

高大連携を中心とした実験と思考力重視の入試研究
報告書

平成24（2012）年3月

研究代表者 佐藤友久
（東京農工大学 大学教育センター 教授）

目 次

I	はじめに	3
II	研究組織	3
III	「実験と思考力を重視した」大学入試調査	4
	1 広島大学	4
	2 神戸大学	6
	3 東北大学	8
	4 まとめと考察	9
IV	高校教員との研究会	11
	第1回研究会	11
	第2回研究会	12
	第3回研究会	14
	第4回研究会	17
V	実験と思考力を重視した「モデル授業」	21
	【1】化学のモデル授業	23
	【2】生物のモデル授業	29
	【3】物理のモデル授業	30
	【4】まとめと考察	31
VI	「高大連携を中心とした実験と思考力を重視した入試」についてのまとめと考察	33
VII	謝辞	36
VIII	連絡先	36

「学生科学賞受賞校へのアンケート調査」

報告書 37

I はじめに

近年、日本の大学入試においては、AO入試が増加しており、理系分野も例外ではない。本来、この入試制度は、筆記試験を中心とした一般入試で測ることのできない学力や意欲を持った学生を入学させることを念頭に置いている。しかし、アドミッションポリシーを明確にし、各大学がその目的にあった高校生を入学させるための入試制度を構築し、実施するのは簡単ではない。大学によっては、旧来あった推薦入学をより早期に実施し、学生確保の目的のみが優先している例も散見される。

理系分野のAO入試では、大学の実験・研究を遂行する上に重要である、課題発見力、実験を遂行するための思考力、さらに論文をまとめるための文章力などを持った高校生を入学させたい。しかし、現状の理科教育は授業時間数の不足や一般入試問題への対応などのため、生徒に行わせる実験回数が少ない学校も多く、理系の大学が必要としている前記のような力をつけるような授業を実施している高等学校は多くない。そのため、理系の大学が必要とする力を持った高校生を確保することが困難な現状がある。

本研究では、このような事態を解消するための基礎的な調査を実施した。国立大学、特に理系の大学で、実験やそれに伴う思考力などを入試として取り入れたAO入試等が実施されている大学の調査を行った。また、理系の大学での実験・研究を行うのに必要な力を持っていると考えられる、学生科学賞等を受賞した高校生の指導教員に対してアンケート調査を実施し、指導の実態、各教員のAO入試などに対する意見を調査した。また、高等学校で物理・化学・生物の授業をそれぞれ担当している教員に研究協力をお願いし、理科教育・大学入試などについて多方面の議論を行った。最後に、高等学校と大学が連携して、理科の授業改善に取り組む試みを行い、それぞれの分野で実験と思考力を重視した「モデル授業」を実施した。

II 研究組織

1. 研究代表者

佐藤友久 東京農工大学大学教育センター・教授

2. 研究分担者

岡山隆之 東京農工大学大学教育センター・センター長 教授

三沢和彦 東京農工大学大学教育センター・副センター長 教授

吉永契一郎 東京農工大学大学教育センター・准教授

加藤由香里 東京農工大学大学教育センター・准教授

塚原修一 国立教育政策研究所

清原洋一 国立教育政策研究所

3. 研究協力者

東京都立日比谷高等学校 教諭・橋本道雄 (物理)

東京都立青山高等学校 教諭・吉田工 (化学)

東京都立町田高等学校 教諭・森下忠志 (生物)

千代田区立九段中等教育学校 教諭・加藤優太 (化学)

Ⅲ 「実験と思考力を重視した」大学入試調査

AO入試で実験や思考力を重視した入試を行っている大学について調査を実施した。今回調査をしたのは、広島大学、神戸大学、東北大学である。広島大学は、東京農工大学の農学部で一昨年度より行っている、農学部のゼミナール入試を行う際に参考にした大学である。神戸大学は高校生の理科研究をポスターセッションという形で評価したAO入試を行っている。また、東北大学はAO入試として全学対応で特色のある入試を実施している。これらの大学を参考事例として調査した。

1. 広島大学

(1) 調査日：平成 23 年 11 月 10 日（木）

(2) 調査対象 広島大学

(3) 広島大学のAO入試制度

次のⅠ型～Ⅲ型どれかの型により全学部で実施。AO入試は大学全体で検討し実施している。

Ⅰ型：大学入試センター試験を課さない。 理学部，工学部，総合科学部

Ⅱ型：大学入試センター試験を課す。 生物生産学部，工学部第二類，
医学部，歯学部，薬学部

Ⅲ型：ゼミナール（授業）を課す入試。 文学部

(4) 生物生産学部のAO入試

Ⅱ型で大学入試センター試験を課している。その中で次の4つの型がある。

A型（専門型）2名： 農業・工業など専門高校のための枠

B型（理数型）2名： 理数科を持つ高校のための枠

C型（一般型）9名： 普通科高校のための枠

D型（科学オリンピック型）2名： 科学オリンピック成績上位者の為の枠

※他にフェニックス方式 若干名： 満50歳の人々の為の枠

(5) 生物生産学部AO入試の選考内容

第1次選考 出願書類

第2次選考 セミナー受講レポートと面接（一人15分程度） ※D型は面接のみ

① セミナー受講レポート500点，面接500点の総合判定

（D型は面接500点のみ）

② セミナーの実施内容（平成23年度例）

テーマ1（15分程度の講演）

【海洋生態系の構造と物質循環のしくみ：魚類生産との関係】

課題（講演の要旨を300字～400字で述べなさい）

テーマ2（10分程度の講演） 【生物多様性を考える】

課題1：昆虫は地球上で最も種が多いと言われています。その多い理由は何か。

課題2：適応放散が起きる過程を説明しなさい。

課題3：生物多様性を維持するために、今私たちがなすべきことを述べなさい。

③ 最終選考 大学入試センター試験（基準点）

A型：380/700（54%） 理科1科目，社会なし

B型，D型：390/600（65%） 国語，社会なし

C型：540/900（60%） 全教科

（6）生物生産学部などのAO入試の状況

① 基礎学力の低下

近年，受験生の基礎学力の低下が問題になっている。A型，B型とも募集定員を1名減にしたのはそのためである。一般受験で入れないから，AO入試を受験するような傾向が出ている。A型では2～3名の第2次選考合格者全員が基準点に到達せず不合格になり，最終合格者が0名の年が平成18年から2年間あった。B型も県内の理数科の学力低下により，昨年・一昨年と第2次選考合格者3名全員が基準点に達せず不合格となった。C型も平成21年度までは，1名の不合格であったが，昨年・一昨年と5名・3名の不合格者が出た。

入学後，非常に熱心に授業を受けている学生がいる反面，上記のようにAO入試のみに対応して入学した学生もいる。後者の学生は入学後に苦労している状況にある。

② 入試の改善点

A～C型は，それぞれ特定の領域の高校生を対象としており，例えば理数科の受験生はC型を受験することはできない。普通科でSSHの受験生は，C型以外を受験できなかったが，B型も受験できるように変更した。

③ D型（科学オリンピック型）の導入

科学オリンピックでメダルをとった受験生に限定すると対象者が少なくなりすぎるので，成績の上位10%以内であれば受験できるとした（科学オリンピックの成績は本人に返されている）。これは昨年度より実施を始めた。しかし，広報活動が不十分で昨年度は1名のみ受験した（合格）。

④ 理学部，工学部などのAO入試I型

書類選考，筆記試験，小論文及び面接で選考を行っている。しかし，基礎学力の把握が十分でなく入学後に授業についていけないなどの問題が生じている。I型では，大学入試センター試験を課していないので，基礎学力の把握が十分でなく，また早期合格のため合格後の高等学校での学習意欲低下などがあり，この型のAO入試で入学した高校生は，今後特別な対応が必要になることが考えられる。

⑤ 近年のAO入試の志願者数

A型（募集2名）志願者1～5名

B型（募集2名）志願者2～11名

C型（募集9名）志願者20～49名

D型（募集2名）志願者1名

（7）生物生産学部の入試状況

全体で90名募集，AO入試15名，前期日程65名，後期日程10名

※AO入試の男女比はほぼ半々。

（8）AO入試入学生の追跡調査など

教員には、どの区分の入試で合格したか学生かは意識させないようにしている。そのため、AO入試で合格した学生を意識している教員は少ない。また、AO入試の入学生の評価のためにGPAを使用している。しかし、学生が選択科目で易しい授業を選択する傾向もあり、比較調査には使いにくく、有効な調査は難しい状況である。

(9) AO入試などでの「実験」の導入

「実験」を入試で導入している学部・学科はない。生物生産学部でもAO入試のセミナーのときに物を見せたりすることはあっても、実験を実施することはない。

2. 神戸大学

(1) 調査日：平成23年11月21日(月)

(2) 調査対象 神戸大学人間発達科学部

(3) 発達科学部

① 教育学部を改組して、発達科学部を発足した(18年経過)。また、総合人間学研究科を改組して、人間発達環境学研究科を発足(平成19年に改組)。

② 発達科学部の各学科

○人間形成学科 ○人間行動学科 ○人間表現学科 ○人間環境学科 120名

③ 人間環境学科の各コース及び各コースの人数

○自然環境コース 35名 ○数理情報環境論コース 25名

○生活環境論コース 30名 ○社会環境論コース 30名

④ 各コースの分け方

入学時は発達科学部として入学。1学年終了後に上記各コースを選択。

(4) 人間環境学科のAO入試

① 募集人員 8名(平成24年度入試より5名)

※志願者が増加せず定員を減少することになった。増加した場合は、8名に戻すことも考えている。

② 志願者数

平成18年度より実施している。18年度の志願者は20名であったが、その後は13名~10名、昨年は8名であった。

③ AO入試の特徴

○第1次選考に「記述書(これまで取り組んだ研究の概要)」を提出させる。論文やレポートを参考資料として添付してもよい。

○第2次選考にポスターセッションを取り入れている。理系の学会などで行っているポスターセッションとできるだけ同じように行っている。受験生がポスターの前に立ち、試験官に自分の研究内容を説明する。

○大学入試センター試験を最終選考として課す。数学200、理科200、英語200の3科目で420点(70%)を要求。

※昨年度までは、国語・数学・英語であった。一昨年度、国語の平均点が下った時に、第2次選考合格者6名全員が最終選考に不合格になるなどがあり、科

目の変更を実施した。

※医学部でAO入試を先行して実施していた。このとき医学部では、大学入試センター試験としては70%を要求しており、それに合わせて70%とした。

○全体の得点は、第1次選考60点、第2次選考ポスターセッション90点、面接・筆記30点としている。

④ 選考方法など

○第1次の書類選考で半数近く不合格にしている。

※ポスターセッションで発表できる内容でないものは不合格にした。

○第2次のポスターセッションは、学会と同じサイズのポスターを会場に貼らせ、学会で実際に行うポスターセッションと同様の状況で実施している。一人30分説明させ採点する。教員は全体を2グループに分け、これを2回繰り返す。受験生は計30分×2回説明する(途中で休憩なども入る)。試験官は、1人に集中する人、全体を見る人に分けてある(1日目)。試験官が回った後、受験生同士でポスターを見てよいことにしているが、そこで受験生間の交流も生じている。

○2日目は、面接(1人20分)と筆記を実施する。筆記の内容は、「ポスターセッションの内容を記せ」であるが、これは高校教員の影響のない状態で自分の考えを書かせようとしたものである。しかし、最近この内容が高校側に伝わり、事前に対応してくる受験生が増えた。また、別の対応が必要になるかもしれない。

⑤ 受験生の状況

○個別試験の理科2科目を受験していない(神戸大は個別試験で理科2科目要求)こともあり、合格者の中には理科に不安や劣等感をもつ合格者もいる。

○広報を兼ねて、高校教員と懇談会などを年2~3回行っている。高校教員の中には一般受験で合格できる生徒はAO入試を受験させていないという教員もいた。

○このAO入試は、人間環境学科での募集であるが、主に自然科学環境コースの教員が中心になって行っている。スタート当初は、他のコースからも1名は運営に出ていたが、最近は自然科学環境の教員で行っている。

○人間環境学科の募集はコースを指定しない入試を行っている。理科中心のAO入試で自然科学環境コースの教員が主になって実施しているが、初年度は全員が2年次に文系のコース(例えば社会環境論コース)に進学したこともあった。最近は、自然科学環境コースに来る学生が多くなった。また、合格後に進むコースを決められるので、理学部や工学部ではなく、このAO入試を選択したという受験生もいた。

○大学入試センター試験の要求が70%であることもあり、第2次試験合格者で大学入試センター試験で不合格になる生徒がかなり多い。

⑥ その他

○広報や理科実験の普及のために、理科教員中心の懇談会を2~3回(参加者10人程度のこともある)や他大学の教員や高校教員が参加するAO入試のフォーラムを3月に行っている(約50人が参加)。

3. 東北大学

(1) 調査日：平成 23 年 12 月 12 日 (月)

(2) 調査対象 東北大学

(3) 東北大学のAO入試制度

東北大学は、下記のような多様なAO入試を実施している。

① AO入試Ⅰ期(工学部) 社会人対象

② AO入試Ⅱ期(文学部・理学部・工学部)

○出願書類・筆記試験・面接試験で選考

※大学入試センター試験を課さない。

③ AO入試Ⅲ期

○面接(一部小論文)と大学入試センター試験で選考。

④ 特別選抜入試・科学オリンピック入試

国際科学オリンピックの日本代表最終選考等の参加者が対象。

⑤ AO入試Ⅳ期(工学部 10月入学)

一般の高校生対象のAO入試は、②・③が中心である。

(4) 東北大学のAO入試

東北大学のAO入試は学力重視である。AO入試は、入試の中で一番難関な入試として設定されている。東北大学では実験を課すようなAO入試は実施していない。実験を入試に導入するのは、実際の入試の運営や選抜のことを考えると難しい。

