

教員養成における理科教育カリキュラムの検討

—— 試行講義「科学セミナー」の実践に基づいて ——

照井 啓介*・梶原 昌五*・菊地 洋一*・重松 公司*・

武井 隆明*・土谷 信高*・村上 祐*

(2000年6月23日受理)

要 旨

「科学セミナー」は、学生が理科の4分野、すなわち物理学・化学・生物学・地学の関連を認識し、知識体系を構築できるようになることを目的とした講義である。理科教育講座の教員を中心に複数の教員が協力して、学生が高校で学習しなかった理科の科目にもなじむことができるように4分野を関連させながら、1999年度も合わせて計8年間試行錯誤的に取り組んできた。本講義を受講した学生を対象に行ってきたアンケート調査によって、理科所属学生は、授業に実験や観察を多く取り入れることや、分かり易い授業の聴講を希望していることが明らかになった。また、学生の「興味」の内容が多様であることも分かった。自然科学の4分野にまたがる知識体系を構築するための教育と、学生の学習意欲に応えるに足る「興味」ある内容の教育をどのようにすれば両立させて実現できるのか、教員養成を前提とした新カリキュラムの時間的制約の中での具体策を検討した。

緒 言

1. 講義「科学セミナー」の来歴

高校で履修した科目や大学入試で選択した科目が、大学での科目選択に大きな影響を及ぼしている。学生は、高校での選択科目と同じ科目を大学でも選択する傾向が強い。自然科学の科目の場合、例えば高校で物理を学習しなかった学生は、理科所属学生でも物理に対して苦手意識がかなり強く、最低限の単位修得で済まそうとする傾向が見受けられる。従って、卒業後、教員として全ての自然科学分野を教えるとき、物理学方面の教材研究等において、大きな偏りを生ずることが懸念される。また、今後、「総合的学習」で自然現象を含む複合事象を扱うときには、理科内の科目についていえば、4分野、即ち物理学・化学・生物学・地学の関連を踏まえることが現在より重要になるであろう。

自然科学の授業には、分野が異なっても内容的に密接に関連していることが数多くある。しかし、これまで教員がその関連に言及しても、学生はほとんど注意を払わないように思われた。

* 岩手大学教育学部

また、中学校で学習した理科の基礎的知識でも、高校で選択しなかった分野の知識は、大学生になると薄れるか、ほとんどなくなっているという指摘がある(重松・駒林, 1994)。このような状況は、学生の学習成果が日常生活や将来の教職現場で有効に活用されにくいことにつながると考え、自然科学の諸分野の関連を強調した講義を新たに開講した。「科学セミナー」はこの講義の名称である(照井ら, 1993)。

2. 本稿の目的

2000年度から実施される新教育職員免許法により、教員養成課程は2000年度入学者から新しいカリキュラムで教育を行うことになり、すでに始まっている。さらに、岩手大学では教養課程が廃止され、同時に、教育学部の新課程(いわゆるゼロ免課程)が併設されることになった。これらの変革に合わせて理科でもカリキュラムを大幅に変更した。このため「科学セミナー」の継続は困難と判断し、1999年度を最後に中止することにした。本稿は、1999年度のアンケート調査の結果を中心に、これまで8年間の「科学セミナー」の試行を総括し、今後の教育に生かすことのできる要素を抽出することを目的とする。

講義とその評価の方法

1. 「科学セミナー」のカリキュラム上の位置づけ

「科学セミナー」は、試みの講義であるゆえ免許法上の科目とせず、専門教育科目中の自由選択科目とした。おもに教育学部理科に所属しあるいは所属を希望する学生(1~4年次)を対象としたが、他科学生の履修も歓迎した。講義時間は、後期水曜日の16:30から18:00までで、「科学セミナー」以外の授業がない時間帯に設定した。

2. 講義テーマの設定と担当教員の決定

毎年後期に開講される「科学セミナー」のテーマは、その年の前期に理科の教員有志が協議して決めてきた。初めに、できるだけ身近で、しかも物理学・化学・生物学・地学の4分野に多少なりともまたがるテーマを候補に挙げ、その中から、学生が関心を持つと思われるテーマ(資料1)を選んだ。ついで、12~13回の講義の具体的な内容を検討し、担当する教員とともに決定した。また、講義の順序は、講義内容の関連性を考慮して決めた。

本講義は理科の専門科目であるので、著者ら理科教育講座に所属する教員がおもに担当してきたが、講義内容が著者らの専門からかけ離れた分野については学部内の他講座(家政科・技術科・社会科・美術科)や他学部(農学部・工学部・人文社会科学部)あるいは保健管理センターの教員にも担当していただいた。

3. 講義の方法—準備と講義時間中の留意点

学生の意見を反映させるなどの方法で、数次に渡り改善に努めてきた結果、次のような事項を本講義の慣例として数年来実行してきた。

- ① 初回の講義で、その年のテーマを提案した教員が趣旨の説明をする。さらに、全ての担当教員はできるだけ出席し、個々の講義の概要を説明し、講義の流れと概略を、学生につかんでもらうようにした。
- ② 担当教員は互いに聴講できる。特に、自分が担当する講義と関連が深い場合はできるだけ聴講する。また、学生と同様に質問できる。
- ③ 毎回、講義内容を詳しく書いた講義資料(A4サイズに統一)を準備する。これは学生が

ノートをとる手間をはぶき、教員の話に集中できることを目的としている。それぞれの講義の1週間前に、学生と全ての担当教員に講義資料を配布した。

- ④ 声の小さい教員は、マイクロフォンを使用する。
- ⑤ 配布した講義資料やその他の資料をOHPで投影し、それを指し示して説明する。
- ⑥ 板書するときは、できる限り大きな文字を書く。
- ⑦ 質問がないかどうか、ときどき学生に確かめる。学生から質問が無い時、逆に教員が学生に質問するよう努める。
- ⑧ 出欠は調べない。

担当教員にとって、③の講義資料の作成は時間のかかる作業である。また、事前に配布するという点を振り返ると、ここ4年ほどの間の実行の程度は、80%ほどであると自己評価した。なお、学生が教室で質問する機会を失っている可能性に配慮して、講義終了後に学生から質問・疑問を提出させ、教員がそれに答えた冊子『科学セミナーQ&A』（本稿には示していない）を作成したこともある。この試みは学生からかなりの好評を得たが、回答作成が大きな負担となり継続はできなかった。

