くにご参加いただき意見交換の場からさらにざっくばらんに意見交換をする場面がみられ実りある会になったように思います。

セミナーの参加者は、

高校、中学、高専の教員 15名、 退職などのその他教育関係者 3名、

大阪大学側として、理学研究科 3名、 基礎工学研究科 3名、

全学教育推進機構 1名、ナノデザイン教育研究センター 1名

の総計 26名でした。

今回のセミナー開催に当たっては、基礎工学研究科、理学研究科の事務の方々に、多大なご協力を仰ぎました。特に基礎工学研究科庶務係の方々には土曜日開催にも関わらず十分事前より勤務日を調整のうへでご対応いただき当日の円滑な進行に多大な貢献をいただきました。この他に、共催として、日本物理教育学会近畿支部、大阪大学高等教育・入試研究開発センター、後援として、兵庫県教育委員会、京都府教育委員会、協賛として大阪府高等学校理化教育研究会のお力添えがございました。当セミナーは、このような皆様に支えられて開催することができました。有り難うございました。この場を借りてお礼を申し上げます。

世話人：大阪大学大学院基礎工学研究科 関山明

大阪大学大学院理学研究科 佐藤尚弘

大阪大学全学教育推進機構 杉山清寛

大阪大学大学院理学研究科 小田原厚子

元大阪大学全学教育推進機構 川内 正