実験に関係する入試としては、科学オリンピック入試がある。これは科学オリンピックの成績などを評価するものである。科学オリンピックは実験に関する試験もある。しかし、大学としてそれらの実験に関与しているわけではないので、大学として直接実験に関係する入試を行っているわけではない。

AO入試Ⅱ期では、大学入試よりやや高度な問題を解かせて選抜している。この入試では大学入試センター試験を課していない。また、標準的な問題を解かせて、大学入試センター試験で基礎的な学力を見ている入試もある。

(5) 東北大学の実験指導

東北大学でも理系の新生の実験経験不足が問題になっている。そのため、東北大学では、平成 16 年度より理科系の新生全員を対象(数学科は別)とした理科の総合実験を実施し、実験や観察の機会が少ない学生に対応している。

平成 19 年度からは、文系の学生にも文系のための自然科学総合実験を開設し、文系の学生でも選択により、実験を履修できるようになっている。

理系は、課題ごとに実験室が用意された実験棟があり、1 年次の理系の新生は課題ごとに部屋を移動し、実験を行っている。また、上記の文系の学生のための実験室も実験棟の中に設置されている。文系・理系を問わず広い理系の視野をもった学生の育成を目的としている。

4. まとめと考察

AO入試は、私立大学が先行して実施し、その後国立大学でも実施している。先行した私立大学の一部に、推薦入試との差別化を明確にせず、高校側にも基礎学力の担保を要求しない、実質的に学生確保のための早期入試として実施するような大学も現れた。そのため、高校教員や高校生には、意欲は見るが基礎的な学力を確認しない入試ととらえられることが多くなり、この入試を経た入学者の基礎学力が問題になっている。

私立でも国公立大学でも、AO入試においては、アドミッションポリシーを明確にし、それに合わせて入試方法を選択している大学が多い。しかし、多くのAO入試の場合、大学のアドミッションポリシーに適合した高校生が受験しているというよりは、一般入試で合格しそうでない高校生が受験している状況がある。積極的に大学を選択するというよりは、AO入試でなければ合格しないかもしれないという消極的な理由でこの入試を選択している場合もあり、そのため高校教員からはAO入試は好まれない傾向がある。

広島大学では、AO入試に際してはアドミッションポリシーを明確にし、それぞれ目的をもった選抜方法を選択している。しかし、上記のような消極的な理由で受験し合格した学生の基礎学力の低下や、別途に基礎学力担保のために受験を義務づけた大学入試センター試験で不合格になる高校生が増加していることが問題になっている。また、理科の実験に関する出題も一部で実施したことがあるが、現在は行っていない。

神戸大学の発達科学部の理系分野においては、高校生の理科の研究を「ポスターセッション」という形で評価するAO入試を実施している。この入試は、理系の大学で必要とされる課題発見力、実験を遂行する思考力、論文をまとめる力やそれを発表する能力などを評価できるAO入試になっている。このようなAO入試で実験・研究の大事さを高校生や高校教員に理解してもらい、高校の授業などでもより多くの実験を行ってもらうことも目的の一つである。そのため、毎年理科教員との懇談会や他大学の教員や高校教員も参加するAO入試のフォーラムなどの活動を実施している。

このAO入試では、基礎学力担保のために大学入試センター試験が課されている。ポスターセッションの評価で合格しても、大学入試センター試験で不合格者がでることが問題となっている。

東北大学では各学部のアドミッションポリシーを明確にし、それぞれの目的にあった高校生を選抜するために多様なAO入試を実施している。AO入試実施にあたっては、高校側にアドミッションポリシーを理解してもらうことが重要で、いろいろな機会をとらえて、高校教員に理解してもらう努力をしている。

東北大学は、AO入試を各試験の中で一番難関な入試に位置づけている。また、理科の実験と入試という観点では、科学オリンピック入試は実施している。しかし、実験を見せたり、行わせたりするような入試は実施していない。

東北大学では、理系で入学した学生全員が実験をできる理科実験棟があり、1年次に全員必履修でいろいろな分野の実験を行わせ、全学的な対応で入学生の実験経験不足を補っている。また、文系の学生は選択により実験を行うことも可能になっている。

実験と思考力を重視した入試に関する調査を行ったが、入試においての実験導入には多くの難しい点があり、AO入試で受験生に実験行わせるなど、高校生の実験・研究を評価するような入試を行っている国立大学は少ない。

実験を入試選抜に取り入れているのは、国立大学では次のような例がある。

(1) 科学オリンピック入試

科学オリンピックなどに参加し、入賞などをした高校生を面接などで評価する。日本での最終合格者はオリンピックでは実験も出題されるため、大学での実験のトレーニングなども行われている。そのため、最終合格者は基礎学力、実験とそれに伴う思考力などは非常に高いので、本人の意欲確認のための面接で評価してもよい。国立大学でも取り入れる大学が増えてきた。しかし、対象となる高校生はごく少数しかない。

(2) 高校生の実験・研究を評価する入試

前記の神戸大学の「ポスターセッション」による入試などがその例である。東京農工大学の工学部物理システム工学科及び情報工学科でも高校生の実験・研究を評価するAO入試を実施している。どちらの学科も、高校生の実験・研究を口頭試問より評価している。情報工学は数学などの基礎学力テストを課しているが、どちらの学科も大学入試センター試験は課していない。

(3) 実験を導入している入試

愛媛大学のスーパーサイエンス特別コースAO入試Ⅰで実験を取り入れている。受験生個々に実験台を与え、実験課題に取り組みせ、その実験レポートを評価するものである。他に、講義を受けてのレポートや面接も行っている。入試において、受験生に個別の実験を課す例はほとんどない。

東京農工大学農学部環境資源科学科では、演示実験を取り入れたAO入試を実施している。これは、入試の際に大学教員が演示実験を行い、受験生がその実験を見学し、実験データを含めて記録を取らせ、その後受験生が課題に答えるような入試を実施している。

科学オリンピック入試は、外部での評価結果をもとに高校生を評価するものであるので、大学としては手間がかからないこともあり、導入する大学が増加すると思われる。しかし、この入試はごく一部の特別な高校生対象の入試であり、あまり一般的ではない。

入試で実験を直接導入している国立大学は多くない。高校の教育は、大学入試に大きな影響を受けている。高校の理科教育で実験回数が少ないことも、このような大学入試の状況と無関係ではない。理系の大学では、新入生の実験に関する経験や知識の少なさが問題になっている。上記(2)、(3)のように大学入試に実験を直接導入しているのは、大学が高等学校でより多くの実験を行ってほしいとのメッセージでもある。

大学入試問題に実験を取り入れている大学も多くある。しかし、上記のように直接大学入試に実験を導入する大学が増加すれば、より高校において生徒対象の実験が増加することが見込まれる。

IV 高校教員との研究会

【1】「実験と思考力を重視した入試研究会 第1回」

【議事録】

(1) 実施日：平成23年10月28日(金) 18:00~20:00

(2) 場 所：東京農工大学 大学教育センター教育支援室

(3) 出席者 東京農工大学 大学教育センター 佐藤友久 吉永契一郎

東京都立青山高等学校 吉田工

千代田区立九段中等教育学校 加藤優太

東京都立町田高等学校 森下忠志

(4) 研究会の議事・審議内容

A. 報告・承認事項

1. 研究計画について・・・・・・・・・・・・・・・・(資料1)(資料2)

資料1・2に基づき、研究内容の趣旨および全体の研究計画について説明。

B. 審議事項

○第1回目の研究テーマ「実験と思考力を重視した大学教育と高校教育」

1. 理科教育と実験(参考資料3~5)

(1) 中・高等学校における理科教育・実験教育の課題

○資料3~5に基づき、東京農工大学が平成22・23年に実施した工学部の新入生アンケートの結果より、高等学校での実験体験回数が非常に少ないこと、これは国立教育政策研究所で実施した理科教員の実態調査と同様の傾向であることが説明された。

○世代交代で若手教員が増加しているが、授業で実験をやらない又はできない教員が増加しているのではないかとの意見があった。東京農工大学で実施した中高教員のアンケートでも授業で実験を行うことに自信の持てない教員が増えていることが説明された。

○実験も教科書の内容を確認させるような実験のみでは、生徒の興味関心は高くないこと、中・高等学校とも結局理科は暗記科目になっているとの意見があった。

○若手教員が実験教育を体験するような研修システムが崩れているとの指摘がある。

2. 実験と思考力を重視した大学教育と高校教育

(1) 実験と思考力を重視した大学教育例(参考資料6~8)

○大学での演示実験などを中心にした思考力重視の授業例として、東京農工大学での「興味と経験から学びを深化する基礎教育」の例が説明された。また、この授業に関連して、「大学現場が高校教育に望むもの」の説明があった。

(2) 実験と思考力を重視した高校教育例(参考資料9)

○高校の化学教育で演示実験や生徒実験を中心にした思考力重視の授業例として「教室で実験しよう~演示実験で学ぶ有機化学~」の説明があった。

(3) 東京農工大学農学部で JST のサイエンスパートナーシッププログラムとして実施している「イネ種子の発芽で最初に合成されるタンパク質を探ろう」の説明があった。これは、高校生に大学レベルの研究に参加させ、最終的には東京農工大学で実施される科学技術展で高校生に研究内容をポスターセッションで発表させるというプロジェクトであることが説明された。

C. 配付資料

- 資料 1 平成 23 年度国立教育政策研究所公募型研究 研究計画書
資料 2 平成 23 年度国立教育政策研究所公募型研究 研究計画全体
参考資料 3 日本化学会第 5 回関東支部大会資料「化学教育と実験」
参考資料 4 東京農工大学 大学教育ジャーナル「分野融合実験を核とする高大連携」
参考資料 5 内外教育「予定調和の実験に理科嫌いの芽」
参考資料 6 東京農工大学 特色 GP プログラム成果報告書
参考資料 7 SSH 物理授業研究会資料「大学現場が高校教育に望むもの」
参考資料 8 東京農工大学
大学教育ジャーナル「分野融合実験を核とする初年次教育」
参考資料 9 「教室で実験しよう～演示実験で学ぶ有機化学～」1・2

【研究会第 1 回のまとめ】

東京農工大学工学部で「分野融合実験を核とする初年次教育」として、1 年次の前期に工学基礎実験を導入するにあたって、工学部の新入生全員に高等学校での各理科科目での実験経験の調査を行った。その結果は、国立教育政策研究所で実施した理科教員の実態調査とほぼ同様の結果となった。すなわち、高等学校の授業での実験経験の少ない学生が非常に多いことが判明した。

東京農工大学で夏期に行っている実験中心の教員研修会での、教員のアンケートの結果では、教員自身の実験経験が少なく、授業で実験を行うことに自信をもてない教員が増加している結果となった。高校の授業での実験が少ない一つの要因と考えられる。実験も「予定調和の実験」、すなわち教科書の内容を確認するような実験のみでは、生徒の興味関心は高まらない。特に最近団塊の世代が定年を迎え、若手教員が増加しているが、高校の理科教員に対する実験教育の研修システムが機能していないと考えられる。

また、理系の大学現場では、実験体験やそれに伴う思考力の乏しい学生が増加しており、大学においても工学基礎実験などを実施し対応している。しかし、限界があり、高校以下の理科教育においても、実験体験を増やすような対策が必要である。

【2】「実験と思考力を重視した入試研究会 第 2 回」

【議事録】

- (1) 実施日：平成 23 年 11 月 17 日（木）18：00～20：30
(2) 場 所：東京農工大学 大学教育センター共同研究室

- (3) 出席者 東京農工大学 大学教育センター 佐藤友久
東京都立日比谷高等学校 橋本道雄
東京都立青山高等学校 吉田工
千代田区立九段中等教育学校 加藤優太
東京都立町田高等学校 森下忠志

(4) 研究会の議事・審議内容

A. 報告・承認事項

1. 第23-1回 国立教育政策研究所公募型研究 議事要旨
2. 国立大学のAO入試の状況(参考資料1)

北海道大学, 九州大学, 広島大学のAO入試の方法などについての報告があった。広島大学ではゼミナール入試として, 授業を聞かせそれに伴う課題レポートによるAO入試が行われているが, 調査した大学で実験を実施して選抜を行っている大学はなかった。

B. 審議事項

○第2回目の研究テーマ「高校からみた実験と思考力を重視した入試」

1. 東京農工大学のAO入試について

- (1) ゼミナール入試(参考資料2) (2) SAIL入試(参考資料3)
資料に基づき東京農工大学で実施されているAO入試の説明があった。どちらも実験や実験に関する課題を取り入れた入試であることが説明された。生徒が実験データを整理し, きちんとグラフ化できないなどの議論があった。

2. 大学入試と実験

- (1) 実験などを取り入れたAO入試 (2) 大学入試問題と実験

実験を取り入れたAO入試は国立大学では愛媛大学や神戸大学などごく少数の大学の少数の学部でのみしか実施されていないこと, 実験そのものを入試に取り入れているのはAO入試などでしか行えないが, それでも全国的にはあまり行われていないことなどが議論された。

実験を取り入れた入試問題は, あまり多くはないが毎年出題されていること, その中には思考力を伴うものや多くはないが良問もあることなどが議論された。

C. 配布資料

- 資料1 第23-1回 国立教育政策研究所公募型研究 議事要旨
参考資料1 国立大学のAO入試の状況
参考資料2 東京農工大学環境資源科学科 ゼミナール入試案内
参考資料3 東京農工大学物理システム工学科 SAIL入試案内
東京農工大学情報工学科 SAIL入試案内