4. 学生に対する開講通知

毎年、講義内容の紹介を含む開講通知（資料2）を準備して、履修を勧誘した。後期が始まる1~2週間前に、数カ所の学生用掲示板に掲示したほか、学生が自由に持ち帰ることができるように学務係室の前に置いた。1999年度理科所属学生のうち受講した者は総数のほぼ半分であった（表1）。

5. 期末試験の方法

高校までの試験は、教科書・ノート・参考書を持ち込んではいけないのが普通である。大学においても、持ち込み禁止の試験が多いと思われる。しかし、学問は暗記物ではないはずである。資料を見て正しい解答を書けるようにするのも、試験の方法である。「科学セミナー」では、学生が必要と判断した全ての資料の使用を許可することとし、事前に知らせた。1999年度の場合、担当教員数が多いので各人が一題出題（資料3）し、4問を選択解答させた。複数の教員の講義内容にかかわる問題はほとんど出題しなかった。

6. アンケート調査とその方法

表1 出席と期末試験の状況

学 年	申告者数	理科所属 学生内数	理科所属 学生総数	期 末 試 験 受 験 者 数 (アンケート回答者数)	受 験 者 の 講 義 12 回 中 の 平 均 出 席 回 数 **
1	28	9*+α	9+α	28	8.4
2	16	14	25	14	7.3
3	11	11	28	8	8.8
4	13	13	29	6	8.8
合 計	68	47+α	91+α	56	8.2

* 中学校理科所属学生数。1年次の小学校教員養成課程学生の所属科は、後期授業申告の時点で未定である。αは小学校教員養成課程学生の理科所属見込み数と他科の学生数を含む。

** アンケート回答者の平均。

[注] 年次不詳の学生1名のアンケート調査内容は示していない。

今回の講義が当初の目的をどの程度達成できたかを調べるためにアンケート調査を行った。以前の調査結果（照井ら，1993，1994）と比較できるように，できるだけ同じ質問を設けた。期末試験時にアンケート用紙を配布し，アンケートに回答するために試験時間を20分延長した。アンケートは無記名としたが，学年別の傾向を知るために，年次を記入させた。アンケートの質問内容は回答と共に次の結果の項に記す。

結 果

I 1999年度受講学生の試験結果及びアンケート調査結果

1. 出席状況（【質問1】）

初年度（1992年度）は出欠を確認したが，2年目以降は方針を変更して，出欠を確認しないことにした。学生には講義予定表を配布してあり，聴きたいときだけ出席することもできた。出席者が少ない講義時には申告者のほぼ半数のみの講義もあったが，学生の回答によると平均して7割近く出席していたことになる（表1）。

2. 期末試験の成績

試験問題（資料3）のほとんどは，講義での説明を理解していれば，講義資料やノートを設問の趣旨に沿ってまとめるとほぼ満点となるように出題されている。得点分布（図1）は正規分布に近く，この限りでは，問題数と出題方法は妥当であると考えられる。しかし，資料参照を許可した試験であるにもかかわらずピークは56-60点であり，予想より低かった。その原因は，解答の多くが講義資料を部分的に書き写してはあるが，解答として適正に「まとめる」までに

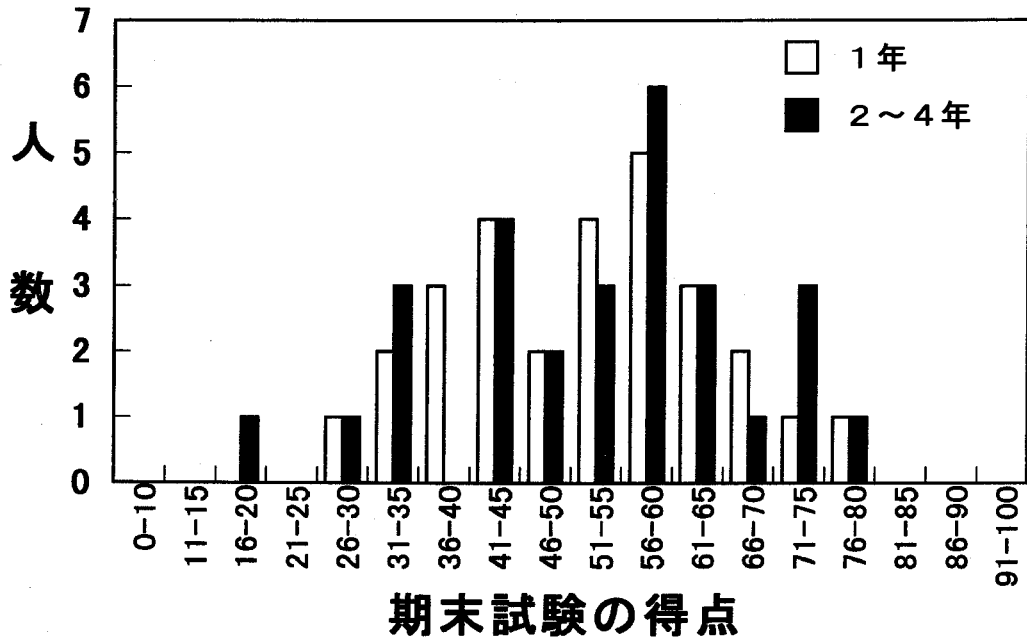


図1 1999年度「科学セミナー」の期末試験の得点分布。1年次の学生数が多かった。1年次学生との比較のため，2～4年次学生はひとまとめにした。

は至っていないことである。1年次学生は難しいと感じながらも(後述の記述回答参照)出席し(表1),成績も他の学年に比べて遜色ない(図1)ことは、注目に値する。

3. 講義の評価と学習状況—学生による5段階評価

アンケートの前半には5段階で評価する質問を,後半にはおもに記述回答する質問を設けた。

3-A 講義の聴き方と学習態度について(図2)

