

## スーパーサイエンスハイスクールにおけるカリキュラム開発

— 生物分野を中心として —

白 神 聖 也

スーパーサイエンスハイスクールに指定され2年目の今年度は、大学等の研究者に講演をしていただく「入門プログラム」と大学の研究施設で実験・実習を行う「体験プログラム」を随時行った。「入門プログラム」の生物分野の内容は、鳥類の発生、ES細胞からの血小板の産生、菌類の二次菌糸での核の分配である。「体験プログラム」では夏休みに遺伝子組換え実験、海洋生物学実験を実施した。その中で生徒は先端科学に触れて興味・関心を持ち、自然科学者を志す者もでてきた。入門プログラムよりも体験プログラムの方が直接体験ができるという点で生徒の評判はよかった。一方で特に入門プログラムにおいて、学校での学習進度の関係や理科の選択科目の関係で、難解な内容についていけない生徒も出てきている。今後の課題は、研究者と高校理科教師が連携を緊密にして打ち合わせを行い、高校での事前学習に十分時間をかけることである。

また、今年度から高校2年生にSSクラスを設置し、数理系の能力を伸ばすカリキュラム編成をした。学校設定科目として生物分野では基礎生命科学をおいた。このクラスでは理科を3科目選択できることになる。基礎生命科学はヒトを中心とした内容にしたことと遺伝子について深く学習できるようにしたことと特徴がある。また、これとは別に1単位で課題研究を行わせているが、生物分野は生徒17人5グループに対し教師が1人しかおらず指導が困難な場合があるのでTA1人を確保した。週1時間ではなかなか研究が進まない実態があるので3年次は週2時間（2時間連続）にすることを考えている。

### 1. 序文

本校がスーパーサイエンスハイスクールの指定を受け2年目となり、ようやく内容面でも充実し軌道にのってきた。ここでは、本校のスーパーサイエンスハイスクールの実践について、生物分野を中心として報告するとともに、生徒アンケートを通してわかったことをふまえて、今後の課題や望ましいあり方について考察する。

### 2. 入門プログラムと体験プログラム<sup>1) 2) 3)</sup>

#### ①入門プログラム

入門プログラムでは大学やその他の研究機関から講師を本校に招き、講演をしていただいた。対象は高校1年生と高校2年生で、高校1年生は水曜日の午後（理科・数学・総合学習）を使い、高校2年生は金曜日の午後（理科・数学・総合学習）を使って、随時行った。

2004年の生物分野の実施状況は次の通りである。（詳細は参考文献 3）を参照されたい）

2月21日（土）

「私たちの体ができあがるしくみ—その謎と驚き」

〈高1対象〉

高橋淑子（理化学研究所発生・再生科学総合研究センターチームリーダー）

脊椎動物の胚発生の研究について解説していただいた。

5月14日（金）

「細胞のゆらぎ—ES細胞からの血小板の産生と再生医学への応用」〈高2対象〉

藤元貴啓（広島大学大学院医歯薬学研究科助教授）

ES細胞から血小板をつくりだした研究および再生医療について解説していただいた。

12月3日（金）

「DNAのゆらぎ—2つの核をもつ細胞」

〈高2対象〉

岡崎孝映（かずさDNA研究所主任研究員）

分裂酵母の二次菌糸の核分裂と分配のしくみの研究について解説していただいた。

#### ②体験プログラム

体験プログラムでは、本校の高校生が大学や研究機関の施設に行き、指導者のもとで実験・実習を行った。実施時期は生徒の夏休みである。

2004年の生物分野の実施状況は次の通りである。(詳細は参考文献 3) を参照されたい)

8月3日(火)～5日(木)

基礎遺伝子科学実験<高2対象>参加生徒10名

杉山政則(広島大学大学院医歯薬学研究科教授)

於 広島大学医学部総合薬学科

大腸菌への薬剤耐性遺伝子の組換え, 放線菌のDNAの電気泳動, PCR法によるDNAの増幅の実験を行った。

8月13日(金)

海洋生物学実験<高2対象>参加生徒12名

大塚攻(広島大学大学院生物圏科学研究科助教授)