【研究会第2回のまとめ】

東京農工大学のAO入試では、演示実験を取り入れ、実験データの整理に際してそれをグラフ化させるなどの入試を実施している。また、一部機器からデータを読み取らせるようなことも行っている。このような入試を実際に行うと、データを整理してグラフをきちんと書けない、ごく基本的な器具の数値が読み取れないなどが判明した。高校でも実験後にグラフを書かせると、きちんと書けない生徒が多い。対数グラフなどは書けない生徒がほとんどである。器具の扱い方、データの整理の方法、グラフの記述方法などは、高等学校で身につける内容である。しかし、実験回数が少なく、また興味関心を引く実験のみが中心になり、定量的な実験データの処理を行うような実験はあまり行われておらず、またデータの扱いやグラフの書き方などの指導の機会も少ない。

大学進学者が多い高校では、どうしても入試問題に対応するような授業が多くなり、時間数の関係で実験をあまり行わない場合も多い。AO入試でもよいから、実験を入試に取り入れる大学が増加すれば、実験を行う高校も増加する。

大学入試問題にも、実験とそれに伴う思考力を必要とするような良問も出題されることもあり、このような問題の増加が望まれる。

【3】「実験と思考力を重視した入試研究会 第3回」

【議事録】

- (1) 実施日 平成23年12月15日(木) 18:00~20:30
- (2) 場 所 東京農工大学 大学教育センター共同研究室
- (3) 出席者 東京農工大学 大学教育センター 佐藤友久 吉永契一郎
東京都立日比谷高等学校 橋本道雄
東京都立青山高等学校 吉田工
千代田区立九段中等教育学校 加藤優太
東京都立町田高等学校 森下忠志
- (4) 研究会の議事・審議内容

A. 報告・承認事項

- (1) 第23-2回 国立教育政策研究所公募型研究 議事要旨
- (2) 化学分野のモデル授業について資料1
- (3) 生物分野のモデル授業について資料2
- (4) 国立大学のAO入試の状況資料3

資料1に基づき議事要旨の説明があり、議事要旨が承認された。

資料2に基づき12月3日に実施された東京農工大学での「化学」モデル授業の説明と生徒の様子などが説明された。モデル授業は、工学部の有機材料化学科の協力を得て、事前に千代田区立九段中等教育学校で事前講義を行った後、東京農工大学工学部において、マスペクトル及びNMRスペクトルの測定を行い、高校の実験設備では決定できない有機化合物の構造決定を行ったことが説明された。

資料3に基づき、東京農工大学農学部生物生産学科と東京都立町田高校との連携で行っている生物のモデル授業についての説明があった。これは、今年度JSTのサイエンスパートナーシッププログラムとして「イネ種子の発芽で最初に合成されるタンパク質を探ろう」というテーマで実施しているもので、大学院レベルの研究実験を高校生に共同で行わせ、最後に11月12日に行われる東京農工大学の科学技術展で、実験を行った生徒全員が交代で発表することに特徴があることなどが説明された。

資料4に基づき、神戸大学のAO入試では生徒に提出させた研究レポートを基に各自にポスターを作成させ、理系の学会で行われているポスターセッションと同じようにポスターの前で受験生に自分の研究を説明させ、それを採点することによって、選抜を行っていることが説明された。また、東北大学のAO入試は学力重視であり、大学入試よりやや高度な問題を解かせて選抜する入試と、標準的な問題を解かせ、センタ試験を最終関門にした入試があることが説明された。また、東北大学の実験の全理系学部の学生対象に1学年で実施される共通の実験授業、文系の希望した1学年の学生対象に行われる実験の授業についての説明があった。

B. 審議事項

○第3回の研究テーマ「高校での課外活動などと実験を中心とした科学的思考力養成」

1. 科学的思考力とは

(1) 講義での科学的思考力の養成

(2) 実験を取り入れた科学的思考力の養成

○教科書の実験でも実際にやってみるとうまくできないなど、知識があっても、それを実体験とつなげる思考力を持たなければ使える知識にならない。

○実験を実際に行っていない生徒は、教科書に沈殿すると書いてある知識と反応溶液が濁ったことがつながらない。得た知識を道具として使えない。得た知識と実体をつなげる必要がある。

○生物に触る、実物を観察することで見えてくる物がある。特に生物では生き物との対話が必要である。

○教科書や文献に書いてある知識から実際の現象をすべて推し量れるわけではない。知識を生かすには科学的な思考力が必要になる。知識を生かすには、科学的な思考力を鍛えることが必要になる。このような思考力は、実際の生物や物に触れ、実験・実習を行うことによってのみ養うことができる。このような科学的な思考力を養うことができれば、生徒はいろいろな課題に対して継続・発展させることができるようになる。

2. 課外活動を通じた科学的思考力の養成

(1) 学生科学賞などの状況

(2) 課外活動を通じた科学的思考力の養成

○学生科学賞受賞校の指導教員に対するアンケートについての検討を行った。生徒の研究指導、理科の部活動の状況、生徒の指導状況、進路状況などについて調査する

ことになった。

3. 大学入試と実験

(1) 実験などを取り入れたAO入試

(2) 大学入試問題と実験

○入学試験に実際の実験を取り入れている大学は非常に少ない。

○大学試験問題に実験を取り入れようとしている大学側の努力は認められる。生物などでは、試験の題材として実験が取り上げられることも多い。化学や物理も同様である。

○実際に入学試験に出題された実験を行ってみると、簡単な現象でもかなり予備実験を行って出題したと思われる良問もある。一方、題材は実験であるが、ほんとうにこの実験は行えるのか疑問に思えるような問題や設問が単に知識を聞くだけの問題になっているものも多い。

C. 配付資料

資料1 第23-2回 国立教育政策研究所公募型研究 議事要旨

資料2 化学分野のモデル授業

資料3 生物分野のモデル授業

資料4 国立大学のAO入試の状況

【研究会第3回のまとめ】

科学的思考力とは、科学的な知識と実際の自然現象を結びつけるものである。理科は自然現象を対象とした教科である。実験や実習などで科学的な知識と自然現象を結びつける訓練をしなければ、科学的思考力は身につかない。また、実物に触れることで見えてくるものもある。授業で多くの知識を身につけても、授業で実際の現象に触れる、実際の物に触れるなどを行わなければ生徒の科学的な思考力は高まらない。生徒に実験をさせてみると、教科書の知識と実際の現象が結びついていないことがよくわかる。

生徒に科学的思考力をつけようと思うならば、実際の物に触れさせる、実験を行って実際の現象に触れさせる必要がある。

大学入試問題に実験に関する出題は多くなっており、大学側の努力は認められる。しかし、実際の入試問題を見ると、実験を出題している場合でも2種類に分けられる。

1つは、簡単な現象であってもきちんと予備実験を行っており、実際に出題された実験問題をそのまま生徒に実験を行わせても同様な実験ができるような問題である。大学の出題者の苦労が見えるような問題である。このような問題は、科学的思考力を持っている生徒は解きやすい問題と言える。

もう1つは、実験を題材にしているが、設問が単に知識を聞くだけの問題や実際に出題された実験を行うことが可能なか疑問に思えるような問題もある。

前記のような良問は多くないが、高等学校での実験実施を促す意味でも、多くの問題が出題されるとよい。

【4】「実験と思考力を重視した入試研究会 第4回」

〔議事録〕

(1) 実施日 平成24年2月9日(木) 18:00~20:30

(2) 場 所 東京農工大学 大学教育センター教育支援室

(3) 出席者

東京農工大学 大学教育センター

佐藤友久 岡山隆之 吉永契一郎 加藤由香里

東京都立日比谷高等学校 橋本道雄

東京都立青山高等学校 吉田工

千代田区立九段中等教育学校 加藤優太

東京都立町田高等学校 森下忠志

(4) 研究会の議事・審議内容

A. 報告・承認事項

(1) 第23-3回 国立教育政策研究所公募型研究 議事要旨

(2) アンケート調査中間集計結果

資料に基づき議事要旨の説明があり、議事要旨が承認された。

B. 審議事項

○第4回の研究テーマ「実験と思考力を重視した新たな入試への提言」

(1) 実験と思考力を重視した大学入試とは

(2) 実験と思考力を重視した新たな入試への提言

① 学生科学賞などの高校生の研究評価による大学入試

○「理科オリンピック」などの評価による入試。

理科オリンピックの最終選考に残った高校生は、教科の理解レベルは高く、また、実験に関するトレーニングもされている。これらの高校生は、基礎学力実験力ともに高い。面接試験のみで選抜して問題はないと思われる。

しかし、意識・レベルとも非常に高いので、このようなAO入試があっても、それを受験しようという高校生は少ない。高校生によっては、日本の大学でなく外国の大学進学を考えている。このような設定をしても、あまり機能しない。

○「ポスターセッションによる研究評価」(例：神戸大学)

理系の学会と同様にポスターセッションを行わせ、それを大学教員が評価することによって選考を行う。研究を評価して選考を行うという意味ではよい入試である。しかし、3学年で一般入試の学習に取り組む中で、途中別途に報告書やポスターを作らせるのは指導上難しい面がある。2学年中にまとめた研究を使用すれば可能と思われる。3学年になってから、各自の実験研究と受験勉強の両立は非常に難しい。このようなこともあり、研究評価によるAO入試などを積極的受けさせる進学校はあまり多くない。

○「口頭試問による研究評価」(例：東京農工大学)

別途にポスターなどを作らないので、高校生の負担は少ない。しかし、前記と同様に3学年での実験研究は難しい。

○実験研究を行わせることは、高校生の課題設定能力・課題解決能力などを非常に高めることにつながるので、実験研究を評価する入試を行う大学が増加することは歓迎する。

○AO入試で実験研究に優れた学生を集めても、入学後それらの学生に対応したカリキュラムがないと、継続して実験力や思考力の高い学生の能力を伸ばすことはできない。大学で入学後のカリキュラムなどの整備も合わせて行うとよい。

○3学年ではどうしても受験中心の学習となるので、高校生の実験力・思考力を上げるための活動は、3学年では難しい。2学年で高校生が進路を考える時に合わせて、実験や思考力を重視するような「高校と大学が連携したモデル授業」が実施できるとよい。

○2学年の秋などであれば、高校側は総合学習の時間などを利用して大学と連携することも可能である。

② 理科実験と大学入試

○「個別実験の実施及びその実験レポートによる評価」(例：愛媛大学)

受験生の実際の実験力を見ることができるのでよい試みである。また、このような入試が増加すれば高校側に実験の重要性を促すことにつながると思われる。しかし、大学側からすると受験生ごとに個別実験のブースを設置し、試験を実施するのは難しい面が多い。実験内容も限定される。愛媛大学では、受験生に個別実験を行わせ、それと実験レポートによるAO入試を行っているが、他大学で実施するには難しい面が多い。しかし、高校での実験の重要性を喚起する意味では、このような取組が増えることは歓迎する。

○「演示実験の実施とそのレポートによる評価」(例：東京農工大学)

演示実験の設定に難しい面がある。また、演示実験であっても受験生に実験に参加させるような工夫を考える必要がある。しかし、現実にはなかなか難しい面も多い。

高校までの教育や実験経験などの問題もあると思われるが、実験データの扱いや、そのデータをグラフ化するなど基本的なことができない高校生も多い。また、高校までの実験経験が生きる入試であるのか再検討の必要がある。

実験データなども、いろいろな測定データを提示し、その中から受験生が各自に必要なデータを選択し、グラフ化し、必要な結論に導くなど、より思考力を必要とするような工夫も必要である。

また、数値を扱う実験を行う場合でも、近似の概念や対数グラフなどについては、扱えない高校生が多い。難しい面はあると思われるが、入学試験に実験を導入した一つの例として継続的に行ってもらいたい。

○「ＡＯ入試に大学入試センター試験を課すか、課さないか」

現役高校生の10月以降は、各個人の学力が一番伸びる時期である。この時期に学力を伸ばし、大学に合格する高校生が多いのが実態である。ＡＯ入試で10月ごろに合格が決まった高校生は、学習しなくてはという意識はあっても、他の高校生と比較すると学力が低下していくのが一般的である。これを防止する意味では、大学入試センター試験を課すのも一つの方法であると考えられる。進学校では、このように考えている教員も多い。

また、合格後に大学で指導することも、高校で合格後も普通に授業が行われている状況では難しい。もし、大学入試センター試験を課さないのであれば、この期間の対策を高校側と話し合っ方策を考える必要がある。

C. 配布資料

- 資料1 第23-3回 国立教育政策研究所公募型研究 議事要旨
資料2、3 アンケート調査用紙とその中間集計
資料4 「実験と思考力を重視した新たな入試への提言」

【研究会第4回のまとめ】

【実験と思考力を重視した新たな入試への提言】

(1) 高校生の理科の研究評価による大学入試

① 「理科オリンピック」の評価による入試

国内で最終選考に残った高校生や実際にメダルを取った高校生は、高い基礎学力と実験に伴う思考力も持っており、面接のみで選考しても問題はない。しかし、学力が高い生徒が多く、ＡＯ入試での受験を考える生徒は少ない。また、高校生によっては外国の大学への進学を考えている生徒もいる。対象とする高校生も少なく、このようなＡＯ入試を各大学設定しても機能しない。

② 「ポスターセッションなどや口頭試問」による実験研究の評価による大学入試

高校生の実験研究を評価して選考を行うような大学入試は、あったほうがよい。しかし、入試のために理科の研究を行っているわけではないので、3年になってＡＯ入試のために理科の研究を行う生徒はいない。また、3学年で理科の実験研究と一般入試に向けた受験勉強の両立は一般には難しい。

高校と大学で連携して、高校生の実験研究をサポートするのであれば、2学年の生徒に対して行うのが有効である。2学年の秋は進路の方向性を決める時期であり、総合学習の時間などを利用して、大学と高校が連携して授業などを実施すれば有効である。

高校生で自発的に実験研究を行った生徒は意識も能力も高い生徒が多い。このような生徒を評価して積極的に受け入れることは良いことである。しかし、大学入学後にこのような生徒を育てるカリキュラムがないと入学させただけに終わる。