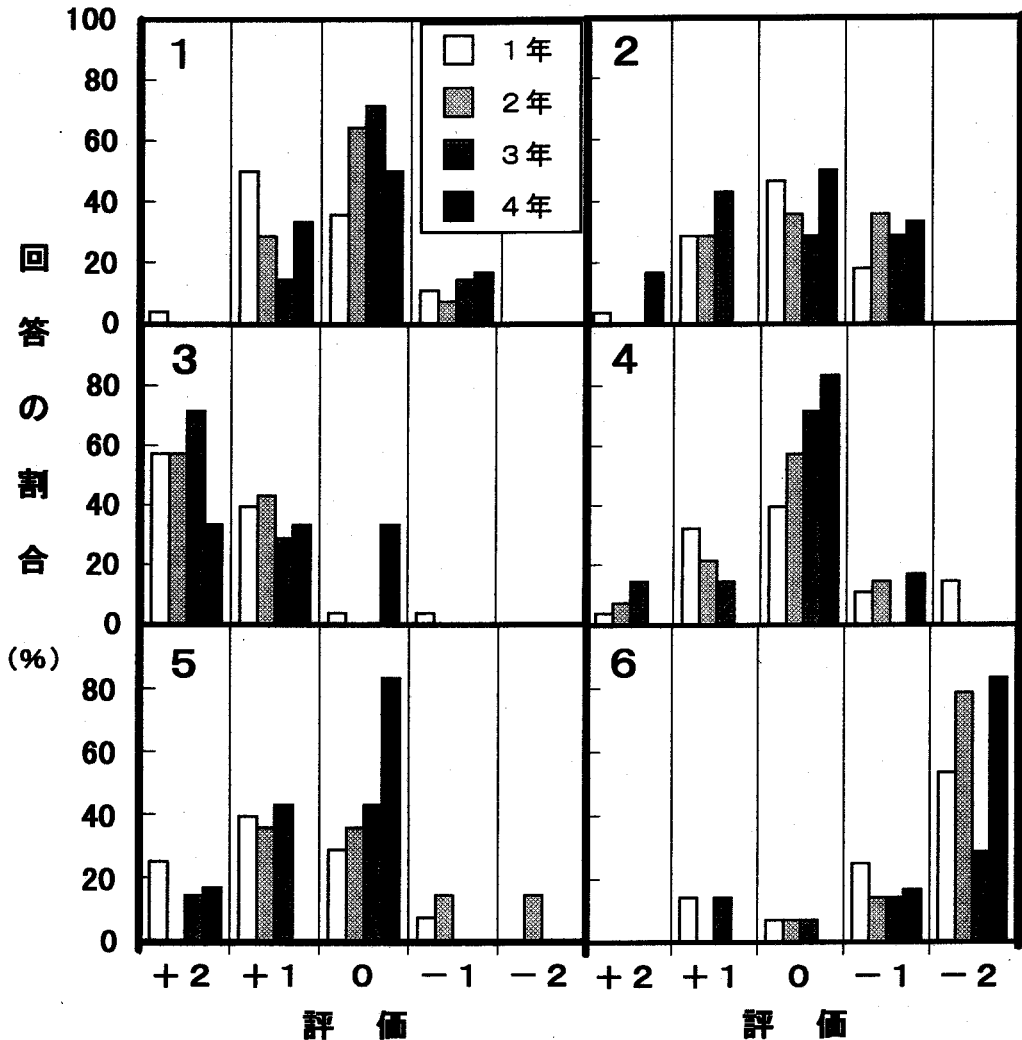


図2 講義の聴き方と学習態度について。横軸には、学生による5段階評価のレベルを示す。

- 1:「講義は、あなたの期待した内容を含んでいましたか」に対する回答。
- 2:「講義を聴いていて、何か関連する疑問が生まれましたか」に対する回答。
- 3:「初めて知った考え方がありましたか」に対する回答。
- 4:「自分は熱心に講義を聴いたと思いますか」に対する回答。
- 5:「講義中、学生の質問に対して、担当教員が的確に回答しましたか」に対する回答。
- 6:「講義の後で、参考書や専門の辞典を調べて用語の意味などを確認しましたか」に対する回答。詳細は本文参照。

(1) 【質問2】「講義は、あなたの期待した内容を含んでいましたか」に対する回答を図2-1に示した。開講通知(資料2)には講義の目次を記し、また、第1回目の講義では概要を説明したので、学生は講義に先だつてある程度内容を予測できたはずである。そこで、その予測と実際の講義内容が一致していたかどうかを尋ねた。アンケートの結果は、講義内容が学生が期待したことにほぼ対応していたかそれ以上であったことを示しており、特に、1年次学生にとっては、予想を越えた内容であったようである。

(2) 【質問3】「講義を聴いていて、何か関連する疑問が生じましたか」に対する回答を図2-2に示した。何らかの疑問を持つ学生が少なくないことを示している。

(3) 【質問4】「初めて知った考え方がありましたか」に対する回答の状況を図2-3に示した。多くの学生が、初めて知った考え方があったと感じていることを示している。この傾向はどの学年でも同様であり、この点でこの講義は意味があったといえる。

(4) 【質問5】「自分は熱心に講義を聴いたと思いますか」に対する回答を図2-4に示した。1年次学生が、特に熱心に聴講したことがわかる。

(5) 【質問6】「講義中、学生の質問に対して、担当教員が的確に回答しましたか」に対する回答を図2-5に示した。学生の質問に対する教員の答が概ね的確であったことを示している。後述の【質問9】の回答にも記されているように、学生は、初めての考え方(図2-3)や、なじみの薄い専門用語を、講義中に少なからず聞かされた。

(6) 【質問7】「講義の後で、参考書や専門の辞典を調べて用語の意味などを確認しましたか」に対する回答として図2-6に示されているように、ほとんどの学生は自ら積極的に勉強しなかったようである。

3-B 多くの教員が講義を分担することについて

講義は一般に一人の教員が担当するが、本講義はほぼ毎回異なった教員が担当してきた。これに関する質問の回答も、上述の場合と同様に5段階評価である。それぞれの質問と回答の要点を記す。図3-1は、【質問8-1】「ある担当教員の講義内容が、別の担当教員の講義と関連することが分かりましたか」に対する回答である。関連に気づいた学生数が、そうとは思わなかった学生数をうわまわっていることがわかる。図3-2は、【質問8-2】「複数の担当教員がいろいろな表現で話すことで、内容の理解に役立ちましたか」に対する回答の状況である。ある程度役だった様子が窺われる。図3-3は、【質問8-3】「講義に臨む自分の姿勢は、理科の他の講義より積極的でしたか。」に対する回答である。他の講義とあまり変わらないか、むしろ消極的であった傾向が窺われる。図3-4は、【質問8-4】「この講義中の学習意欲は、理科の他の講義に比べて、高かったですか」に対する回答の状況である。ごく普通であったことを示している。