於 広島大学大学院生物圏科学研究科瀬戸内圏フィールド科学教育研究センター竹原ステーション

海洋プランクトンの観察, 魚類の観察, ウニなど

海岸近辺の生物の観察を行った。

### 3. 学校設定科目<sup>2)3)</sup>

2004年度の高校2年にSSクラスを1クラス(40人)設置し, 理数科能力開発のためのカリキュラムを組

んだ。学校設定科目として, 数理解析, 基礎物理学, 基礎生命科学, 科学英語をおき, その他の教科においてもいろいろなモジュールが開発された。SSクラスの生徒は理科3科目目として, 基礎物理学か基礎生命科学(2単位)を履修できることになる。また, 総合学習の時間を使い「課題研究」を行った。

基礎生命科学は, 遺伝・遺伝子を中心として生物分野をヒトと関連づけながら構成したこと, バイオテクノロジー, クローンや脳死と臓器移植などの現代的话题にも触れたことに特徴がある。

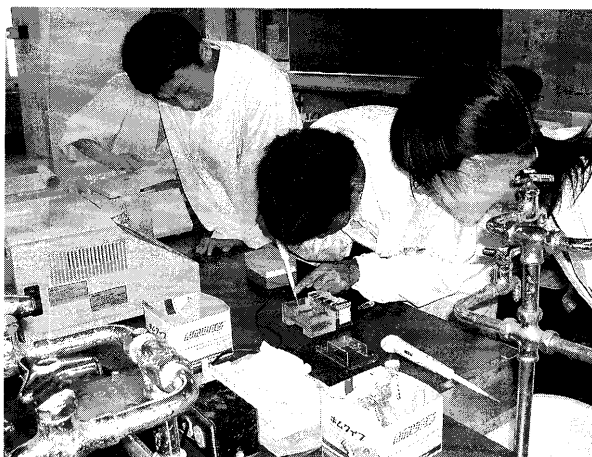
基礎生命科学のシラバスを次に示す。

I. 科目名; 基礎生命科学(2単位)

II. 対象学年; 高校Ⅱ年

III. 目標;

- ① 現代生命科学の基礎知識について理解を深めさせる。
- ② 他分野と関連づけ, 生命活動を科学的に考察させる。
- ③ 生物と生命現象の不思議さを感じさせ, 興味や関心をもたせる。



基礎遺伝子科学実験



海洋生物学実験

IV. 学習内容<sup>4)5)</sup>

学 習 要 目	学習細目・指導上の注意
<p>1. 生命の単位としての細胞</p> <p>A. 細胞の構造と働き</p> <p>①細胞の研究</p> <p>i) 細胞の発見と細胞説</p> <p>ii) 単細胞生物と多細胞生物</p> <p>②細胞の機能と構造</p> <p>i) 核の働きと構造</p> <p>ii) 細胞質の働きと細胞内小器官</p> <p>iii) 酵素と生体内反応</p> <p>iv) 好気呼吸</p> <p>v) 嫌気呼吸</p> <p>vi) 光合成</p> <p>vii) 細胞膜とその性質</p> <p>B. 細胞分裂と組織</p> <p>①細胞分裂</p> <p>i) 体細胞分裂</p> <p>ii) 減数分裂</p> <p>②動物と植物の組織</p> <p>i) 動物の組織</p> <p>ii) 植物の組織</p> <p>iii) 組織培養と細胞融合</p> <p>2. 生殖と発生</p> <p>A. 生物の生殖</p> <p>①生殖法</p> <p>i) 有性生殖</p> <p>ii) 無性生殖</p> <p>②動物と植物の配偶子形成と受精</p> <p>i) 動物の配偶子形成と受精</p> <p>ii) 植物の配偶子形成と受精</p> <p>B. 発生とそのしくみ</p> <p>①卵割と発生</p> <p>i) 卵割の様式</p> <p>ii) ウニの発生</p> <p>iii) カエルの発生</p> <p>iv) ヒトの発生</p> <p>②胚葉の分化と器官の形成</p> <p>i) 胚葉の分化</p> <p>ii) 器官の形成</p> <p>③発生のしくみ</p> <p>i) 調節卵とモザイク卵</p> <p>ii) 形成体と誘導</p> <p>iii) クローン生物</p>	<p>いろいろな細胞を観察させ、マイクロメーターで長さを測定させる。</p> <p>核やミトコンドリア、葉緑体などの細胞内構造と機能について取り扱う。</p> <p>呼吸、光合成については簡単に扱う。</p> <p>体細胞分裂と減数分裂の観察をさせる。染色体数の変化にも着目させ、ゲノムの考え方にも触れる。</p> <p>減数分裂に関連させて有性生殖の意義を考察させる。</p> <p>特に動物の配偶子形成と受精に重点を置く。花粉管を観察させる。</p> <p>ウニ、カエル、ヒトを取り扱う。臨海実習でウニの発生を観察する。</p> <p>動物の組織と関連させる。</p> <p>最先端の研究に触れるとともに、未知の領域も紹介する。</p>