③ 「理科実験」を導入した大学入試

高校で生徒が行う実験が少ない現状を考えると、大学入試に実験を導入することは高校での実験を促すことになる。一般入試で実験を行わせることは難しいが、AO入試であれば可能である。実験も定量的なデータを処理するようなものを導入するとよい。測定データの中から必要なデータを取捨選択する、グラフ化する、そのグラフより結論を導くなどの手順が入ったより思考力を重視した実験の問題が望まれる。実験を導入した入試を行っている大学が増加すれば、高校での生徒実験の回数も増加すると思われる。

④ 「AO入試」での基礎学力の担保

高校の内申書はある程度参考になる。内申書の高い生徒は、入学後もまじめに学習し、意欲の高い生徒が多い。しかし、日本では内申書を外的に評価する基準がなく、学校によって授業内容やレベルが異なる状況もあり、基礎学力の確認という意味では利用しにくい。また、合格が早期に決まる場合が多く、現役高校生の学力が伸びる時期に意識の低下があり、学力が伸びないことも多い。

すなわち、早期合格後に対策を講じないと基礎学力の低下が起こることが多い。対策の一つは、高校と大学が連携して合格後の高校生に課題を与えて提出させるなど、大学側が合格後の高校生を指導する場合である。しかし、高校で普通に授業が行われている状況では限界があり、多くの一般受験の生徒を指導している高校側でも、少数のAO入試合格者に別途対応をすることは難しい。

そのため、AO入試合格後の基礎学力担保のため、大学入試センター試験を課す大学が増加している。一般入試と違う学力を評価するAO入試の主旨からすると、大学入試センター試験を課すことは問題があるのではないかという意見もある。しかし、別途に必要な科目の基礎学力試験を行っている場合を除けば、現状のAO入試では、基礎学力の担保がしにくい。また、早期合格による学習意欲の低下を防ぎ、一般入試を受験する生徒と同じように指導できることもあり、AO入試に大学入試センター試験を課すことに賛成する高校教員は多い。

V 「実験と思考力を重視した」モデル授業

理科は自然を対象とした教科であるので、実験・観察は特に重要である。理系の大学では、講義とは別に実験・実習の時間が設けられている。学生は実験及びそのレポート作成に多くの時間を割いている場合が多い。

一方、高等学校においては、実験は理科の教科書には記載されているものの、実験が別の単位として設定されているわけではない。授業で実験を行うか行わないか、どのくらいの回数行うかについては、各教科を担当する教員にまかされている。そのため、授業で行う実験の回数については、教員間で大きな開きがある。意識して、非常に多くの実験を生徒に体験させている教員から、ほとんど実験を行わない教員まで多様である。

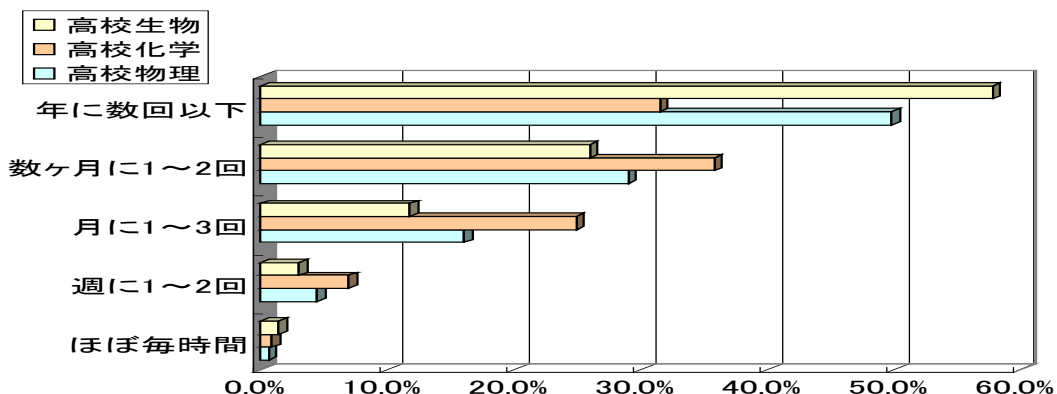
高等学校理科教員実態調査*¹によれば、授業で生徒実験や演示実験を週に1回以上行う教員は20%以下であり、年に数回以下しか行わない教員も約30%存在する。実験・観察を重視する授業のできない原因として挙げられているのは、授業時間の不足と大学入試対応のための指導に時間を取られるための2つが最も多い。高校の理科教員の多くは、実験・実習の必要性は感じているものの、時間不足や入試への対応のため、知識中心でテストなどのトレーニングによって定着を図るような授業が行われていることが多い。実験・観察を重視した授業を組み立てている高等学校では、授業時間数が不足するので講義内容を精選し、実験レポートの考察に生徒の考え方を問うような工夫を加え、考え方を教えている場合もある。しかし、残念ながらこのような授業を実施している高等学校は少数である。

*1：2008年度に科学技術振興機構と国立教育政策研究所が共同で実施したアンケート調査。高等学校914校・理科教員3250人が対象。

東京農工大学の工学部では、上記と同様な高等学校における実験の体験回数を新入生全員にアンケート調査を実施した*²。 *2：東京農工大学 大学教育ジャーナル第7号(2010)

平成22年度東京農工大学工学部全学科1年生に対するアンケート調査。工学部1年生546人が対象。

[東京農工大学の工学部の新入生に対するアンケート：高校での生徒実験回数] *²



上記は、高校生物（生物Ⅰ＋生物Ⅱ）など各理科6単位の授業で行った生徒実験の回数である。かなりの生徒が講義中心の授業を受けており、毎週実験を行っている高校は

10%に満たない。このような状況を受けて、東北大学や東京農工大学の工学部などでは、新入生全員1年次に全領域にわたる総合的な理科実験を課している。

また、大学の授業改善の取り組みとして、東京農工大学では「興味と経験から学びを深化する基礎教育」という基礎教育プログラムの開発を行い、講義の中に演示実験などを導入した授業モデル（SEEDモデル）を提唱し、授業改善を実施した。

これは大学受験のため暗記中心でありあまり考えることをしなかつた新入生に、「物事の見方を教え、学生自らが考えられるように導く」ようなカリキュラムである。

このモデルの概念を使用し、「高校化学」の分野でのカリキュラム開発を研究協力者の高校教員と共同で行った。また、「生物」においても、高校と東京農工大学が連携したプロジェクトをSPPとして実施した。「物理」は、理科の実験研究の方法やレポートの書き方を含めた高大連携での授業を実施した。

[SEEDとは]

文部科学省「特色ある大学教育支援プログラム」として、東京農工大学大学教育センターが中心になって採択された「興味と経験から学びを深化する基礎教育」で実施された基礎教育プログラム。

(1) Study：興味から学習へ

自然現象に対する興味・関心が学習の出発点であることを知る

(2) Experience：経験による学習の深化

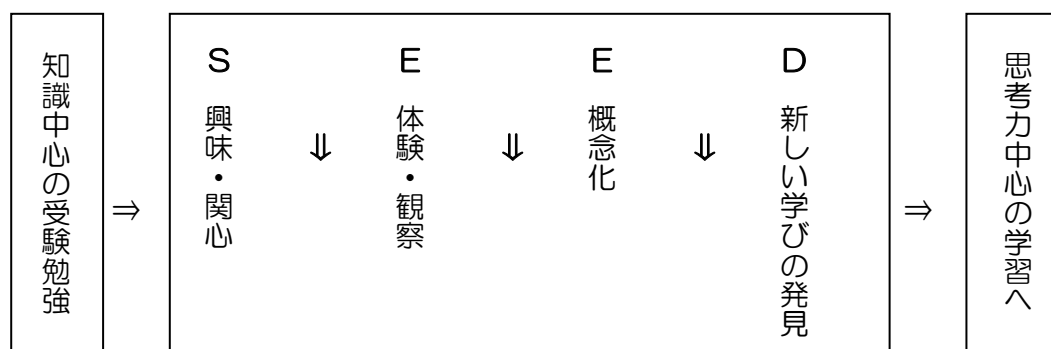
興味を持った対象に、観察や実験を通じて直接接触れる

(3) Envisage：観察・実験から概念化へ

実体験によって得られた結果が、一般的な法則として整理できることを学ぶ

(4) Discover：新しい学習の発見

大学での学習が、知識の蓄積ではなく、思考力の育成であることを学ぶ



このプログラムは、大学の基礎教育プログラムとして東京農工大学の農学部・工学部での導入教育（基礎ゼミ、基礎生物学、基礎物理学、基礎化学、工学基礎）などの授業で実践された。

この概念を高校の化学分野に導入し、以下の「化学のモデル」授業のカリキュラムを作成し、化学のモデル授業として実施した。

【1】化学のモデル授業

今回は、高校の有機化学分野にSEEDモデルのカリキュラムを作成した。さらに高校では実施できない実験などを発展として、高校の化学の教員と連携し、高大連携で実施するカリキュラムを作成し、「化学に関するモデル授業」を行った。

例えば、化学のSEEDモデルとは、次のような物である。

〔高等学校 化学 有機化学分野のカリキュラム例：炭化水素編〕

S 興味・関心	1 炭化水素の分類と構造（アルカン、アルケン、アルキン） （1）炭化水素の名称と構造 （2）異性体1 飽和炭化水素 （分子模型使用）HGS 分模型セット ①メタン、エタン、プロパン、ブタン作成 ②ブタンの異性体 ③不飽和結合の導入
E 体験・観察	2 炭素数2の炭化水素に関する実験・観察 （1）実験1（発生） ①エタン：事前に採取 ②エチレン：SiO ₂ によるエタノールの脱水 ③アセチレン：カルシウムカーバイド+水 （2）実験2（反応） ①過マンガン酸カリウム水溶液との反応 ②臭素水との反応 ③硝酸銀水溶液との反応
E 概念化	3 炭化水素の立体構造と性質 （1）C-C間の結合と性質 ①飽和炭化水素の構造と性質 ②不飽和炭化水素の構造と性質 （2）異性体2 不飽和炭化水素（環状、シス・トランスなど） （分子模型使用）HGS 分模型セット ①エチレン・アセチレン作成 ②シクロブタン、シス・トランス-ブタンの作成
D 発見・発展	4 炭素数4の炭化水素の同定〔課題実験〕 （1）気体との反応 試料：ブタン（ボンベより採取） ①過マンガン酸カリウム水溶液 ②臭素水 ③硝酸銀水溶液 （2）気体の分子量測定 （3）分子構造の推定 （課題・発展） （1）炭素数5、6、7、8の飽和炭化水素の異性体 （2）炭素数3、4、5の不飽和炭化水素の異性体 ○それぞれの構造式を書き、反応性などを説明できる。

高校の実験では一般に「興味・関心」を引きつけ、「体験・観察」を行い、後は考察を行わせて終了するところを、さらに「概念化」させ、それら得られた概念や実験手段・方法を使って、課題実験に取り組ませ、「発見・発展」に導こうというカリキュラムである。前記のカリキュラム例は、高校ですべて閉じているが、今回実施したカリキュラムは、発見・発展段階で高校の実験器具を駆使しても解決しない問題を大学の機器を利用して解決するものである。以下に、その事例報告を記載する。

〔高等学校 化学 有機化学分野のカリキュラム例：アルコール・エーテル編〕

S 興味・関心	1 酸素を含む有機化合物（アルコール・エーテル） (1) アルコール・エーテルの名称と構造 (2) アルコール・エーテルの性質〔実験1〕 ① 沸点 ② 溶解性
↓	
E 体験・観察	2 アルコール・エーテルに関する実験・観察 (1) 実験1（エタノールの脱水）〔実験2〕 ① 2分子脱水（縮合） ② 1分子脱水（脱離） (2) 実験2（エタノールの酸化）〔実験3〕 ① 加熱した銅線による酸化 ② 酸化生成物（アセトアルデヒド）の性質 (3) 実験3（ブタノールの異性体）〔実験4〕 ① ブタノールの構造異性体 ② 構造（1級・2級・3級）の違いによる性質の違い
↓	
E 概念化	3 アルコール・エーテルの構造と性質 (1) 沸点 ① アルコール・エーテルの沸点および性質の違い ② アルコールの構造による沸点の違い (2) ブタノールの異性体 ① 構造と水溶性 ② 構造と酸化生成物 ③ 酸化生成物の確認
↓	
D 発見・発展	4 酸素原子を1つ含む有機化合物の同定〔課題実験〕 (1) 官能基の確認 (2) 炭素数の決定 脱水生成物の分子量測定 (3) 脱水生成物の確認 (4) 酸化生成物の確認 (5) 構造決定 〔高大連携による特別実験〕：大学での測定 (1) 2種の第1級アルコールの構造決定 (2) エーテルの構造決定

化学のモデル授業としては、前ページの「D発見・発展」の部分を高大連携で実施した。その前のS～Eについては、事前に高校で実施している。

〔化学モデル授業実施事例〕

1. ねらい

体験・観察で得られた知識を概念化し、その実験体験・概念化した知識を使い、有機化学物の構造決定を行う。

[大学入試に対応したねらい]

大学入試では、問題文で実験の方法とその結果を説明し、それを分析する思考力が問われることがある。有機化合物の構造決定に関する課題の中で、実験とそれに伴う思考力・分析力を養うこともねらいとする。

2. 対象生徒

千代田区立九段中等教育学校 第5学年（高校2年生相当） 16名

※化学Ⅰで有機化合物の学習を終えており、大学受験を行う予定の生徒。

3. 授業スケジュール

日	時間	担当	内容
12月2日(金) 九段中等教育学校 化学実験室	10:00～ 10:30	高校教員	事前指導 本授業のねらい、安全指導
	10:30～ 13:00	高校教員	基礎実験 分子中に酸素1原子を含む有機化合物の構造決定
12月3日(土) 東京農工大学 小金井キャンパス	14:30～ 15:00	大学教員	基礎実験の問題点
	15:00～ 16:30	大学教員	構造決定の方法
	16:30～ 17:30	大学教員 ・大学院生	応用実験 GCMS, NMR を用いた測定
	17:30～ 18:00	大学教員 ・大学院生	実験結果の分析 MS スペクトル, NMR チャートの分析