4. 講義に関する意見—記述式回答

4-A 【質問9-1】『科学セミナー』でよかった点は何ですか」に対する回答

回答者は56名中42名であった。

(1) 講義の方法について

- ① いろいろな科の教員が講義し、いろいろな分野の話を聴いて視野が広がった。(9名)
- ② 演示実験(宮沢賢治のケミカルガーデン)・実物の観察(岩石など)・スライドや写真の視聴や、研究にまつわる体験談などがあったので、詳しくわかって興味がわき、よく理解できた。(9名)
- ③ 講義内容をプリントにして毎回配布したので、ノートをとる手間が省け、また、教員の

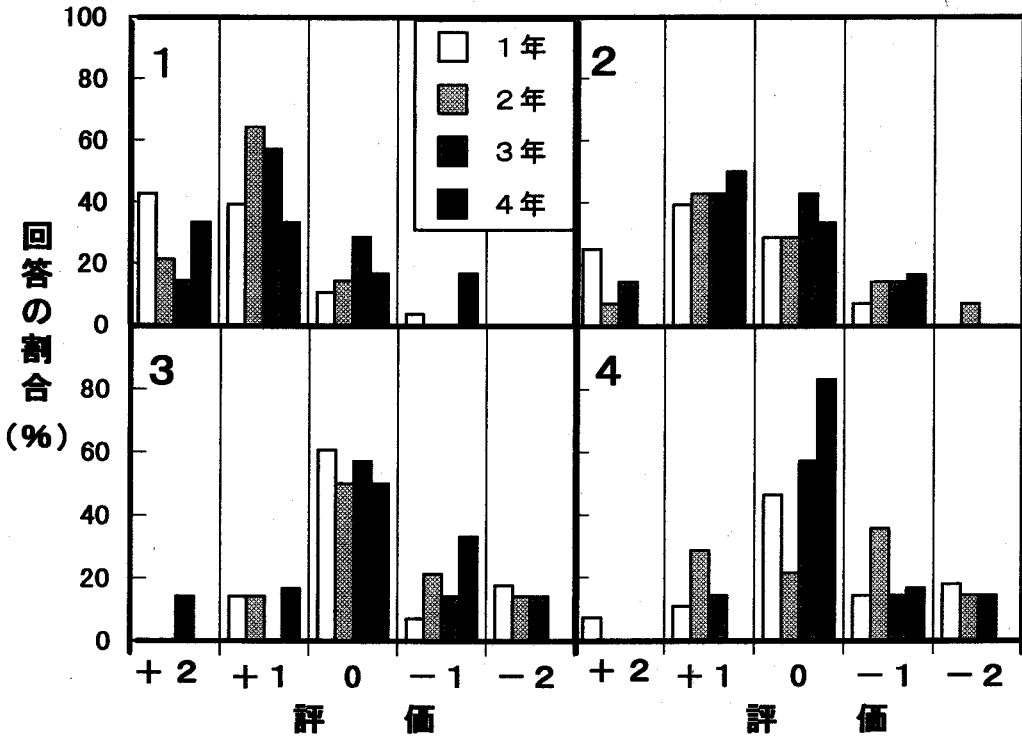


図3 多くの担当教員が分担して講義することについての感想。

- 1:「ある担当教員の講義内容が、別の担当教員の講義と関連することが分かりましたか」に対する回答。
- 2:「複数の教員がいろいろな表現で話すことで、内容の理解に役立ちましたか」に対する回答。
- 3:「講義に臨む自分の姿勢は、理科の他の講義より積極的でしたか。」に対する回答。
- 4:「この講義中の学習意欲は、理科の他の講義に比べて、高かったですか」に対する回答。詳細は本文参照。

熱意が伝わった。(1名)

- ④ OHPを併用して講義資料を説明したので、どこをやっているのか分かり易く、拡大投影したので見やすかった。(2名)
- ⑤ 日常生活に関係しているものを例にあげて話し、「何について話しているのか」がはっきりしていた。(2名)
- ⑥ 全体の講義を通して、各分野がそれぞれ孤立しているのではなく、少しずつではあるが関連しているのだということが分かり、今後の調べ方等に役立てられる。(1名)
- ⑦ ある教員の講義では、前もって配布された講義資料の第1ページに、宿題と称してクイズ(?)があった。それだけで学生の気分は変わってくる。教員はユーモア精神とサービス精神を忘れてはならない。(1名)
- (2) 講義の内容について
 - ① 今回のテーマは「炭素とケイ素」であったが、普段の講義では学んでいない内容がたくさんあってよかった。(9名)
 - ② いろいろなことが学べ、初めての分野(地学や化学など)にふれられた。(2名)

(3) 講義のレベルについて

- ① 専門的な講義が聴けて良かったが、講義内容が専門的すぎて分からないことがあった。「ケミカルガーデン」がきれいだった。(1名; 理科以外に所属する学生)
- ② 理科の他の講義に比べると、全体的にすごく分かりやすく、理科以外の学生でも分かると思えた。(1名)

(4) 他の講義との関連について

- ① 最近、他の授業で習ったことがよくでてきたので、復習しているようで内容がよくつかめた。(2名)

4-B 【質問9-2】「それぞれの教員の講義レベルをどう思いましたか」に対する回答

それぞれの教員の講義について、「レベルが高すぎる」「少し高い」「ちょうどよい」「少し低い」「低すぎる」の5段階で評価を求めた。どの学年でも、講義のレベルは「ちょうどよい」がほとんど全てを占め、レベルが低いとする評価はなかった(データは示していない)。物理学やそれに関連の深い分野の講義では、学生の興味を引き出すことを主目的としたが、レベルが高いと感ずる学生が他の分野の講義より多いことが分かった。

4-C 【質問9-3】「どの担当教員のどんな点が良くなかったか、理由も添えて下さい」に対する回答。

回答者は56名中15名であった。ある教員の講義レベルが高すぎることを指摘する意見が15件中7件を占め(考察を参照のこと)、他の教員については、次のような意見がそれぞれ0~2件であった。「資料を簡潔にしてほしい」、「文章が分かりにくかった」、「声が小さかった」、「程度が高すぎた」。