### 3. 遺伝と遺伝子

#### A. 遺伝

##### ① 遺伝の法則

- i) メンデルの実験と法則
- ii) 一遺伝子雑種
- iii) 二遺伝子雑種
- iv) 検定交雑

##### ② いろいろな遺伝

- i) 不完全優性
- ii) 複対立遺伝子
- iii) 致死遺伝子
- iv) 遺伝子相互の働きあい

##### ③ 遺伝子と染色体

- i) 遺伝子と染色体の行動
- ii) 性染色体と性決定
- iii) 伴性遺伝

##### ④ 連鎖と組換え

- i) 連鎖
- ii) 組換え
- iii) 染色体地図

#### B. 遺伝子

##### ① 遺伝子の本体

- i) 形質転換の実験
- ii) バクテリオファージの実験

##### ② 遺伝子の複製とタンパク質合成

- i) DNAの構造
- ii) DNAの複製
- iii) 一遺伝子一酵素説
- iv) DNAの遺伝子情報
- v) DNAとタンパク質の合成

##### ③ バイオテクノロジー

- i) 遺伝子組換え
- ii) 細胞融合, 組織培養

### 4. 動物の反応と調節

#### A. 刺激の受容と感覚

##### ① 刺激-反応経路

##### ② 受容器と適刺激

- i) 光刺激と眼
- ii) 音刺激と耳
- iii) 化学物質と受容

##### ③ 効果器と反応

- i) 筋肉と運動
- ii) いろいろな効果器

#### B. 神経系

##### ① ニューロン

- i) ニューロンの構造
- ii) シナプス

古典遺伝学を押さえる。

ヒトのABO式血液型などヒトの遺伝に言及する。

ヒトの男女の性決定を押さえる。  
ヒトの遺伝を扱い、遺伝子頻度にも言及する。

遺伝子組換え実習を行う。  
クローン技術にも触れる。

ヒトの受容器を中心に扱う。

ATPにも触れる。

- ②興奮とその伝わり方
  - i) ニューロンの興奮
  - ii) 興奮の伝導のしくみ
  - iii) 興奮の伝達
- ③神経系とそのはたらき
  - i) 神経系の種類
  - ii) 脳の構造と働き
  - iii) 脊髄の構造と働き
  - iv) 末梢神経系

脳死と植物状態について触れる。

C. 体液と恒常性

- ①体液とその働き
  - i) 血液の組成
  - ii) 血液とその凝固
  - iii) 血液とその他の体液
- ②自律神経系やホルモンの働き
  - i) 自律神経系による調節
  - ii) ホルモンによる調節
- ③恒常性を保つ働き
  - i) 浸透圧の調節
  - ii) 血糖量の調節
  - iii) 体温の調節

免疫について触れる。

4. 生徒アンケートの結果

<第1回(10月28日, 高校2年SSクラス40名)

抜粋>

- ① 授業(基礎生命科学)の満足度を, 5段階で評価してください。また, そのように答えた理由も書いてください。(基礎生命科学選択者のみ30名)
- |               |    |
|---------------|----|
| 1 満足          | 5名 |
| 2 どちらかといえば満足  | 9名 |
| 3 どちらともいえない   | 9名 |
| 4 どちらかといえば不満足 | 4名 |
| 5 不満足         | 3名 |

1の理由

- ・現在の先端技術と関わることを学べるから (1名)
- ・通常と同様の授業内容なので生物についてよく知ることができたから (1名)
- ・詳しくてわかりやすかったから (1名)
- ・面白いから (1名)
- ・無回答 (1名)

