

第3節 放課後講義の成果と課題

1 放課後講義の目的

(1) 放課後講義の目的とスーパーサイエンスハイスクール研究における位置付け

本講義は本校スーパーサイエンスハイスクール研究における、創造性・独創性を培う講義として、また、高大連携の在り方に関する研究の一環として実施された。本節で触れる狭義の放課後講義とは、2章「授業改善」の中で触れた高等学校における理科・数学の授業の発展を主眼においた講義ではなく、学際領域や応用学問など、物理化学生物地学数学の領域を融合した内容を学ぶことを主眼にしている。

(2) 本年度のねらい

本年度は昨年度の研究成果を踏まえ、講義内容の系統化をはかった。すなわち、テーマを選定し、同一テーマでの継続した講義を行うことにより、生徒がより効果的に学習できるようにした。

また、各回の講義内容については、各シリーズに大学側担当者をおき、本校側担当者とカリキュラム等について十分な協議をはかった上で講義を実施した。

2 実施計画

前項に述べたように本年度はテーマを設定した講義シリーズの実施を計画した。テーマの選定に関しては、理科・数学の各科目における授業改善を踏まえ、領域横断、領域融合分野にねらいをおき、より総合的な探究を行っている分野を選定することにし、今年度は「生命と情報」シリーズおよび「北海道から発信する宇宙開発」シリーズの2シリーズとした。

3 生命と情報シリーズ

(1) 北海道大学電子科学研究所との連携について

本シリーズは北海道大学電子科学研究所と連携し、さまざまな生命現象、自然現象を情報科学、電子工学等の方法を駆使して解明している研究を紹介することを目的とした。北海道大学電子科学研究所は昭和16年に創立され、工学部を中心として理学部、医学部などと共に学際領域での研究を進めている研究所である。また、本研究所内に平成14年から10年間の時限でおかれているナノテクノロジー研究センターは、昨年11月に新築された北キャンパスに移転し、最新鋭の研究機器などを備えた研究を行っている。

計画作成に際しては、北海道大学電子科学研究所上田哲男教授と協力し、電子工学、化学、医学、数学、材料工学を利用したさまざまな生命・自然現象のしくみを紹介することを主眼においた。表1に講義テーマ等を示す。

回	テーマ	講師	実施日	人数	備考
1	粘菌細胞にインテリジェンスを探る	北大・電子研・教授 上田哲男	6/23	49	
2	磁場で観察する脳の活動	北大・電子研・教授 栗城眞也	7/2	46	
3	神経細胞と情報通信 コオロギに学ぶ新技術	北大・電子研・教授 下澤楯夫	9/29	7	
4	自然の中に潜む数理 フィボナッチ数列・黄金比・松ぼっくり	北大・電子研・助教授 小林亮	10/6	16	
5	散逸構造と材料工学	北大・電子研・教授 下村政嗣	1/23	11	北大で実施

表1 生命と情報シリーズ 概要

(2) 実施概要

ア 粘菌細胞にインテリジェンスを探る

本講義では原始的な生物である粘菌に見られる自己組織化現象を通じて、生物が環境から情報をどのように受け取り発信しているかについて講義した。

イ 磁場で観察する脳の活動

本講義では脳の刺激受容と脳が発する磁場の関係について、MEGという手法を用いて講義した。講義では特に生徒たちに身近な音楽を例にとり、和音の変化に伴う脳の磁場の変化を通じて、安堵、不安などの意識の変化と外部情報を結ぶ器官としての脳の働きを学習した。

ウ 神経細胞と情報通信 - コオロギに学ぶ新技術

生物の神経における情報伝達のしくみをコオロギの神経を用いた実験で解説し、これを現在のコンピュータの情報伝達の仕組みとの比較するなどにより、生物における仕組みを用いた新しい情報技術の開発などについて講義した。

また、研究者に必要な姿勢などについて生徒と精力的にディスカッションし、科学者としての資質の向上にも寄与した。

エ 自然の中に潜む数理 フィボナッチ数列・黄金比・松ぼっくり

本講義では、自然現象の規則性を数学的側面から検証した。標題に示す現象のほか、筋雲、味噌汁に見られるベナール対流などを例にとり、その規則性をコンピュータシミュレーションなどを用いて解説し、こうした規則性の自然界における必然性などについて理解を深めた。

オ 散逸構造と材料工学

本講義では、前回までの講義でたびたび紹介された自己組織化現象を様々な新材料を開発する材料工学へと応用することについて講義した。また、本講義はナノテクノロジー研究センター内で行われ、講義終了後に電子顕微鏡などの測定機器や研究室などの見学を実施した。