4-D 【質問9-4】「『科学セミナー』に対する要望」として次のような回答があった。

回答者数は、56名中34名であった。一人で複数の意見を述べた回答もあった。

(1) テーマの決め方

- ① テーマは、学生に募集して決めると興味をひくと思う。(1名)

(2) 講義方法

- ① 開講する時間帯が遅い、後期に開講するため遅くなると教室が寒い、教員の声が小さいことがある、という意見は複数見られたが、これら以外は一件ずつであり、なかには、「講義の方法」の項で前述した講義形態に賛成できないと解される意見もあった。

(3) 講義のレベル

分かり易い講義、とりわけ、高校で履修しなかった分野でも、理解できるようにしたいというのが教員側の基本的な姿勢であったが、学生からは、「レベルが高い」「専門用語が多い」などの意見が数多く出された。

II 今後の理科の授業に対する要望

【質問10】「理科ではどのような講義をしたらよいと思いますか、どんなことでもいいですからできるだけ具体的に書いて下さい。できれば、そのように希望する理由も書いて下さい。」に対する回答。回答者は56名中31名であった。

1. 分かりやすい授業—教材と教具・実物教育など

「いろいろな実物を目で見て確かめたい」(6名)、「実験(演示実験を含む)を取り入れてほしい」(3名)、「もっと身近な現象・実生活にそくしたものを取り上げてほしい」(6名)、「講義内

容と、実験の内容を関連づけると理解が深まる」(1名)、「歴史(科学史)的な要素もとり入れると、面白くなる」(1名)。「最近の話題、環境問題など地球上で起きている様々な問題を取り上げてほしい」(3名)。

2. 講義のレベル

「高校でどれだけのことをやってきてるかを、ちゃんと調べた上で講義をしてほしい」、「高校レベルの基礎を教える授業も必要」、「例えば、関数を知らない学生にいきなり微分を持ち出しでも分からないことなどに配慮し、もっと基本的なことから教えて欲しい」という意見がそれぞれ1件ずつあった。

3. 視聴覚教材

この方面に関する意見は3件のみであった。この講義では、資料をプリントして配布し、しかもOHPで投影して説明したので、不満が少なかったからであろう。

4. 教員として将来役立つ内容

「将来、教育者として役に立つもの」、「将来、総合的な学習の時間に応用できるような内容の講義」、「教育に関連した内容もほしいが、深く入った内容の講義もほしい」という意見がそれぞれ1件ずつあった。

5. その他

「学生が自分でテーマを決め、自分で研究し、資料を作り、学生が講義を開き、それについて先生方が直したり、補足したりする講義がよい」、「自分の学習したい分野はもっと別のものだ」、「現状のままでよい」という意見がそれぞれ1件ずつあった。

Ⅲ 8年間の受講状況と学生の意見の推移

1. 受講状況の推移

「科学セミナー」の8年間における申告者数(図4)は60~110名ほどの範囲で大きく変動してきたこと、途中で放棄する学生(期末試験を受けない学生)が暫増傾向にあったこと、他科の学生は少数ながら毎年履修していたことなどが分かる。また、出欠を確認しない自由選択科目であることを考えると、かなりの数の学生が履修したといえる。

期末試験を受験した4年次学生の数が少ない傾向は毎年同様であった。これは、期末試験が卒業研究のまとめの時期に重なり、また、卒業に要する選択科目の単位数がほぼ満たされているので試験を放棄した結果である。他の学年の履修放棄の状況は、実施年によって異なるが、その原因は不明である。

2. 学生の意見の推移

アンケート中の質問はほとんど全て、1992年の初回、1993年の二回目の「科学セミナー」で実施したものと同じであり、それに対する学生の回答もほとんど同じであった。1992年、1993年には今回の調査に比べ「科学セミナー」の講義形態を歓迎する意見が多く見受けられた。しかし、それは、「科学セミナー」開設当初は多くの学生にとって初めて接する珍しいものに対して関心を示した結果であり、今回は1年次を除く学生にとっては、多少変わったものではあっても、もはや珍しいものではなく、「前からあったもの」なのである。このように考えると、学生の意見がほとんど変わっていないと見るのが妥当であろう。

次に、「科学セミナー」に関する記述式の回答の中から、数多く見られた意見を上位第3位まで列挙する。

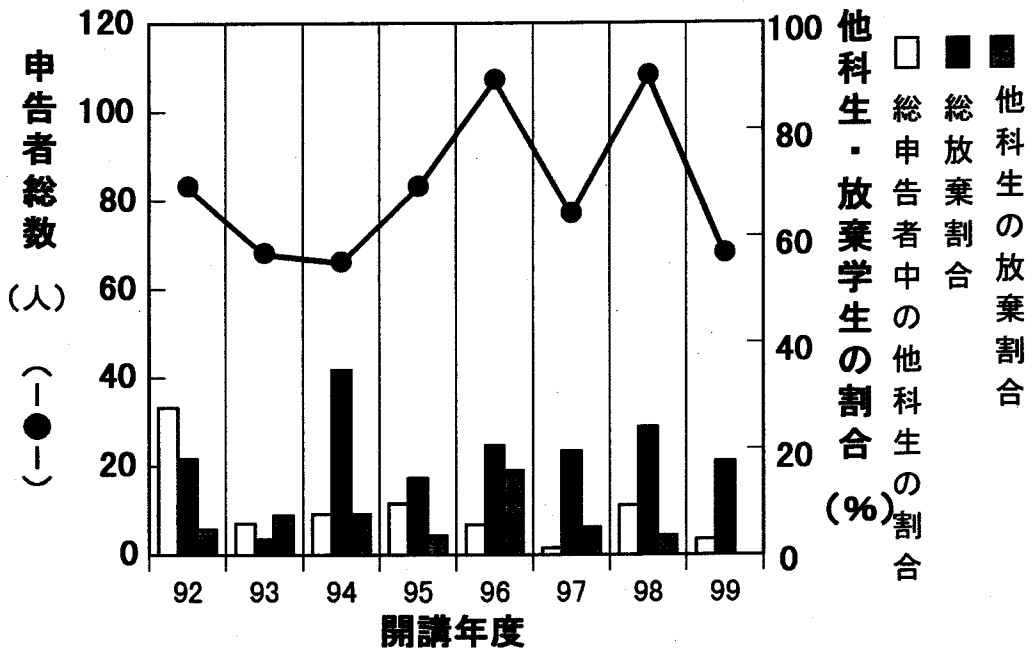


図4 8年間における受講状況の推移。棒グラフで示した割合は全て申告者総数に対する割合である。横軸の開講年度は西暦1992～1999年度である。

1992年 テーマ「水」

- ① 専門的すぎて、理解できないことが多かった。もっとかみ砕いて、明確に説明してほしい。
- ② 水について、いろいろな方向から見られたので視野が広がった（理解が深まった）。
- ③ プリントの量が多くて、消化しきれなかった。