2の理由

- ・教養が身に付くから (1名)
- ・興味深いから (1名)

- ・内容が分かりやすいから (2名)
- ・楽しかったから (1名)
- ・特になし (1名)
- ・無回答 (3名)

3の理由

- ・普通の授業と変わらない気がするから(教科書以外の内容をやって欲しいから) (2名)
- ・入試に対応していないから (1名)
- ・あまり役に立たないから (1名)
- ・必要がないから (1名)
- ・あまり興味のない内容があるから (1名)
- ・特になし (1名)
- ・無回答 (2名)

4の理由

- ・もっと実験を多くして欲しいから (2名)
- ・入試に関係なく, あまり興味がないから (1名)
- ・あまり必要性を感じないから (1名)

5の理由

- ・受験で必要ないから (2名)
- ・面白くないから (1名)

- ② 体験プログラムは面白かったですか。満足度を, 5段階で評価してください。また, そのように答えた理由も教えてください。

<基礎遺伝子科学実験>

1 満足	10名
2 どちらかといえば満足	0名
3 どちらともいえない	0名
4 どちらかといえば不満足	0名
5 不満足	0名

<海洋生物学実験>

1 満足	12名
2 どちらかといえば満足	0名
3 どちらともいえない	0名
4 どちらかといえば不満足	0名
5 不満足	0名

基礎遺伝子科学実験

理由

- ・大学と高校との研究についての違いを知ることができたから (1名)
- ・自分が今何を操作したらよいか1つ1つ理解しながらできたから (1名)
- ・詳しく教えてもらえたから (1名)
- ・すごく楽しくて進路に役立てたいと思ったから (1名)
- ・自分の進路について役立ったし、大学でしか体験できないこともあったから (1名)
- ・色々なものが見られたから (1名)

海洋生物学実験

理由

- ・楽しかったから (3名)
- ・楽しくできたし、内容が充実していたから (1名)
- ・とても面白かったから (1名)
- ・生物に興味があったから (1名)
- ・実際に海に出て生物と触れ合えたから (1名)
- ・泳げたから (1名)

③ 体験プログラムの実施時期はいつがいいですか。理由も書いてください。

- |                         |     |
|-------------------------|-----|
| 1 夏休み中に集中して実施して欲しい (現状) | 24名 |
| 2 学期中に分散させて実施して欲しい      | 6名  |
| 3 学期中と夏休みに分散させて実施して欲しい  | 7名  |
| 無回答                     | 3名  |

1の理由

- ・短期の方が集中できるから (3名)
- ・バラバラでしたら内容を忘れてしまうから (1名)
- ・時間があるから (一番時間がとれるから) (5名)
- ・夏休み以外では時間をとることが難しいから (2名)
- ・学校がある日は忙しいから (1名)
- ・今回ちょうど良かったから (1名)
- ・学期中の土日を使ってするのは、行く気にならないから (1名)

2の理由

- ・夏休みは用事が多いから (1名)
- ・楽だから (1名)

3の理由

- ・夏期講習と重なってとても辛かったから (1名)

<第2回(12月3日,高校2年SSクラス40名)抜粋>

① 1年間を通して、入門プログラム (例えば今日の講義) と体験プログラム (例えば遺伝子科学実験や海洋生物学実験などの実験・実習) ではどちらがよかったですか。

- |          |       |
|----------|-------|
| 1 講義がよい  | (5名)  |
| 2 どちらもよい | (8名)  |
| 3 実習がよい  | (27名) |

1の理由

- ・大学の先生の話をお聞きすることができるから。 (1名)
- ・最先端の内容をお聞きすることができるから。 (1名)
- ・いろいろな分野のお話を聞くことができるし、わかりやすいから。 (1名)
- ・講義の方が楽しい。 (1名)
- ・出かけるのは大変だから。 (1名)

2の理由

- ・講義のあと実験をすればよい。 (2名)
- ・どちらも自分が知らない初めてのことでおもしろかった。 (2名)
- ・講義ではいろいろなことを知ることができるし、実験では実際に触れることができるから。 (2名)
- ・実習は楽しいが分野が限られる。講義は様々な分野の最先端の内容をお聞きすることができる。 (1名)
- ・興味がある講義ならききたい。 (1名)