(3) 北海道大学電子科学研究所見学の実施

本シリーズの実施に先立ち、6月7日に行われた北海道大学電子科学研究所一般公

開に合わせて本校生徒のための特別見学会を開催した。一般公開は北海道大学祭に合わせて毎年実施されているが、今回はこの催しへの参加生徒を本校において別に募集した。当日は生徒が希望によって数名ごとの班に分かれ、電子科学研究所に在籍する大学院生が各班に対し数種類の演示実験の解説や研究室見学の案内を担当した。

本見学会は本校教員と電子科学研究所側担当教官によって当初20名程度の参加を見込んで計画が立てられたが、実際には計画を大きく上回る45名の参加申し込みがあり、実施にあたっては急遽担当大学院生を増員するなどの対応を行った。特に1年生の参加人数が多かったが、1年6月という時期に研究室見学等を実施することは、生徒が最新の技術を知り、また身近な現象とサイエンスの結びつきを理解することで「学ぶ意味」を理解し、将来への目標設定や学習意欲の喚起に役立つと考えられる。

4 北海道から発信する宇宙開発シリーズ

(1) 大学院生との連携について

本講義シリーズを実施するにあたり、本校卒業生である北海道大学大学院工学研究科機械工学専攻修士課程1年に在籍するかたわら宇宙関連の学生サークル「Space School SPlead」を主宰し札幌市立青少年科学館などと協力して多くのボランティア活動を行っている村木祐介氏と共同で企画立案を行った。

村木氏とは全体および各回のテーマ設定やつながり等を協議し、各回の担当教官と村木氏による概要検討、本校側担当者と教官による詳細検討の後に講義を行った。また、大学における研究室見学や新しい方法での講義等についても試みた。各回のテーマ等を表2に示す。

回	テーマ	講師	実施日	人数	備考
1	宇宙の利用とNASAでの無重力実験体験	北大・工・教授 藤田修	7/10	66	
2	ハイブリッドロケット	北大・工・助教授 永田晴紀	8/28	16	北大にて実施
3	人工衛星	北大・工・教授 工藤勲	10/2	16	情報処理室にて実施
4	宇宙で元気に暮らすには	北大・医・教授 吉岡充弘	11/18	27	
5	シンポジウム 北海道から発信する宇宙開発の未来	北大・工・教授 藤田修 (株)エィティーエフ代表取締役 佐々木邦俊 北大・工・修士1年 村木祐介 北大・工・1年 菅原桂子 札幌北高校・1年 鏡太介	12/16	12	パネルディスカッション形式による講義

表2 北海道から発信する宇宙開発シリーズ 概要

(2) 実施概要

ア 宇宙の利用とNASAでの無重力実験体験

本シリーズの初回となる本講義では、宇宙開発の現状の概要の講義と藤田教授がNASAで行った無重力実験の体験の紹介を行った。また、卒業生であり現在藤田教授の研究室に在籍する大学院生宮岡俊輔氏が現在行っている研究の概要を紹介した。

イ ハイブリッドロケット

本講義では、ロケットの推進原理に関して簡単な物理理論を交えながら講義し、さらに、永田氏がHASTIC（北海道宇宙科学技術創成センター）などと共に開発しているハイブリッドロケットに関する現在までの成果が紹介された。また、本講義は北海道大学工学部において実施され、講義終了後、大学院生により研究室見学が行われ、制作途中の機体や燃料などを実際に手にとって観察した。しかし、当日実施を予定していた屋外でのモデルロケット打ち上げ実験は天候不良により延期を余儀なくし、後日実施された。このことについては(5)で述べる。

ウ 人工衛星

本講義では人工衛星が地球を周回できる原理、人工衛星の種類と機能、開発に伴うデブリ（ゴミ）とその対策などについて講義した。本講義は本校情報処理室の生徒用コンピュータに資料をインストールし、参加生徒がコンピュータを操作しながら講義に参加する形式をとり、疑問点は前に戻って調べながら進める工夫をした。また、工藤教授が主宰、開発を進めているインターネット上の研究室VSRL（宇宙工学研究支援センター）*1 についての紹介を行い、電子会議室形式による本講義に関する議論を体験した。参加生徒の中にはVSRLへのユーザー登録を行って講義後も学習を続けている生徒がいる。

エ 宇宙で元気に暮らすには

本講義では無重力環境からおこる宇宙ステーション内での様々な身体的変化・疾病や閉鎖的環境からおこるストレスに対する対策と、地上での病気や医療との関連、応用について講義した。本講義には宇宙に興味のある生徒のみならず、医学部への進学を目指す生徒が多く集まった。