1993年 テーマ「光と物の色」

- ① 演示実験を目の前で見ることができてよかった。
- ② 実験があると飽きないし、印象に残る。
- ③ 実験を多く取り入れてほしい。

1999年 テーマ「炭素とケイ素」

- ① いろいろな科の教員が来て講義し、いろいろな分野の話を聴けて視野が広がった。
- ② 演示実験（宮沢賢治のケミカルガーデン）・実物の観察（岩石など）・スライドや写真の視聴や、研究にまつわる体験談などがあると、詳しくわかるので興味がわき、よく理解できる。
- ③ 普段の講義では学んでいない内容がたくさんあってよかった。

これらの意見には、演示実験などを含む実験の必要性、いろいろな教員による講義の有効性などの共通点が見受けられる。年による違いの原因は、実施年のテーマによって学生にとっての親しみやすさが異なったり、演示実験の回数や分かりやすさが異なったりしたことであると考えられる。4位以下の意見を含めても、今回のアンケート調査と共通する意見がほとんどをしめた。

考 察

「科学セミナー」の期末試験ではあらゆる資料の持ち込みを許可したが、前もってその資料に目を通しておかないとあまり役立たない、と忠告もしておいた。答案を書くために資料の内容を「まとめる」ことが必要だからだが、どの学年でもあまりうまくできなかった（「結果 2. 期末試験の成績」）。「まとめる力」の向上を目的とした教育は、これまでは個々の教員の判断にゆだねられてきたが、大学教育の中で組織的、日常的に行わなければならない状況になったのではなかと考えられる。

この講義は、多くの学生が初めて知った考え方があった点で意味があったといえる（図2-3）。しかし、これらの考え方が、個々の学生の系統的な知識体系に適正に組み込まれ、自然現象や科学技術を理解する上で役立つものとなったかどうかを確認するには至っておらず、今後の検討を必要とする。

講義に分からない点があっても、学生が自ら積極的に学習しなかった（図2-6）のはなぜであろうか。調べるのが面倒なのであろうか、調べても分からないと決めてかかっているのだろうか、それとも、調べて分かったとしても「それが何になる？」と思っているのだろうか。学習意欲を引き出すという観点から、重要な問題であると考えられる。

ある担当教員の講義と別の担当教員の講義とが関連することを、ある程度とはいえ理解し（図3-1）、複数の担当教員がいろいろな表現で話すことで、内容の理解に役立った（図3-2）ことは、この講義の目的の一部が達成されていることを示している点で重要である。しかし、関連に気づき、さらには内容の理解につながった学生でも、なお、講義に対する積極性や学習意欲に結びついていないとはいえないようである。また、【質問10】の回答から、学生は「知識を増やしたい」という希望を持っていることが感じられる。しかし、事柄の相互関係や因果関係などに対する積極的興味は、表面上現れていない。この点は、講義一般について今後検討すべき課題である。

【質問9-3】に対する回答のほぼ半数は特定の教員に関するものであり、講義では確かに難解な用語を使っていた。しかし、講義を聴講した著者の一人（照井）には、学生の反応には聞き取り訓練の未熟も関わっていると感じられた。聞き慣れない用語が出てくると、当然ながら講義の理解は停滞する。そのとき、その用語に執着すると、そこから先の話が理解できにくくなる。しかし、その用語については一時的に保留し、聞き続けると少し話が進んだ時に理解できたり、その用語の正確な意味が分からないままでも話の概要が分かることもあるはずである。（この「科学セミナー」の講義では、予習も可能であった。）教員が「そんなに難しくはないはずなのに、学生は授業を理解できない」という場合、このような「聞く力」の未熟さについての検討が必要ではなかろうか。

記述式の回答に見られる学生の文章表現には、教員に丁寧に申し出る表現形態、教員と学生は対等であるという立場での表現、さらには俺の考えていることが分からないのはおかしいとか、俺の言うことを聞け、といわんばかりのものなどいろいろあった。日本語表現の不自然さが随所で感じられ、これに対処することも重要とは考えるが、理科教育の中だけでは困難と思われる。

著者らが学生実験を指導する時、高校での類似実験の経験の有無を尋ねることがある。それ

によって、ほとんどの学生は高校の理科の授業で実験を行った経験が非常に少ないのではないかと推測している。実験の経験が自然科学の理解に不可欠であることを考えると、アンケートの記述式回答に実験・観察などや実物教育を希望する意見が多数見られたことは、理解しやすい。実験・観察の実施は学生の希望に応えることになると同時に、授業を理解しやすくするので、実験・観察を系統的な教育の一環として実施すれば、将来、教育現場ばかりではなく、家庭生活、社会生活においても、より一層役立つものになるであろう。

大学生にも理科離れや理科嫌いの傾向が認められることから、教員養成の観点から理科好きの学生を育てるためにいろいろな体験を通した楽しい授業を試みた例も報告されている(小椋, 1999)。このような試みの妥当性は、今回報告したアンケートの回答からも理解できる。しかし、このような授業だけでは、自然科学の基礎知識を系統的な形で提供することは難しいと考えられ、このような体験授業での経験を、通常の系統的な自然科学の授業に結びつけることが必要であると考えられる。一方、近年、大学のあり方の大きな変革が目前に迫り、学生の教育や研究に当てる経費の削減の動きがあることを懸念し、科学技術立国を危ぶむ声もある(松田, 2000)。教員養成における理科教育で、どのような工夫が有効なのか今後の検討継続とともに、そのための予算措置も必要である。