[課題への分析力・思考力] 生徒への対応

基礎実験にある一連の実験の流れ、実験方法などについては、すべて生徒自身に計画させ、その実験計画に基づいて実験を行い、構造決定をしていく。これらの実験方法や有機化合物の構造などについては、S～Eの授業の中で行った実験や知識により、組み立てられる。Dでの実験計画・実験内容については、すべて生徒自身で考えることを基本にする。

4. 基礎実験

4-1. 目的

本授業では、実際に実験を行い、分子中に酸素 1 原子を含む有機化合物の構造を決定することを目的とする。

4-2. 準備

試薬：臭素水，ナトリウム，1 mol/L- H_2SO_4 ，0.02 mol/L- KMnO_4 ，濃硫酸，
0.1 mol/L- $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ，1 mol/L- Na_2CO_3 ，沸騰石，フェーリング液，
ヨウ素ヨウ化カリウム溶液

器具： ϕ 16.5 mm試験管，ゴム管付き気体誘導管，100 mL注射器，三方コック，
水槽，スタンド，三脚，金網，分子量測定用50 mL注射器，電子天びん，
簡易蒸留装置¹⁾

未知試料：1-ブタノール，2-ブタノール，2-メチル-1-プロパノール，
2-メチル2-プロパノール

4-3. 実験操作（2-ブタノールを例に）

4-3-1 未知試料の不飽和結合の確認

① 試験管に未知試料(2-ブタノール)を1 mL入れ，臭素水^{2),3)}を1 mL加えて振り混ぜる。速やかな脱色がないことから，未知試料は不飽和結合をもたないことがわかる^{*1)}。

4-3-2 未知試料の官能基の確認

② 試験管に未知試料を1 mL入れ，3 mm角のナトリウムをかきえる。水素が発生することから，未知試料はヒドロキシ基をもつことがわかる^{*2)}。

4-3-3 未知試料の炭素数の決定

アルコールである未知試料を脱水して炭化水素(気体A)を生成させ，分子量から炭素数を決定する。

③ 試験管に未知試料を2 mL入れ，振り混ぜながら濃硫酸0.5 mLを少しずつ加える。沸騰石を入れ，気体誘導管をつけて加熱する(図1)。

④ 脱水反応により無色の気体A(主生成物は2-ブテン)が生成する⁴⁾。反応初期はエーテルが生成している。エーテルの生成がおさまリ，気体発生がスムーズになったら，気体を100 mL注射器に捕集する。

⑤ 注射器を50 mLまで引いて固定し，50 mLの真空をつくり，質量を測定する。この質量を基準に，捕集した気体A 50 mLの質量(w_1)と空気50 mLの質量(w_2)を測定する。空気の見かけの分子量を29として，気体Aの分子量を算出する^{5) *3)}。

$$w_1 : w_2 = x : 29$$

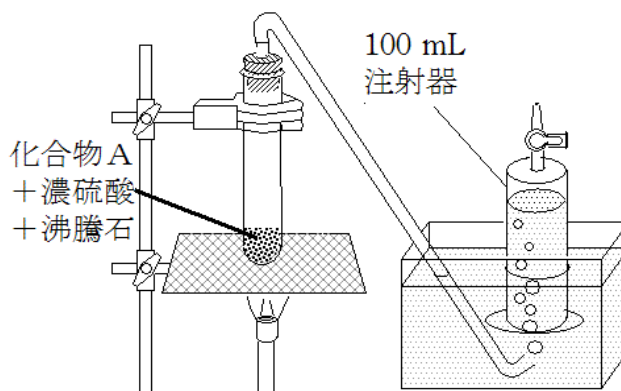


図1 反応装置

測定例

$$w_1=0.135 \text{ g} \quad w_2=0.069 \text{ g}$$
$$x = 56.7$$

- ⑥ 分子量を14で割り^{※4}，気体Aの炭素数を求める。気体Aの炭素数が4であることから，未知試料の炭素数も4であることがわかる。

4-3-4 脱水生成気体の性質

- ⑦ 2本の試験管を用意し，1本に臭素水1 mL，もう1本に1 mol/L- H₂SO₄ 0.5 mLと0.02 mol/L- KMnO₄ 4滴を入れる。それぞれに気体Aを吹き込み，ゴム栓をしてよく振る。これらが速やかに脱色されることから，気体Aは不飽和結合をもつことがわかる。

4-3-5 酸化による構造の確認

- ⑧ 試験管に0.1 mol/L- K₂Cr₂O₇ 1 mLと1 mol/L- H₂SO₄ 0.5 mLを入れ，未知試料を0.5 mL加えてよく振る。溶液の色が緑色に変化することから，未知試料は酸化されたことがわかり，未知試料は第一級か第二級アルコールと推定できる。

4-3-6 酸化生成物の性質

- ⑨ ⑧の試験管に沸騰石を加え，図2のような装置¹⁾で加熱すると，矢印の部分に無色の液体B(2-ブタノン)が得られる⁶⁾。

- ⑩ 少量の液体Bを試験管にとり，フェーリング液との反応を確認する。変化が見られないことから，液体Bはアルデヒドでない。つまり，未知試料は第一級アルコールでないことがわかる。

- ⑪ 確認実験として，残りの液体Bを試験管にとり，ヨードホルム反応を確認する。特有の臭気をもつヨードホルムの黄色結晶が生成する^{7) ※5}。

このことから，アルコールである未知試料の酸化によって生成した液体Bはメチルケトンの構造をもつことがわかる。

2.3.7 構造の推定

- ⑫ 実験結果から未知試料は，炭素数4の第二級アルコールとわかる。このことから，未知試料は2-ブタノール，脱水生成気体である気体Aは2-ブテン，酸化生成物である液体Bは2-ブタノンと推定できる。

※1 臭素水の脱色は光が当たると起こるが，速やかではない。ブテンの不飽和結合による脱色は，速やかである。

※2 エーテルも含水しているため，水素の気泡を発生する。この実験の結果からヒドロキシル基をもつことを推定することはやや無理がある。しかし，高校での典型的な官能基の判別法であるので利用する。

※3 常温での測定では，約3%の水蒸気圧の影響がでるが無視している。また，この実験ではエーテルなどの混入もあり，やや大きめの値が測定される。

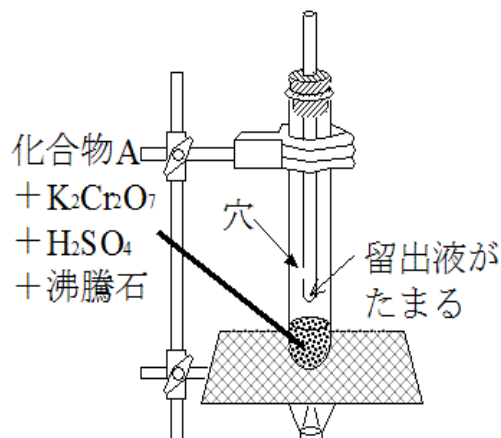


図2 生成物の蒸留

※4 炭化水素の場合、構成単位はたいだい CH_2 とみなせるので分子量を 14 で割り、炭素数を求めている。

※5 2-ブタノンのヨードホルム反応は、黄色沈殿が出にくい。

[参考文献など]

- 1) 長谷川正, 今瀬禎宏, 臼井豊和, 化学と教育, 42, 702 (1994)
- 2) 山本進一, 化学と教育, 50, 832 (2002)
- 3) マクマリー有機化学(上) 第5版, 東京化学同人, p222 (2001)
- 4) ブルース有機化学(上) 第5版, 化学同人, p485 (2009)
- 5) 山本進一, 化学と教育, 46, 490 (1998)
- 6) ブルース有機化学(上) 第5版, 化学同人, p493 (2009)
- 7) マクマリー有機化学(中) 第7版, 東京化学同人, p838 (2009)

5. 応用実験(大学での実験)

5-1. 目的

基礎実験では、未知試料が $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ の分子式をもつアルコールであることが明らかになった。しかし、高校で行うことができる実験では、1-ブタノールと2-メチル-1-プロパノールを区別することが困難である。GCMS(ガス・クロマトグラフを直結した質量分析計)、NMR(核磁気共鳴)などの機器分析を用いて、未知試料の構造決定を試みる。

5-2. 機器分析による構造決定

5-2-1 講義

- ① NMRとは何か。
- ② NMRで何がわかるか。
- ③ NMRチャートの読み方。

5-2-2 実験

- ④ GCMSによる分子量測定
- ⑤ 未知試料のNMR測定

5-2-3 分析

- ⑥ 実験結果の分析

6. まとめ

参加した生徒からは、実験結果を真摯に分析する姿勢が見られた。入試で問われることを机上ではなく、実際に確かめることが生徒の興味・関心を高めたようである。高校と大学が連携により、実験によって最終的な結論(構造の決定)を導くことができたことは、本授業の大きな成果である。また、大学で学ぶ化学の一端を高校2年生が体験できたことは、進路選択にとっても有効であった。

【2】生物のモデル授業

本年度、東京農工大学農学部と東京都立町田高等学校でSPP（サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト）を行っている。これを生物のモデル授業の一例としてとりあげる。これは、生徒に「実験計画を構築させる」活動を盛り込み、大学院生や研究者とディスカッションし、最終的には東京農工大学の「東京農工大学科学技術展」において成果発表させることを主眼としている。実験テーマは次のようなものである。

「イネ種子の発芽で最初に合成されるタンパク質を探ろう」

また、大まかな予定は次のようなものである。

5月下旬 オリエンテーション「遺伝情報の転写と翻訳」についてのレポート

6月中旬 (1)イネ種子発芽の初期のタンパク質合成のしくみ 講義

6月下旬 (2)実験計画の構築と発芽実験 講義・ディスカッションと実験

7月中旬 (3)イネ種子の胚のタンパク質の抽出とSDSゲル電気泳動 実験

8月中旬 (4)イネ種子の胚のmRNAの抽出とタンパク質の二次元電気泳動 実験

8月中旬 (5)検出されたタンパク質の同定とmRNA量の変動の解析 実験

9月下旬 (6)実験結果の整理 ディスカッション

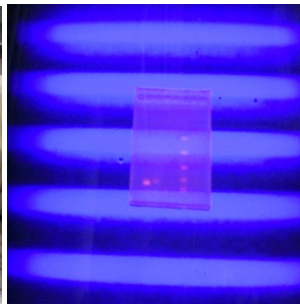
10月中旬 (7)科学技術展における発表の準備 講義とディスカッション

11月上旬 (8)科学技術展における発表の準備 ディスカッション

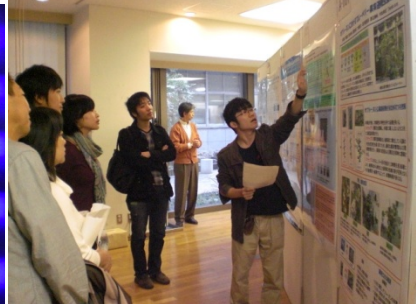
11月中旬 (9)科学技術展における発表 発表



〔電気泳動〕



〔遺伝子の確認〕



〔科学技術展での発表〕

高校生は、2年生と1年生である。ここで設定されているテーマは研究中のものであり「模範解答」が用意されているわけではない。この実験研究の中で高校生はあらゆる局面で「問題を発見する活動」を行うことになる。また、最先端の研究分野で行われている手法で実験を行うので、高校生は大学における実験研究をまさに体験することになる。最終的には、本学の教員や一般研究者が来場する東京農工大学科学技術展で発表し、実際に大学で行われている実験研究を体験した。参加者全員に発表会での発表を義務づけた。1学年の生徒の中には研究内容が未消化の生徒もいたが、多くの生徒はポスターセッションにおいて、本学教員や来校した一般研究者に対して説明を行い、きちんと質問にも受け答えをしている高校生が多かった。

【3】物理のモデル授業

東京農工大学の物理システム工学科では、毎年 7 月に「高校生のための一日体験物理教室」を実施している。昨年度までは、いくつかのテーマの中から体験したいテーマを選び、実験体験をしてもらう取組であった。これまでは、大学での基礎実験や研究室の見学などで大学を体験してもらうことに主眼を置いていた。テーマは次のようなものである。

1. 重力加速度を測る（落体と振り子）
2. 水素原子のエネルギーを調べる（“光の色”で見る量子の世界）
3. 超伝導を測る（巨視的に表れた量子現象）
4. CDで分光器をつくる（光の回折・干渉）
5. 空気中の放射性物質とその半減期（環境放射能の観察）
+ 霧箱をつくって α 線を見る（霧箱による放射線の観察）
6. 光合成に学ぶ太陽電池の原理（実際に作って確かめよう）
7. 直流モーターをつくる（磁界が電流に及ぼす力）
8. オーロラをつくる（磁界によって形作られた“プラズマ”からの発光）
9. 砂粒の動き（地球の未来を知る）

一昨年度より、東京農工大学では自分の専門分野の実験だけではなく、他分野の実験も行う工学基礎実験を工学部の 1 年次の学生に課すことにした。この中で、きちんとレポートが書けない学生が増加していることが判明し、初めにそのような指導も行っている。今回物理のモデル授業として、実験体験をしてもらうだけでなく、体験授業の中で実験・研究レポートの書き方の基本をきちんと指導する取組を行った。