オ シンポジウム「北海道から発信する宇宙開発の未来」

最終回の本講義では大学教官のみならず民間で開発に携わる経営者、将来宇宙開発に携わることを志望している大学院生、大学生、高校生がそれぞれの立場で現在行っていることや将来の夢を語り合った。高齢者の健康管理に利用するセンサーを宇宙飛行士の健康管理に応用する研究など、北海道で先端的に開発が進められている宇宙関連研究は数多くあり、狭い領域にとらわれず様々な視点から宇宙開発の将来性について積極的な発言が相次いだ。

(3) HASTICニュースへの掲載

本シリーズのうち第1回～第3回の講義内容は北海道宇宙科学技術創成センターが発行するHASTICニュースに掲載された。HASTICニュースは VSRL上のライブラリにも掲載され、多くの研究者が閲覧している。

(4) VSRLへの講義資料の掲載

本シリーズに用いたプレゼンテーション資料のうち第1回から第3回目までの資料は(2)ウで述べた VSRL上に資料として紹介され、道内外の多くの宇宙開発研究者や学生に閲覧されている。

(5) モデルロケット打ち上げ実験

本シリーズ第2回「ハイブリッドロケット」の際に天候不良のために延期されたモ

デルロケット打ち上げ実験は、3月5日（金）に本校陸上グラウンドにて実施された。

当日は前述の村木氏をはじめSPleadのメンバーである学生8人がボランティアで実験に参加、8月の講義に参加した生徒など16人が参加して実験が行われた。実験では、村木氏がモデルロケットの原理などを解説、生徒も実際にロケットを手にしながら実験に参加し、形状の異なる数種類のロケットの打ち上げを行った。また、ロケットの形状、質量などの違いがもたらす飛行経路や上昇高度の違いについても実験を行いながら解説し、生徒は実際の人工衛星などとの共通点や違いなどについて詳しく理解することができた。

こうした大学生を交えた取り組みは高校教育のみならず大学教育にとっても重要なことと考えられ、今後このような取り組みを組織的に実施していくことが望まれる。

(6) 高大連携に関するシンポジウムへの参加

本シリーズを継続して受講した生徒のひとりである鏡太介君（1年）は、中学時より宇宙関連の職業に就きたいという進路希望を持っている生徒である。本生徒は本シリーズでの学習内容や自主的な学習内容を情報の授業の中で発表したほか、12月に野依良治氏を迎えて北海道大学の企画により行われた高大連携に関するシンポジウムに高校生としてはただひとりのパネリストとして参加、受講の成果や将来への夢を発表し、野依氏をはじめパネリストや来場者から絶賛された。

5 アンケートの結果と考察

まず、各講義の聴講理由に関するグラフを図1に示す。

どちらのシリーズとも各回の講義タイトルに興味を持って参加した生徒の割合が高かったが、シリーズを継続して受講する意欲を持った生徒は各シリーズの1回目にはほとんどいなかった。このことから、当初は講義シリーズ全体に対する生徒の関心は低かったと考えられる。なお、シリーズの後半になると関心の高い生徒が少数ながら見られた。

次に示す図2は各講義の理解度を示したグラフである。

本講義シリーズは自然科学に関する先端研究を紹介する内容となっているだけに生徒の理解度については心配されたところであるが、どちらのシリーズも平均すると80%以上の生徒が「ほぼ理解」「どちらかという理解」と答えている。特に宇宙シリーズ4回目、5回目ではほぼ理解した生徒の割合が他講義に比べて高い。4回目では宇宙医学に関する内容の講義であったことから、医学部を志望する高い学力を持つ生徒が多く集まったことが原因としてあげられ、5回目はシンポジウム形式をとり、宇宙開発の将来像を考えるとという社会に密着したわかりやすい内容であったことが理由としてあげられる。しかしながら、講義によっては専門分野に関する予備知識や物理学の基礎知識が必要だったためにやや理解度の低い講義も見られた。

このことは、図3に示す講義時間の印象にも現れており、全体としては生徒の集中度は良好であるが、どの回も長いと答えた生徒が短いと答えた生徒の割合を上回っている。このことから内容によってはやや難解で集中力が持続しないことがある

たと考えられる。

最後に、表3と表4に各シリーズの感想のうち印象深かったものをいくつか抜粋する。

本感想から、各講義が特に研究者を志望している生徒にとって意義深いものであったことが伺われるが、生徒の理解度、興味・関心等は多岐にわたっており、様々なニーズを持っている生徒に対応する講義を行うことは、今年度の形態では限界があることも理解できる。