本講義は、いくつかの点で当初の目的を達成した。一方、学生にとってはレベルが高く、専門用語が多く、毎時間の講義内容が多過ぎるなど、問題点も明らかになった。そこで、専門的内容に深く入りすぎないように配慮した部分もあったが、学生の希望に十分に応えたとはいえず、また、本講義で試みたいいろいろな工夫が、学生の学習意欲を高めることには結びつかなかったなど、未解決の重要問題も残った。

以上のことから、今後の教員養成における理科教育のカリキュラムにおいては、自然科学の基礎知識を系統的な形で提供することを基本としながらも、(1) 学生の興味に応えながら、実物教育や実験を有効に生かす、(2) 学生自身の日常体験を自然科学教育の中に積極的に取り入れる、(3) 自然科学教育の学習内容と小中学校での教育内容との関連を学生に示して意識させる、などの工夫を、いろいろな場面で試みるが必要になろう。また、このような教育の課程の中に、「まとめる力」や「聞く力」の向上に役立つ教育を組み込む必要があろう。

2000年度入学者から教員養成課程学生の定員削減が実施され、従来の約半数になった。数字の上からは、教員採用試験での合格率を相対的に上昇させることになるであろう。合格率の上昇が、入学目的の明確化と、学習意欲の向上に結びつくことが期待される。

本講義では、1年次学生は大学での学習のしかたに戸惑いながらも、期末試験の成績は2~4年次学生に劣らなかった。このことは、以上のような学習意欲を高めるための工夫を、入学当初のできるだけ早い時期に開始することの必要性を示唆している。

謝 辞

これまで8年間の講義でご協力いただいた方々のうち、本稿の著者に含まれていない方々は次の通りである(敬称略・五十音順)。貴重な時間を割いて資料を準備し、講義を担当していただいた先生方、特に他講座や他学部の方には深く感謝申し上げる。かつこ内にはご協力いただいた当時の所属を記した。

浅尾 豊信(教育学部 理科教育)

伊勢 國男(教育学部 理科教育)

井上 祥史 (教育学部 技術教育)	河田 裕樹 (人文社会科学部 基礎自然科学)
佐藤 信安 (教育学部 技術教育)	菅原 悦子 (教育学部 家政教育)
須田 裕 (教育学部 理科教育)	高塚 龍之 (人文社会科学部 基礎自然科学)
高橋 恒男 (保健管理センター)	種倉 紀昭 (教育学部 美術教育)
中澤 廣 (工学部 建設環境工学科)	平佐 興彦 (教育学部 家政教育)
平塚 貞人 (工学部 材料物性工学科)	星野善一郎 (教育学部 理科教育)
牧 陽之助 (人文社会科学部 基礎自然科学)	三浦 修 (教育学部 社会教育)
八木下晃司 (教育学部 理科教育)	矢内 桂三 (工学部 建設環境工学科)
若尾 紀夫 (農学部 応用生物学科)	

引用文献

- 1) 小椋郁夫 「理科好きの学生を育てるための授業の実践と提言」『理科の教育』第48巻3号 32-35 (1999)
- 2) 重松公司・駒林邦男 「拡大再生産される『理科離れ』」『科学朝日』1994年11月号 102-107.
- 3) 照井啓介・伊勢國男・重松公司・星野善一郎・村上祐・八木下晃司 「『科学セミナー』の目的と成果について—自然科学の諸分野の関連を強調した講義—」『岩手大学教育学部研究年報』第53巻第1号 213-233 (1993)
- 4) 照井啓介・梶原昌五・重松公司・武井隆明・村上 祐・八木下晃司 「教育学部理科における自然科学教育改善の試み —講義『科学セミナー』にみる学生の学習上の問題点—」『岩手大学教育学部研究年報』第54巻第1号 145-158 (1994)
- 5) 松田良一 「初等・中等理科教育と大学の理科教育」『遺伝』第54巻3号 13-17 (2000)

《資料1》

開講した講義テーマと開講年度の一覧

- 1992 「水」
- 1993 「光と物の色」
- 1994 「エネルギーと環境問題」
- 1995 「毒と薬ーサリンってなんだ？『毒』ってなんだ？」
- 1996 「水」
- 1997 「光と物の色」
- 1998 「環境を考えるー見詰め直そう私達の生活」
- 1999 「炭素とケイ素」

《資料2》

1999. 9. 20.

教育学部 学生諸君へ
——「科学セミナー」最終回——

理科ではこの後期に「科学セミナーⅣ」を開講します。「科学セミナー」はⅠからⅣまであり、今回はⅣです。毎年一つ、異なった内容で講義をしてきました。何か身近にある事象を選び出して、自然科学の方面から検討し、学習することによって、実際に役立つ知識を修得してもらおうとするものです。今回のテーマは「炭素とケイ素」です。意外に思ったり、とても身近に感じたりすることがあると思います。

毎週水曜日9・10校時(16:30-18:00)に2号館378講義室で行います。予定は後記の通りです。この講義は全学年を対象としています。1年生から4年生まで時間のあいている人は、ぜひ聴講してください。講義12回と試験を行います。

選択科目で2単位です。

理科以外の学生の聴講も大いに歓迎します。聴いているだけでも面白いことがあるはずです。まじめに勉強すれば単位の修得も十分可能です。

聴講するときに、誰でも心がけなければならないことは、

- ① 疑問を持ったら、講義中に質問する。
- ② 自らも参考書などで調べてみる。

というような、ちょっとした努力です

この講義に関する相談窓口は、教育学部理科 生物 照井啓介(教育学部2号館4階 東端470室)です。

なお、来年度からは教育学部は改組され、教員養成課程と「新課程」ができます。これに伴って新1年生のカリキュラムが大幅に変わり、教員の授業担当のあり方も変わりますので、「科学セミナー」は中止することにしました。ご了解下さい。