### 3の理由

- ・興味や意欲も湧くし、面白く感じられる。(5名)
- ・直接何かをした、触れたという実感が湧く。(9名)
- ・直接経験の方が理解しやすいし、記憶に残りやすい。(12名)
- ・いい経験になったと思えるから。(1名)
- ・普段扱えないものが扱える。(1名)
- ・実験してみると研究の様子がわかるから。(1名)
- ・今まで講義が多かったから。(1名)
- ・講義は浅くしか学べないから。(1名)
- ・講義だと寝てしまう。(1名)

② SSクラスでは、ふつうの授業で高校2年までに理科を3科目(3領域)学んだことになりませんが、自分にとってよかったと思えますか?

- |           |     |
|-----------|-----|
| 1 とてもよかった | 4名  |
| 2 よかった    | 12名 |
| 3 どちらでもない | 16名 |
| 4 よくなかった  | 4名  |
| 5 悪かった    | 4名  |

### 1の理由

- ・視野が広がった。(1名)
- ・生物の基本的な知識が得られ、将来研究したいことが具体化したから。(1名)
- ・一般常識としてあった方がいいし、大学に入ってから役立つと思う。(1名)

### 2の理由

- ・視野が広がり、将来役立つ。(5名)
- ・生物の「遺伝」のことが興味深かったから。(2名)
- ・生物もおもしろかったから。(2名)
- ・視野を広げることができたが、テストが増えるのがつらかった。(1名)
- ・テストがふえて大変だったが、生物は生きていく上で生まれる疑問を解決してくれた。(1名)
- ・物理も社会で生きていく上で必要だから。(1名)

### 3の理由

- ・中途半端になりそうな気がする。(3名)
- ・興味深かったがテストが負担になった。(2名)
- ・知らないことを学べたのはよかったが、テストはつらかった。(2名)

- ・知識が増えて視野が広がったが、理科以外に負担がかかるから。(1名)
- ・科学を多く学べるのはいいが、興味のないことは難しく感じる。(1名)
- ・受験に関係なくテストも大変だったから。(1名)
- ・3科目目は受験に対応してないし、受験に3科目必要ないから。(1名)
- ・ためになるが面倒くさい。(1名)
- ・講義より実験がしたいから。(1名)
- ・時間が少ないから。(1名)
- ・2科目で十分だから。(1名)
- ・まだ、判断できない。(1名)
- ・今のところ、受験には必要ない。(1名)

### 4の理由

- ・負担が増えたわりに、大学で必要になるころには忘れていそうだから。(1名)
- ・あまり興味がないことをしなないといけないから。(1名)
- ・実験は多かったが、中途半端になるから。(1名)

### 5の理由

- ・3科目は受験でいらぬ。(2名)
- ・受験の負担になる。(2名)
- ・達成感がない。(1名)

## 5. 課題研究<sup>6) 7)</sup>

課題研究はSSクラスを対象に金曜日の7限を使って実施した。数学、物理、化学、生物、地学の各分野があり、3~4人で1グループを作り、テーマを決めて探究活動を行っている。生物分野は5グループでテーマ・内容は次の通りである。

#### ① プラナリアの再生

プラナリアの再生実験と光走性について研究している。

#### ② オジギソウとダンゴムシの傾性

オジギソウとダンゴムシの接触傾性、熱傾性について研究している。

#### ③ ニンジンとタバコの組織培養

ニンジンとタバコの組織培養を試みている。滅菌操作からカルスづくりまではできるようになった。

#### ④ ミジンコの刺激に対する反応

溶液とミジンコの心拍数の関係を研究している。

#### ⑤ 視力およびベンハムのコマの研究

環境と視力の関係、ベンハムのコマの見え方について研究している。

## 6. 結文（考察と課題）

第1回の生徒アンケートの段階（10月28日）では、遺伝の学習の途中だったため、めだつた反応はないが、第2回のアンケート（12月3日）では遺伝や遺伝子に興味をもった生徒が出てきた。医歯薬学系の進路希望が多い生徒の実態を考えると、さらに学習が進めば脳死と臓器移植やクローン技術、バイオテクノロジー、免疫などに興味をもつ生徒も出てくると思われる。