また、物理システム工学科では、一昨年度よりAO入試を実施し、高校生の研究を評価し、選抜する取組を行っている。この実験体験に参加し、体験した内容で応募をしてもよいこととした。参加者の中からこのAO入試に挑戦する高校生もあったが、このモデル授業に参加して、研究レポートの書き方の基本を習得し、ほとんどの高校生は、各自で研究した内容を指導されたレポートの形式を踏まえて提出した。

【4】まとめと考察

理系に進学した新入生の多くは、科学実験に自信を持ってない状況にある。東京農工大学の工学部新入生全員に対するアンケート結果である*2。「大学での科学実験をうまく行うことができる自信があるか」との問いの回答である。図1のように自信をもてない新入生が多い。

図1 [科学実験に対する自信] *2

	人数	%
自信がある	191	35.0
自信がない	355	65.0

図2が、その理由である（複数回答可）。大学の実験がうまくできるかとの問いであるので、なんとなく不安という回答も多い。しかし、実験経験や実験に関する知識が不足していることを理由にあげている新入生が多く、現在の学生の生育環境、高等学校までの実験経験の不足が大きな原因になっている。このような状況に対応するため、東北大学では理系新入生全員を対象とした理科の総合実験を実施している。東京農工大学の工学部でも平成22年度より、「工学基礎実験」*3を新入生全員に実施している。

図2 [実験に自信が持てない理由] *2

	人数	%
実験経験不足	190	53.8
実験知識不足	155	43.9
科学知識不足	83	23.5
安全知識不足	55	15.6
失敗経験	39	11.0
不器用	113	32.0
共同作業が苦手	28	7.9
なんとなく不安	168	47.6
その他	5	1.4

*2 平成22年度東京農工大学工学部全学科1年生に対するアンケート調査。工学部1年生546人が対象。

しかし、大学側の対応にも限界があり、高等学校での実験実施を促すような、高大連携の取り組みが必要である。

「化学」のモデル授業では、東京農工大学で行った大学の授業改善のプログラムを、高校化学の学習分野に適応し、実験を中心とした思考力重視の高校化学のカリキュラムの開発を行った。また、開発したカリキュラムに大学での学習する内容を連結したカリキュラムを作成し、高校と大学が連携して、高校と大学での連続したモデル授業を実施した。この授業を受講したのは中等教育学校の5年生（高校2年生）である。大学では大学院生の指導のもとNMRの測定し、大学教員よりNMRの原理や測定値の読み方などの指導を受けた。高校での授業を含め、内容はやや高度になったが意欲的に取り組んでいる高校生が多かった。高等学校で実験を中心に意欲的に授業を行っている教員との連携は重要であり、大学と高校が連携した実験や思考力重視のカリキュラムを開発し、高校での実験をサポートすることも必要である。

「生物」のモデル授業では、東京農工大学の農学部と東京都立高校との高大連携を取り上げた。これは、科学技術振興機構のSPP（サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト）として、本年度（平成23年度）実施されたものである。

この取り組みは、高校生に大学院などの研究者と共同で最先端の研究に取り組みせよう試みである。最先端の研究であり、どのように「実験計画を構築」するかについて研

究者とディスカッションする活動、研究途上で「問題を発見」する活動、最後に研究内容や結果を東京農工大学の「科学技術展での発表」を行わせる活動を行っている。最先端の研究であり、内容が高度になることもあり、全員がすべての内容を理解できたわけではない。しかし、このプロジェクトに参加した高校生の20数人全員が科学技術展でポスターセッションを行い、全員が一般の人や研究者の前の説明を行った。また、多くの高校生が質問などにもきちんと対応していた。

単に大学の研究を見学・体験するのみでなく、理系の研究の実際に触れるこのような取り組みも、高校と大学が連携して理系志望の高校生を育てる大事な活動である。

「物理」のモデル授業では、「高校生のための一日体験物理教室」を取り上げた。これは高校生に大学の授業で行われる10テーマほどの実験の中から各自選択し、体験するものである。今年度より、この中で研究の取り組み方や実験研究レポートの書き方なども指導することとした。

物理システム工学科では、昨年度よりAO入試を実施している。このAO入試は、高校生の実験研究活動を評価し選抜する入試である。上記のような、研究の取り組み方やレポートの書き方などを大学側で指導したことにより、このAO入試に応募する受験生は増加した。

単に詰め込んだ知識は忘れてしまうことが多い。しかし、実験や実習を行い、思考して整理された知識は生涯役立つ知識として定着すると思われる。理系志望の高校生の意欲向上、高校生全体の科学的リテラシーの向上のためにも高等学校以下の理科教育での実験・実習の増加が望まれる。

大学側も、入学してきた学生に対応するのみでなく、高校以下の学校と連携を図り、理科教育のカリキュラムの開発・普及、高大連携による大学施設や大学教員の活用、大学入試を通じた実験・実習の増加への誘導などの積極的な活動を行っていくことが必要である。

※2 佐藤友久，小笠原誠，阿部哲也，大滝証，前田和之，下村武史，稲田全規，調麻佐志，重原淳孝（2010）「分野融合実験を核とする高大連携」

東京農工大学 大学教育ジャーナル，第7号

※3 小笠原誠，阿部哲也，大滝証，前田和之，下村武史，稲田全規，調麻佐志，佐藤友久，重原淳孝（2010）「分野融合実験を核とする初年次教育」

東京農工大学 大学教育ジャーナル，第7号

VI 「高大連携を中心とした実験と思考力を重視した入試」についてのまとめと考察

(1) 理科の実験研究を評価する大学入試

①「理科オリンピック」の成績を利用する入試

国内での最終合格者やオリンピックでメダルを獲得した高校生は、基礎学力が高く実験力もある。しかし、このような高校生は小人数であり、外国の大学進学を考えている高校生がいるなど、AO入試に関心を示す高校生は少ない。対象となる高校生が非常に少ないこともあり、この方法は大学入試としてはあまり機能しない。

②「学生科学賞など」の実験研究を評価する入試

「学生科学賞受賞校へのアンケート調査」にあるように、受賞校は理科の部活動が盛んな高校が多く、受賞者は課題設定能力や思考力、研究力、論文作成能力が養われている生徒が多い。個人研究や、グループ研究でもリーダーの高校生の理科の能力は高いので、学生科学賞などの受賞者を評価する入試は拡大してもよい。アンケートでも、高校で行った実験研究の評価する入試に対する要望は多い。ただ、過度な教員の指導により、高校生の実験研究能力が高まっていない場合もあるので注意が必要である。

受験生本人の実験研究能力や思考力の評価のために、「ポスターセッションでの発表」や「口頭試問」により評価する方法などが取られている。

また、実験研究を評価するAO入試を行う際に、別途に基礎学力テストや大学入試センター試験を導入しないと、基礎学力の担保は難しいと考えている高校教員はアンケートの結果を見ても多い。AO入試の主旨にやや反するが、現状では基礎学力担保のために大学入試センター試験の導入などが必要である。

③「実験を導入した」大学入試

AO入試などで、大学入試の中に実験を導入して選抜を実施している国立大学は少ない。しかし、アンケート結果などをみると、AO入試などで実験を導入した試験を行うことに賛成の意見が多い。また、実験経験が生きるような大学入試問題の出題に関する要望も多い。出題する大学側の対応が難しい面も多い。しかし、大学入試の出題内容は、大学進学を主とする高校への影響はかなり大きい。大学側の努力によって「実験を導入した入試」や「実験経験が生きるような大学入試問題の出題」が多くなれば、高校での実験回数が増加することにつながる。

また、大学入試で直接実験を行わなくても、推薦入試やAO入試などで、高校の授業において体験した生徒実験のリストを提出させる、面接でそれらの実験について質問するなどを行うとよい。

多くの理系大学でこれらを実施すれば、生徒や高校教員の意識も「実験より問題演習」という意識から「実験も必要」という意識に変わる可能性がある。

④ 「入学後の大学の対応」と大学入試

AO入試では、まず大学側はどのような学生を入学させたいのかを明確にする必要がある。また、入学後は入学した学生をどのように教育するのかを提示する必要がある。単に、入試の方法を変更しても、入学後どのように育てるかが不明確では、高校側や受験生の理解を得られず、大学側が意図した新入生を入学させることにつながらない。

(2) 理科教育と実験

① 「理科実験に関する」高大連携

SPPやSSHなどの取り組みもあり、高校と大学の実験などの連携が増加している。これらの活動には、高校教員と大学教員が連携して高校生の研究指導・実験指導に取り組む例も多い。理系の大学では、高校生の実験体験の増加を望んでいるのであるから、高校と大学の教員の連携により、高校生の実験体験が増加するような高大連携の取り組みは拡大する必要がある。

しかし、高校での理科のカリキュラムと大学でのカリキュラムをつなぐような高大連携のカリキュラムはあまりない。大学教員と高校教員が連携して、高校と大学をつなぐようなカリキュラムを作る必要がある。また、教科書の内容を確認するだけの「予定調和の実験」のような実験のみでは、レベルの高い高校生は興味関心を示さないこともある。実験を行う高校でも、授業中に課題研究のような実験はほとんど行われていない。高校と大学の教員が連携して、高校の機材を使用してできる思考力を要する実験や、高校での内容を大学と連携してより深めるような教材の開発が必要である。今回の「化学」のモデル授業においては、高校と大学をつなぐ、思考力重視の実験を中心とした有機化学に関するカリキュラムを高校教員と大学教員が連携して開発し実施した。

② 「理科の実験研究」に対する高大連携

実験研究のモデルになるような研究活動に参加する経験は、高校やまた高校の理科の部活動においても難しい。「生物のモデル授業」のように、最先端の研究に高校生を参加させることによって、研究の方法や研究の醍醐味を味わうことが可能である。高校生と大学院生、高校教員と大学教員の密接な連携が必要で簡単ではない。しかし、高校生は、こちらが予想するより高いレベルで研究に参加することができる生徒もいる。今回の生物のモデル授業はSPPとして実施している。SPPで単に大学の実験を体験させるだけでなく、今回のように実際の研究活動に参加させるような高大連携の取り組みも、高校生の研究実験能力を高める活動としては重要である。

部活動での研究で、高校での実験器材や高校教員の指導だけでは行き詰まることがある。このような時に、高校教員や高校生が相談できるような場所を造っている大学はあまりない。高校での高校生の実験研究や高校教員をサポートするような各大学での取り組みは今後重要になる。高校生での理科研究振興のためにも、高校と大学との連携がさらに必要である。

③「教員の実験研修」の必要性

図3は、平成23年度夏期に東京農工大学で実施した中・高等学校教員の実験研修会でのアンケート結果である。この研修会には中学教員5名、高等学校教員30名、中等教育学校教員3名が参加した。中堅教員の参加が少なく、ベテランの教員と若手教員が主体である。

実験に自信をもっているベテラン教員もいるが、若手教員を中心に自信を持ってない教員が多い。図4のように、自信が持てない理由は図2の理系の大学新入生と同様で「実験経験不足」、「実験知識不足」をあげている教員が多い。

特に高校の教員に対する実験研修の充実を図らなければ、高等学校での実験の増加は望めない。高校での実験に自信を持っているベテラン教員が多量に退職の時代を迎え、高校の校内での実験研修は難しい状況にある。実験に自信の持てない若手教員だけの学校も増加している。教育委員会や教員養成系の大学では、小・中学校の実験研修の充実は図られてきている。しかし、高等学校での実験は、教育委員会の研修では十分でなく、理系の学部をもつ大学の協力が必要である。高等学校の授業における実験の充実のためには、理系の大学での教員研修や自主的な研究会での実験研修など、高等学校教員が実験のスキルを高めるような環境をつくる必要性がある。

図3 [理科教員の実験指導に対する自信]

回 答	%
生徒実験・演示実験とも自信がある	26
生徒実験・演示実験とも自信がない	32
演示実験の自信がない	13
生徒実験の自信がない	18

図4 [実験に自信が持てない理由]

回 答	%
実験経験不足	53
実験知識不足	32
失敗経験	11
不器用	3
なんとなく自信がない	13

Ⅶ 謝辞

本研究は、国立教育政策研究所の公募型研究として実施した。また、本研究に協力いただいた高等学校の教員、また東京農工大学大学教育センターの教員、また国立教育政策研究所の塚原修一、清原洋一先生に感謝する。

Ⅷ 連絡先

[研究代表者]

佐藤友久 東京農工大学 大学教育センター・教授
東京農工大学 大学教育センター
〒183-8538 東京都府中市晴見町 3-8-1
Tel・FAX 042-367-5306
E-mail : stsatou@cc.tuat.ac.jp

平成23年度プロジェクト研究
調査研究報告書

高大連携を中心とした実験と思考力重視の入試研究
「学生科学賞受賞校へのアンケート調査」
報告書

平成24（2012）年3月

研究代表者 佐藤友久
（東京農工大学 大学教育センター 教授）

目 次

1. はじめに	39
2. アンケートの回答校	39
3. アンケートの内容	40
4. アンケートの分析	41
(1) 理科関係の部活動について	41
① 理科関係の部の数	
② 理科関係の部の規模	
③ 理科関係の部の研究分野	
④ 理科関係の部の活動状況	
(2) 研究テーマと研究指導	42
① 部活動での研究テーマの決定	
② 生徒の研究指導	
③ 生徒の研究論文指導	
(3) 研究を行った高校生の進路	44
(4) 理科の研究と大学入試	45
(5) 理科の実験と大学入試	46
(6) まとめ	47

1. はじめに

平成24年度より、高等学校の数学・理科については新学習指導要領により授業が実施される。今回の改訂では、理科については小中学校も含めて全体に内容が増加し、高等学校では内容充実と共に高度化が図られている。

近年、スーパーサイエンスハイスクール（SSH）などを国が指定し、高等学校での理数教育充実を図っており、一定の成果を上げている。一方、全日本学生科学賞などのように、中高校生の課外活動などの研究を評価する取組も増加している。