後期 の 選択科目

C 「科学セミナー」 Si

IV

「炭素とケイ素」

- | | | |
|------|--------|--|
| 1回目 | 10月6日 | イントロダクション……………全 員
生物は、なぜケイ素ではなく炭素を利用したのか……………村 上 |
| 2回目 | 10月13日 | 地球史における炭素循環システムの変遷……………土 谷 |
| 3回目 | 10月20日 | 炭素化合物と地球環境（現在の炭素の物質循環を中心にして）
1. 炭素の生物地球化学サイクル……………武 井
2. 地球温暖化と大気組成の変化 |
| 4回目 | 10月27日 | 生物体と炭素……………照 井
1. 生物界における炭素循環——食物連鎖
2. 生体内における炭素の役割——代謝：食物連鎖の背景 |
| 5回目 | 11月17日 | 惑星の始源物質としての炭素質隕石について……………工学部・矢 内 |
| 6回目 | 11月10日 | 地球構成物質中の炭素とケイ素……………土 谷 |
| 7回目 | 11月24日 | 生物の殻とケイ素利用……………梶 原 |
| 8回目 | 12月1日 | 液体と固体の間の液晶……………技術科・井 上
1. 液晶の種類と性質
2. 生体の中の液晶
3. 表示装置への応用 |
| 9回目 | 12月8日 | ガラス……………村 上
1. ガラスとは
2. いろいろなガラス
3. 水ガラスを用いたケミカルガーデン |
| 10回目 | 12月15日 | 新しい炭素単体とその化学……………菊 地
1. 小さな小さなサッカーボール（C ₆₀ ）発見物語
2. フラーレンの仲間達（C ₆₀ ～高次フラレン～カーボンナノチューブ）
3. フラーレンの性質と反応 |
| 11回目 | 12月22日 | 炭素とケイ素の結晶と物性……………重 松
1. グラファイトとダイヤモンド
2. ケイ素—精製と単結晶育成 |
| 12回目 | 1月19日 | 合金材料における炭素・シリコンの役割……………工学部・平 塚
1. 鉄系合金（鋼と鋳鉄）—自動車用エンジン
2. アルミ合金—自動車用アルミホイール
3. その他の合金—硬い超硬合金 |
| 13回目 | 1月26日 | 予備 |
| 14回目 | 2月2日 | 試験 |

《資料3》

2000. 2. 2.

『科学セミナーⅣ』試験問題

【注意事項】

1. 問題用紙，答案用紙とアンケート用紙を配布する。
2. 試験の解答とアンケート用紙の記入を合わせて，時間を16:30～18:20とする。
3. 試験時間中は
 - (1) 相談してはいけない。
 - (2) 独り言でも声を出してはいけない。特に，間違っただけの独り言は他人に迷惑。
 - (3) 試験中は，一旦室外に出たら，再入室してはいけない。
 - (4) 自分が準備した全ての資料を参照してよい。
4. 4問選択して解答すること。5問以上解答した場合，最初の4問のみを採点し，それ以降は無視する。選択した問題番号は目立つようにきちんと書くこと。解答の順序は問わないが，例えば【問題1】の(1)と(2)の間に【問題2】の解答が挿入されると【問題1】の(2)は無視される。
5. 答案用紙に記名を忘れないこと。問題用紙は持ち帰ってよい。
アンケートは無記名です。

【問題Ⅰ】(武井)

大気中の二酸化炭素について，以下の問のうち，2つ選んで答えよ。

- (1) はるか昔，大気中の二酸化炭素は現在よりかなり多くあったと見積もられている。現在のように減少した原因として考えられることについてのべよ。
- (2) 石灰水に呼気を吹き込むと沈殿し，さらに吹き込むと沈殿が溶ける。この反応を説明せよ。さらにこの反応と関連づけて，雨水中に溶けた二酸化炭素による石灰岩の溶解と，海水中での炭酸カルシウムの沈殿を説明せよ。また，このことから海水中での炭酸カルシウムの沈殿は大気中の二酸化炭素の固定とはならないことを示せ。
- (3) 大気中の二酸化炭素濃度は地球規模で測定され，年々増えていることが確認されている。季節変化や南北半球での違いも確認できる。季節変化や南北半球での違いを説明し，その原因を述べよ。

【問題Ⅱ】(照井)

- (1) 「天敵」とは何か，生物界における炭素循環の視点で説明せよ。
- (2) SiとCは，周期律表上同じ列上にあり性質が似ていると予想される。しかし，生体有機物は普通Siを含んでいないといわれている。光合成や呼吸におけるガス交換の観点からSiとCの違いについて述べよ。

【問題Ⅲ】(土谷)

地球内部の炭素とケイ素，およびそれらの循環に関する以下の問いに答えなさい。

- (1) 地球と金星は、同じような化学組成の起源物質から形成されたにもかかわらず、両者の表面の様子は全く異なっている。それらの違いを生じた主要な原因は何か。地球の炭素循環システムの特徴との関連も含めて説明しなさい。
- (2) 地球の構成鉱物の高圧相転移は、地球の熱構造およびその進化に重要な影響を与えていると考えられる。どのような影響を与えていると考えられるか、具体的に説明しなさい。

【問題Ⅳ】(梶原)

- (1) ケイ素を多く含む生物のグループ3つを挙げ、ケイ素利用の生物学的意義(その生物にとって有用な理由)を答えなさい。
- (2) 動物では、進化の過程で刺胞動物からケイ素を殻として利用せず、炭酸カルシウムを利用するようになったが、それはなぜか、理由を答えなさい。

【問題Ⅴ】(村上)

- (1) 物質の状態として、ガラスとはどんな状態のことか。
- (2) ソーダ石灰ガラスは、常温ではほとんど電気を通さないが、加熱すると電気をよく通すようになる。このような電気伝導性の温度依存性を、ガラスの構造と関係づけて説明せよ。

【問題Ⅵ】(菊地)

- (1) 近年、炭素の新たな同素体が発見され、注目を集めている。その経過を簡潔にまとめよ。
- (2) 上記(1)に関連して、自分が学習したこと、あるいは感じたことを、1つのポイントにしばって述べよ。

【問題Ⅶ】(重松)

グラファイト微結晶集合体に関する以下の問に答えよ。

- (1) コークス・木炭が鉄鉱石の還元剤として用いられる理由を述べよ。
- (2) 木炭・活性炭が、脱臭剤として用いられる理由を述べよ。あわせて、コークスが脱臭剤として用いられない理由も述べよ。

【問題Ⅷ】(平塚)

鉄と炭素の合金である、銑鉄と鋼と鋳鉄について以下の問に答えよ。

- (1) 銑鉄と鋼を比べ、製法、含まれる炭素量、機械的性質の違いを説明せよ。
- (2) 鋳鉄はなぜ圧延や鍛造に適さないのか、その理由を述べよ。