基礎生命科学の履修を肯定的にとらえた生徒では、視野が広がり幅広い教養が身につくことを理由としてあげていた。「生きていく上で生まれる疑問を解決してくれた」とする生徒もいた。一方、否定的にとらえた生徒では、生物が受験に必要なこと、2単位では生物Iをすべてカバーできないので受験に対応していないこと、定期テストで負担がふえること、教科書の内容を出ていないこと、実験が少ないことなどを理由にあげている。このあたりに今後の課題があると思われる。

高校での理科3科目の履修、特に生物の履修に言及するならば、大学の医学系学部や生命科学系学科などからの要求が高くなっており<sup>8)</sup>、そういう学部では大学入試に理科3科目を課すところも出てきた<sup>9)</sup>。医学教育を考えると、生命観のない学生や基礎的な生物学の知識のない学生は不適であり、高校で生物履修を義務づけるべき<sup>10)</sup>なのだが、高校の全教科の時間数、理科の単位数や生徒の負担を考えるとなかなか難しいのかもしれない。高校での履修は3科目以上で、受験では2科目要求という線で落ち着かないだろうか。

入門プログラムと体験プログラムでは、体験プログラムの方が生徒の評判はよかった。理由としては、直接経験の方が理解しやすい記憶に残りやすいこと、直接何かに触れて何かをしたという実感が湧くことをあげ、面白かったし興味が湧いたとする生徒が多かった。体験プログラムをさらに充実させる方向で検討したい。体験プログラムの実施時期は生徒の夏休みがいいようである。一方で、学校での学習進度の関係や理科の選択科目の関係で、特に入門プログラムにおいて難解な内容についていけない生徒も出てきている。今後の課題は、研究者と高校教師が連携を緊密にして打ち合わせを行うとともに、高校での事前学習に十分な時間をかけることである。

課題研究では生物分野は生徒17人に対し、教師が1人しかおらず、その時間の生徒の要求に応えられず指導が困難な状況が出てきた。教育実習中

は実習生にTAをお願いしたほか、9月からは大学院学生1人にTAをお願いした。さらに、WEBサイトを構築して大学教員の指導が得られるようにした。週1単位なのでなかなか進行しないが、高校3年生の1学期末の発表まとめに向けて、それぞれのグループが互いにいい影響を与えながら少しずつではあるが前進している、テーマの設定の仕方、指導者の確保、時間の確保などが今後の課題である。来年度は2単位（2時間連続）で行うことを検討している。また、課外クラブ（科学研究班、数学班）として放課後に活動できるようにすることも考えている。

### <引用・参考文献>

- 1) スーパーサイエンスハイスクール研究開発実施報告平成15年度・第1年次、広島大学附属高等学校、2004年3月。
- 2) 内海良一・白神聖也、「スーパーサイエンスハイスクールにおけるプログラム開発の効果と課題」、第53回日本理科教育学会中国支部大会発表資料、2004年12月。
- 3) スーパーサイエンスハイスクール2年次実施報告、2004年度中学校・高等学校教育研究大会資料、広島大学附属中・高等学校、2004年11月。
- 4) 田中隆荘ほか、『高等学校生物I』、第一学習社、2003年2月。
- 5) 田中隆荘ほか、『高等学校生物II』、第一学習社、2004年2月。
- 6) スーパーサイエンスハイスクール課題研究中間発表会資料集、2004年度中学校・高等学校教育研究大会資料、広島大学附属中・高等学校、2004年11月。
- 7) 拙著、「高等学校の総合理科における課題研究－生物分野を中心として－」、中等教育研究紀要36号、広島大学附属福山中・高等学校、1996、pp.45-51。
- 8) 正木春彦、「大学から見た高校の理科教育～最低でも3科目履修を～」、日本経済新聞、2000年12月9日。
- 9) 各大学が発表した2006年度入試の入試科目の一覧表資料による。
- 10) 本庶佑、「特集 教育を問う 第1部 日本が沈む」、NIKKEI NET、<http://www.nikkei.co.jp/sp1/nt33/20001028eimi071323.html>、2000年10月。