- ・自分で、好きなことを研究するのは楽しそう。
- ・今まで誰もやった事のない実験をやってみたいと思った。
- ・やっぱり研究職！
- ・原始的な生物に意志や記憶があるような行動が見られることは不思議である。
- ・単純な生物の自己組織化から複雑な生命現象が説明できる点に感銘を受けた。
- ・講義のあとで多数出た質問の中に自分にはない発想があり驚かされたりした。
- ・全ての学問は本来分かれていないと感じた。網の目での学習の考え方は重要である。
- ・あるジャンルのことをよく知るためには同じことを別目録で見ていることになる他のジャンルの知識が大いに必要であるということを知った。
- ・自然の中に、数学的な法則があることを初めて知った。
- ・数学の授業でもこのようなことをたくさん取り入れればもっと興味が広がり、数学の勉強への意欲もわくと思う。
- ・知識をもたないで話を聞いたので理解度が低かった。もし可能なら事前に基礎知識を学べるものがほしい。
- ・もう少し難しくてもいいと思った。

表3 生命と情報シリーズ感想(抜粋)

- ・学生でも高度な実験をしていて興味をひかれた。
- ・物質の量を調べる時、赤外線などの吸収を利用していることを初めて知った。使用年数が過ぎた衛星をデブリスとして出さないよう自動的に消滅させるための研究がどのくらい進んでいるだろうか。デブリスを出さないよう軌道をプログラムして摩擦で燃え尽きるようにする実験が成功すればよりクリーンに宇宙開発を進めていける。
- ・もっと狭い範囲を深く掘り下げてほしいところがあった
- ・独自性やアイデンティティの重要性など自分の将来に大変役立つ内容でした。
- ・途中に出てきた公式が理解できなかった。
- ・パソコンを使った講義は良かったが、自分も電子会議室へ参加してみたかった。
- ・微少重力下での動植物の変化は予想をはるかに超えていた。
- ・宇宙医学の研究が老人医療の研究につながっているという点に感銘を覚えた。
- ・マスコミ等で流れる楽しそうな映像の裏に物理学的、心理的なさまざまな問題が存在することがわかった。
- ・宇宙と生物、物理、化学が結びついているなど感心した。
- ・元々国際法に興味があったが宇宙法についても興味を深めた。

- ・様々な分野に通じていることがわかった。
- ・北海道から世界に向けて自分が新たな宇宙技術を発信したい。

表4 北海道から発信する宇宙開発シリーズ感想（抜粋）

6 今後の課題

本シリーズは昨年度の反省に基づき、同一テーマによる複数回講義を実施することにより、講義の内容や理解度を深化させることを主眼のひとつにおいた。各シリーズの参加人数を表1および表2に示した。各シリーズとも1回目はSSH事業自体への興味関心の高さなどから1年生を中心に多くの生徒が集まったが、2回目以降は減少した。また、図4の講義参加生徒の参加回数が示すように、実施した各シリーズを複数回受講した生徒は生命と情報シリーズでは約45%に達したが宇宙開発シリーズでは約20%にとどまった。特に3回以上受講した生徒の数は両シリーズとも数名であり（両シリーズを3回以上受講した生徒は1名）、本シリーズの目標に達したとは言い難い。

原因としては、開催期日が長期にわたり、前回の講義での成果や次回受講への意欲を保持できなかったことなどが課題としてあげられる。

この点を改善するには、シリーズ実施期間の短期化、専門知識の習得に必要な基本事項についての事前学習、単独講師の複数回講義による内容の一層の系統化などが考えられる。

また、本シリーズは物理化学生物地学数学各領域の授業発展型講義との差別化を図り、各領域を融合した学問についての最新トピックスを学ぶことを主眼のひとつとした。生命と情報シリーズでは生命現象を物理学・数学・電子工学といった角度から探究し、宇宙開発シリーズでは、宇宙開発というテーマを機械工学のみならず医学、経済学といった学問の視点から追究するといったアプローチが見られた。しかし、シリーズとしてみると、各講義は単発的な内容であることが多く、講義間の関連性が薄かったために、シリーズ全体として大きなテーマにもとづいた総合的な理解を得ることができるとは言えない面があった。

次年度は、年度当初に講義担当教官全員と本校担当者間でシリーズ全体としての講義内容を詳細に検討した上で、講義を実施することが望まれる。

さらに、内容を検討するにあたっては、大学教官と本校担当教員の他に興味関心の高い生徒を募り、3者がテーマや内容についてのアイデアを出しあって講義シリーズを組み立てていくことが必要と考える。生徒のニーズや興味関心により適した内容での講義を計画し実施することで、生徒の科学的思考力や探究力を総合的に育てていく講義を展開することができるものとする。