大学入試においても、推薦入試やAO入試が増加し、その中で高校生の研究を評価して選抜する取組も増えてきた。そこで、全日本学生科学賞の受賞校の各指導教員にアンケート調査を実施し、高校の理科の研究の実態および高校生の理科の研究と大学入試に関する意見をまとめることとした。

2. アンケートの回答校

全日本学生科学賞の過去5年間の受賞校、276校の研究指導担当教員にアンケート調査を実施した。全国の98校の担当教員から解答があった。回答校の内訳は以下のようである。

校種1	公立	私立	国立		校種2	普通	専門	高専
高校数	81	15	2		高校数	86	12	1

都道府県	回答数	都道府県	回答数	都道府県	回答数	都道府県	回答数
愛知県	6	高知県	2	静岡県	2	栃木県	3
愛媛県	2	埼玉県	4	石川県	2	奈良県	2
岡山県	4	山形県	3	千葉県	6	福井県	1
沖縄県	2	山口県	1	大阪府	6	福岡県	3
岐阜県	2	山梨県	2	大分県	2	福島県	1
宮崎県	3	滋賀県	1	長崎県	2	北海道	3
熊本県	3	鹿児島県	1	長野県	3	和歌山県	1
群馬県	2	秋田県	1	鳥取県	1		
広島県	2	新潟県	3	東京都	9		
香川県	2	青森県	3	徳島県	2		

専門高校は工業高校・農業高校が多く、これらの学校は、生徒の部活動ではなく、授業で実施した課題研究の内容を学生科学賞に応募させた例が多い。また、普通科高校は各都道府県の進学校が多く、これらの高校では理科の部活動が盛んであることがわかる。また、高校の中にはSSHの指定校になっている高校も含まれている。

国内の全高校に対するアンケートではないが、理科の部活動が盛んな学校は各都道府県の進学校に偏っている実態がみえる。

3. アンケートの内容

アンケート内容は、次のようなものである。

[アンケート]

1. 生徒の研究指導について

- 1) 理科関係の部はありますか。 a. ある b. ない

※以下は、「a. ある」場合のみ解答ください。 ※部が2つ以上ある場合など複数解答可。

- 1) -1 部はいくつありますか。 a. 1 b. 2 c. 3 d. 4以上

- 1) -2 人数は何人ぐらいですか。 a. 10人以内 b. 15人以内 c. 20人以内 d. 21人以上

- 1) -3 部の研究分野は何ですか。 a. 物理 b. 化学 c. 生物 d. 地学 e. その他

- 1) -4 ほぼ週に何回活動していますか。 a. 1回 b. 2回 c. 3回 d. 4回以上

- 1) -5 部活動での研究テーマはどのようにして決めていますか。

a. 生徒が毎年各自で選んでいる。 b. 先輩から引き継いだテーマが中心になっている。

c. 教員と生徒で話し合って決めている。 d. 主に教員が決めている。 e. その他

※以下は、「b. ない」場合のみ解答ください。

- 1) -6 学生科学賞に応募した研究は、どのようなものですか。

a. 教員が理科の課題として提出させたものの中から応募させた。

b. 生徒が自主的に行っていた研究を応募させた。 c. その他

- 2) 生徒に対する研究指導はどのように行っていますか。

a. 教員として積極的に生徒に係わり、テーマ設定から実験指導まですべてについて指導を行っている。

b. 研究テーマ、実験方法など生徒から相談があった場合に指導する。 c. 生徒が自主的に行っている。

d. その他

- 3) 生徒の研究論文指導はどのように行っていますか。

a. 生徒が自主的に書いているので論文の指導はほとんど行わない。

b. 論文の書き方の基本を指導し、その後は生徒に自主的に書かせる。

c. 文章を書けない生徒が多く、教員がかなり手入れている。 d. その他

2. 研究を行った生徒の進路、又は進路希望について

a. 研究を行った生徒の多くは理系に進学した、又は理系進学志望である。

b. 研究を行ったことと生徒の進路選択にはほとんど関連性がない。 c. その他

3. 理科の研究と大学入試について

学生科学賞での研究などを評価し選抜する入試（AO入試など）は、国立大学では理系の一部の大学・学部でしか実施されていません。又、学力担保のため、最後にセンター試験を課している例もあります。これらについて意見をお聞かせください。 ※複数解答可。

a. このような入試の必要性は感じない。 b. できるだけ多くの大学で実施してほしい。

c. センター試験を課すか基礎学力テストなどを別途行わなければ基礎学力の担保はできないと思う。

d. 研究の評価と内申書などの評価で選抜し、センター試験を課さないほうがよい。

e. その他

4. 理科の実験と大学入試について

理系の大学では、実験や実習は重要であり、高等学校での実験経験は大切です。しかし、高等学校での実験経験を生かすような入試方法や実験経験が必要になるような入試問題の出題は多くありません。これらについて意見をお聞かせください。 ※複数解答可。

a. 現状の入試で特に問題はないと思う。実験を重視する入試の必要性は特に感じない。

b. AO入試などで演示実験を見せる、入試で生徒に実験を行わせるなどがあつたほうがよいと思う。

c. 大学入試問題にも実験経験が生きるような問題の出題が望まれる。

d. 実験経験が生きる入試や大学入試問題が増加すれば、高等学校での実験実施は増加すると思う。

e. その他

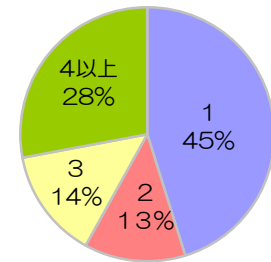
4. アンケートの分析

(1) 理科関係の部活動について

学生科学賞に応募し受賞した学校に対するアンケートであることもあり、理科の部があると回答した学校が92%である。応募した研究の多くは部活動での研究が多く、これらの高等学校等の理科関係の部活動は他の高等学校と比較して活発であると考えられる。部がないと回答した学校は、工業・農業などの専門高校などが多く、授業での課題研究の成果を応募させている例が多い。

① 理科関係の部の数 (図1)

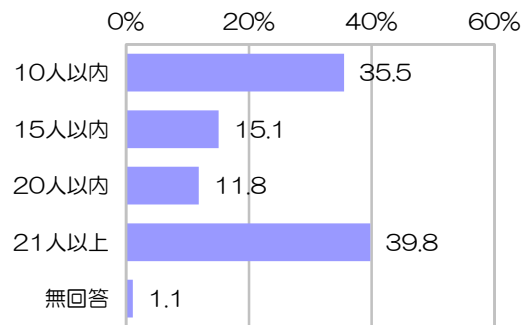
理科関係の部活動の数は、1つの高等学校に4つ以上ある学校が28%ある反面、1つの部のみの学校が45%もある。理科には色々な分野があるが、多くの高校で特定の分野の部のみしかないとわかる。



(図1)

② 理科関係の部の規模 (図2)

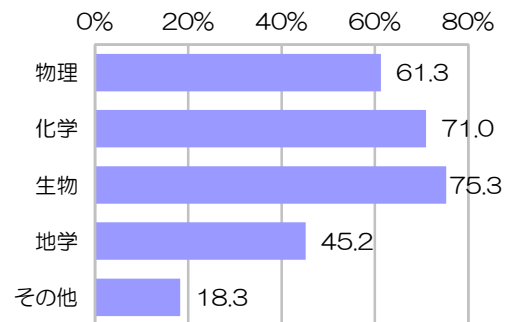
理科の各部の規模は、全体で15人以内、各学年で考えれば所属する生徒が数人ずつのみの学校が半数以上であり、高校での運動部や音楽関係の部などと比較すると、理科関係の活動に参加している人数は非常に少ないのが現状である。



(図2)

③ 理科関係の部の研究分野 (図3)

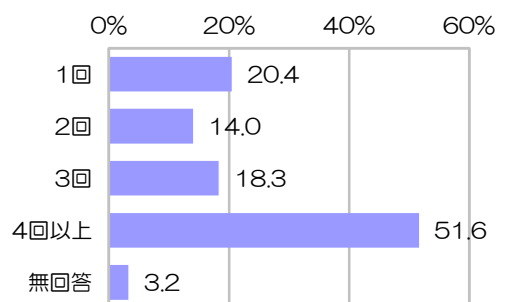
理科の部活動の研究分野は生物・化学・物理の順で、地学が少ない。その他に、分類されている天文などを加えると地学分野はやや増加する。他は、環境・数学・情報・ロボットなどである。地学分野が若干少ないものの、全体的には高校で学習するそれぞれの理科分野が反映された部活動が行われている。



(図3)

④ 理科関係の部の活動状況 (図4)

毎週の活動回数は4回以上と活動の活発な部が半数ある反面、週に1~2回しか活動ない部が30%以上ある。理科の部は、活動回数では測れない部分もあるが、活動が活発ではない部も多いと思われる。



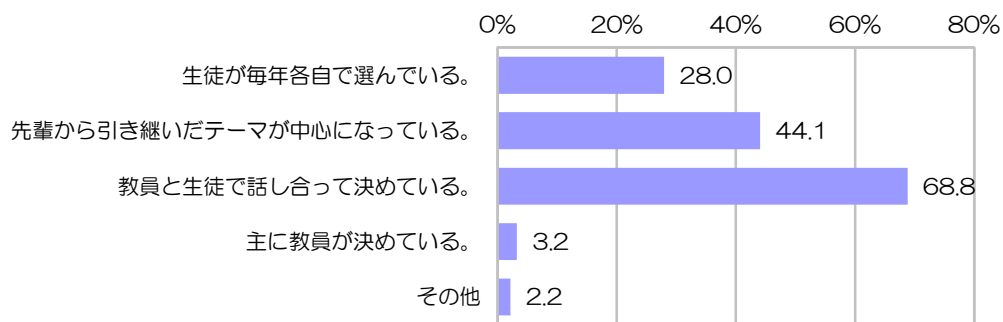
(図4)

(2) 研究テーマと研究指導について

① 部活動での研究テーマの決定 (図5)

高校生の研究指導では、個人研究・グループ研究・部全体での研究などいろいろな場合があるが、どのようなテーマで研究をするかを定めることはなかなか難しい。

研究テーマの決定では、「教員との話し合いで決める」例が一番多く、各指導教員が研究テーマ設定の段階から苦労している様子が見える。参考資料や本を与え、できるだけ生徒自身に考えさせ、研究テーマを決めさせるのは教員の忍耐と指導力が必要である。高校生の課題設定能力育成のためには、各個人が自分で考え研究テーマを決定することが望ましい。「生徒が毎年各自で選んでいる」が増加することが望ましいが、部活動の指導では研究テーマをなかなか決定できない生徒も多い。先輩の研究を引き継ぐ、教員と話し合うなどが多くなると思われる。しかし、研究テーマの決定にあたっては、教員側がリードしすぎると高校生の課題設定能力は育成されない。いろいろな示唆を与えながら、高校生自身に決めさせることが望ましい。「教員との話し合いで決める」と回答した先生方は、忍耐と指導力を発揮している先生方が多いと思われる。



(図5)

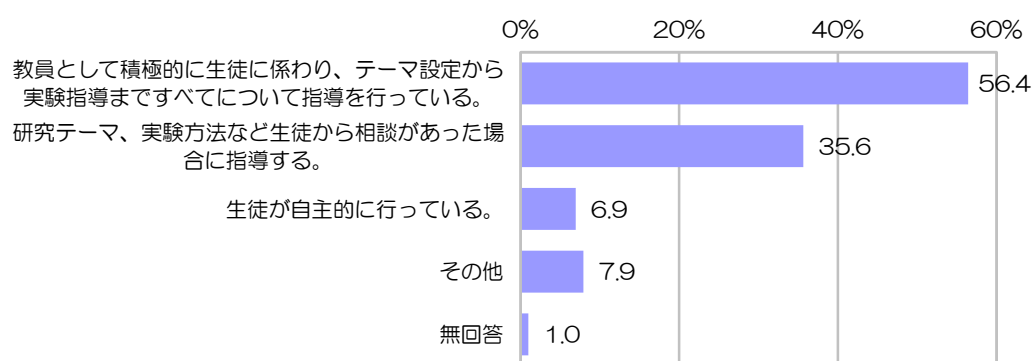
また、部活動がない高校における研究テーマ決定は次のように行われている。

- 生徒が発見した現象の研究を応募させた。
 - 自然探究コースの課題研究の中から、優秀な研究班を応募させている。
 - 課題研究のテーマとして。
 - 総合的な学習の時間で研究した論文。
 - 教員と生徒で話し合って決めたテーマ。
 - 長年先輩から引き継いだ研究。
 - 他校生徒との協同研究。
 - 農業クラブプロジェクト研究の一環。
 - 農業クラブのプロジェクト活動の成果を応募。
 - 農業高校の科目「課題研究」で、生徒と話し合って決めたテーマを研究し応募した。
- 2～3年生全員が2年間研究しており、グループは30ぐらいもある。活動は週4時間である。

② 生徒の研究指導（図6）

図5と同様にすべてについて積極的に高校生に対して指導を行っている教員が多い。全日本学生科学賞を受賞している高等学校では、このように積極的に指導している教員が多い。これによって、高校生の研究意欲や能力が高まっている面もある。しかし、過度に係わると、すべて教員指導になり、高校生は自発的に考えようとしなくなり、生徒自身の研究能力は高まらない。

その他の記述にもあるように、生徒によって対応を変えるなど、放任にならないように、また薬品や実験の安全指導など必要な所ではきちんと指導するなどが必要である。指導している教員が苦勞している様子が見て取れる。



(図6)

[その他]

- 基本は「相談があった場合の指導」だが、「積極的に関わる場合」もある。完全な放任ではない。
- 生徒の学年、特性等によって、「積極的に関わる」か「相談があった場合に指導する」を決めている。
- 研究テーマを多数紹介し、参考にさせながら、独自テーマを考えさせている。
- 遺伝子解析や野外実習は教師の指導が必要であり、薬品安全の面についても指導している。
- テーマ設定は生徒主体だが、指導は積極的に行っている
- SPPや科学部振興事業等、外部専門家からメールやTELで指導を受けることもある。
- 学生科学賞の研究は「相談があった場合に指導」しているが、他の研究については「積極的に係わる」こともある。
- 課題研究の班として対応している。

③ 生徒の研究論文指導（図7）

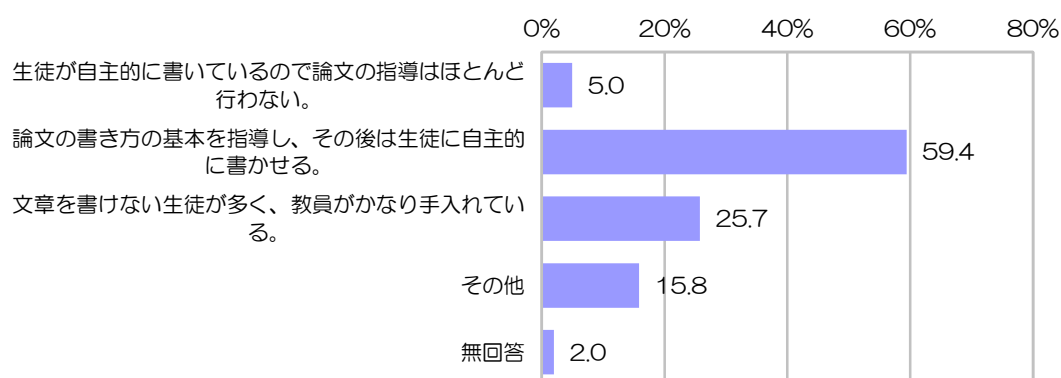
多くの教員が研究論文の指導を行っており、指導しない教員はほとんどいない。基本を指導したあと、「高校生に自主的に書かせている」例が一番多い。しかし、文章を書けない生徒が多く、教員がかなり手を入れなければならない実態も見える。

しかし、教員が生徒の論文にあまり手を入れすぎると、生徒は文章や内容を考えなくなり、生徒の研究論文の文章力の向上にはつながらない。また、基本を指導したままほとんど添削指導を行わなければ、また文章力は向上しない。

学生科学賞の研究論文を見ると、自主的に書かせているが論文の体裁をなしていない

もの、研究指導を含めて教員が手を入れすぎて、高校生本人が考えて書いていると思えないものも少数であるが散見される。

その他にあるように、生徒と教員が何度もやりとりする添削指導が望まれる。教員の指導はかなり大変であるが、生徒の特性を見ながら教員が添削指導していくことが重要である。これによって、生徒個人の文章力・研究論文の内容の質の向上が図ることができると思われる。



(図7)

[その他]

- 「自主的に書かせた」後に教員が指導する。
- 入選以上の生徒とは「自主的に書かせた」後、何度も往復（やりとり）している（教員がかなり手を入れるということではない）。入選しない生徒はほとんど「自主的に書かせて」終了している。
- 「自主的に書かせる」ことを基本としているが、現実には「教員がかなり手入れている」に近い。
- 添削を繰り返す。
- 生徒によっては、結果的にかなり手を入れることになる場合もある。
- 生徒によって異なる対応をする。
- 2年間かけて、段階的に指導する。仕上げには教員の指導が必要。
- 「自主的に書かせている」に近いが、何度もやりとりをしている。
- 他校生徒と共に指導している。
- 担当教諭があり、個別に指導している。
- 校正を100回以上繰り返している。

(3) 研究を行った高校生の進路

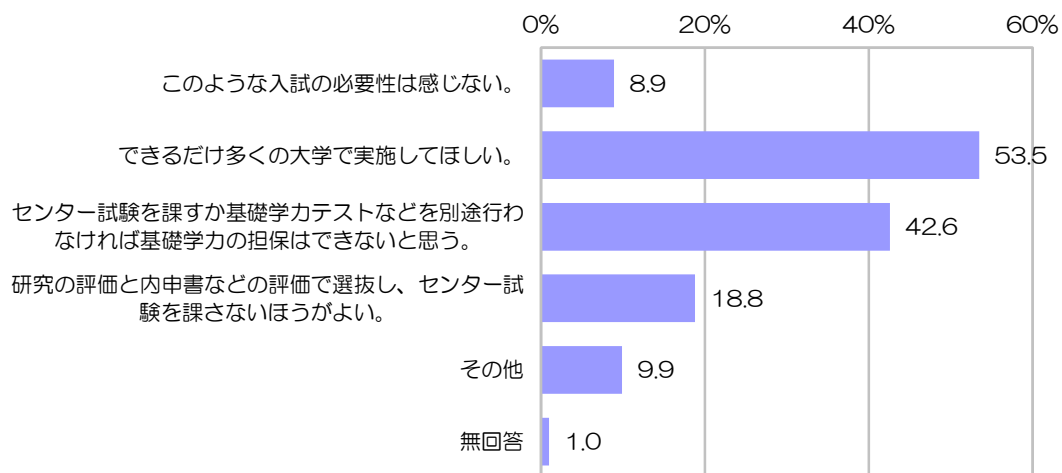
学生科学賞は理系の研究論文であるので、この論文を書いた高校生の76%が理系に進学したか理系志望である。また、課題学習などとして論文を書かせている高校などもあるので、18%の高校生は論文を書いたことと進路選択とは関係がない。

進路希望が多い学部は、理学部、工学部、農学部などである。

(4) 理科の研究と大学入試 (図8)

全日本学生科学賞など、高等学校で行った高校生の研究を評価するような大学入試 (AO入試など) は、国立大学では理系の一部の大学・学部でしか実施されていない。また、私立大学を中心に、高校生の基礎学力をほとんど確認しないようなAO入試が増加し、大学側では新入生の基礎学力の低下、高校側では受験意欲や学習意欲の低下が問題になっている。

これらを踏まえて、研究を評価するような入試の必要性や大学入試センター試験を課すことの是非などについての意見のアンケートを行った。



(図8)

全日本学生科学賞の受賞校に対する調査であることもあり、研究を評価するような入試の実施希望は多い (53.5%)。

また、研究のみの評価では、基礎学力の担保はできないこと、基礎学力担保の方策としては大学入試センター試験を導入した方がよいという意見も多い。

大学入試センター試験を課さない方がよいという意見の高校は工業・農業などの専門高校の教員の意見が比較的多い。

その他の意見にあるように、受賞したことを評価する前に、大学としてどのような学生を採りたいかを明確にすべきというのは当然の意見と思われる。

また、配点は小さくても、研究を評価し入試得点に加えるなどは、このようなことが高校での実験・研究を促すことにつながるかどうか検討する必要がある。

[その他]

- 大学入試が有利になるために、研究をやっているわけではないと思う。
- 大学がどんな学生を採りたいかを、明確に示すべきである。ただ受賞していればよいではダメだと思う。
- 配点は小さくてもかまわないので、基準を明確にし、センター試験の得点と合計して得点としてほしい。
- 国公立大主催の論文コンクール等を増やし、その結果を推薦入試等に使ってほしい。
- 研究の評価、調査書、面接などで選抜し、センター試験を課さない方がよい。
- 専門高校としては、専門性の問題意識やそれを解決しようとした取り組み実践を問う形での入試システムがありがたい。

(5) 理科の実験と大学入試 (図9)

理系の大学では実験や実習は必履修科目であり、高校での実験経験も大切である。大学入試における実験の導入については、受賞校であり、実験指導や授業での実験などを比較的多く行っている教員に対するアンケートになっていることもあり、AO入試などで実験を導入した入試に対して肯定的な意見の教員が多い。

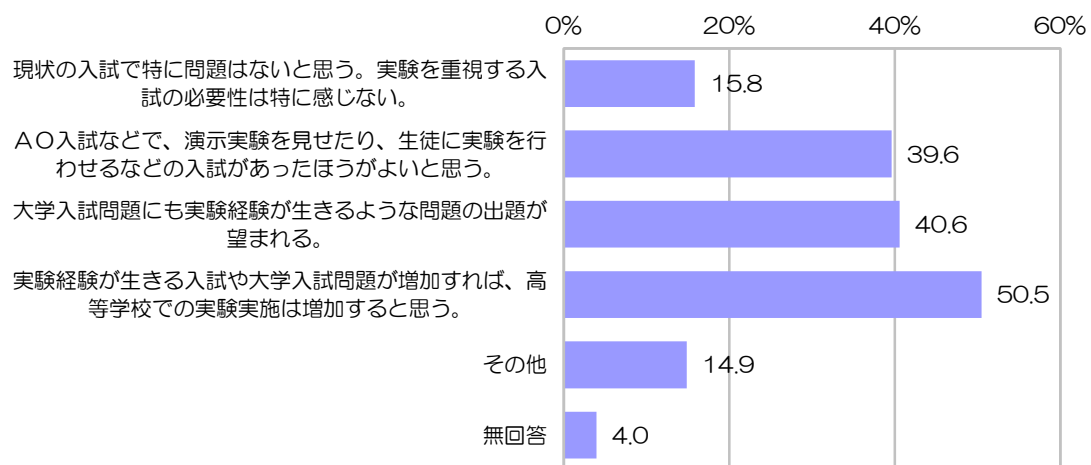
一方、高校の理科の現状の入試が必ずしも良いとは思っていないが、現状で実験を増やせない状況もあり、現状の入試でよいという意見もある。

大学入試問題にも実験経験が生きるような問題の出題を増やすことには賛成意見が多い。また、このような大学入試問題や実験経験が生きる大学入試が実施されれば、高等学校での実験実施が増加するという意見が多い。

各大学の入試問題でも、大学で検証実験を行って、実験に関する問題を出題している大学もあり、各大学の出題者の苦勞が見える問題もある。しかし、毎年このような問題を出題することも現実的には難しく、また実験経験が生きる問題の出題も容易ではない。

その他の意見にあるように、理系の大学で行われている推薦入試やAO入試の提出書類に高校での実験経験を書かせる項目を入れる、面接で実験経験の有無・経験した実験の内容などを質問するなどを行うだけでも、高校側に「理系の大学では高校での実験経験を重要視している」ことのメッセージは伝わる。すべての理系の大学が連携してこのような活動を行えば、高校での実験の機会を増やす意味では効果があるものと思われる。

また、生徒の行った研究や論文を評価し表彰するような活動をする大学も見受けられるようになってきた。多くの理系の大学でも、積極的に高校生の行った研究を評価する機会を増やし、その評価を大学入試に生かすことも高校生の理科の研究・論文作成の意欲を高める一助になるとと思われる。



(図9)

[その他]

- 全ての理系の学部で、面接、小論文、作文などの時に、生徒実験の経験の有無をきいてくれるだけでも、「実験より問題演習」という意識が「実験も必要」と変わってくると思う。(実験を導入した入試や実験経験が生きる入試問題の出題ができれば理想的だが、すぐの実施は難しいと思うので、現存の体制で高校も大学も負担が少ない方法から、とり入れてやっていく必要があると思う)。
- 大学入試で知識を丸暗記する、問題演習を繰り返すなどのことに時間を費やすことが多い。長期の研究を体験した生徒はもっと有利な条件で入学できると良い(大学が生徒の行った研究や論文を評価する機会を増やすとよい)。
- 単に経験を問うのではなく、その活動の中で生徒が何に興味関心を抱き、どう問題解決したか、大学ではどのような研究を望むのかを問う形が望ましいと思う。
- 実験を伴う入試では、室内実験だけでなく、フィールドワークに関する実習試験があると良い。また、ペーパーテストではなく、思考力、判断力、コミュニケーション力を問う試験内容であると良い。
- 研究論文を書くことで、理科に限らず論文作成の練習になる。
- 入試に関係なく理科の実験等ができる十分な時間と環境が必要。
- 初等教育からのトータルな理科教育のプランニングが必要。
- 実験経験が生きるような大学入試問題が理想だと思うが、現状(カリキュラム、単位数等々)を考えると残念だが実験を重視する入試に賛成できない。
- 現状の入試でも、実験考察や実験方法に関する出題もあるので問題ないと思う。
- 高校では、単なる確認実験でなく探究実験を指導すべきだが現実はそのようでない。
- 現状でも実験・実習は多く行っており、入試が実験重視になると、高校現場は混乱するのではないかと。
- 学習指導要領と大学入試制度の温度差が問題。学力をつけるための時数確保のために実験はしわ寄せになっている。一方、理論だけでは科学と言えない。両者を満足させるためのシステムを作る努力がなされているか疑問である。
- 実験は大切なのは理解出来るが、時間の制約がある。そのような入試になれば中高一貫校の方が有利になる。

(6) まとめ

受賞校での研究や研究論文の指導の状況を見ると、受賞した生徒個人やグループ研究などでもリーダーを務めていた生徒は、理系の大学での研究に必要な課題設定能力や研究論文を作成する能力などは高いと思われる。このような素養は理系の大学としては大事なものであり、一般入学試験では確認できないものである。大学入試を考えて理科の研究を行っているわけではないが、一般入試とは違う素養を評価したものととして、大学入学での重要な資料として活用が図られてよい。ただし、このような研究の評価は重要な要素ではあるが、基礎学力などは別に確認する必要はある。

また、高校生の研究でも大学レベルの内容に踏み込んだ研究もある。現状では、高校生が研究面で大学教員や大学施設を使用するなどの活動は、一部の大学や高校教員と大学教員の個人的な連携で行われている場合はある。しかし、高校生の研究などに対する高校と大学の組織的な連携はあまりできていない。SSH校ではなく、一般の高校での生徒の研究に対しても、大学がそれらの研究をサポートできるような組織的な高大連携活動も理科学研究の振興のためには重要である。