

# 早稲田大学教育学部理科教育法における教材開発

宮下 敦

キーワード：理科教育法、教材開発、模擬講義、実験・観察、シミュレーション教材

【要 旨】理科教育法の講義において、理科教育のいろいろな場面において活用できる新しい教材の開発を行った。この方法は、理科教育に携わる人材の育成に大きな効果があるばかりでなく、大学生の柔軟な発想を引き出すことで、理科の教材開発に役立つことが分かった。

## 1. はじめに

自然科学についての教育は、自然科学の成果を知識として伝達する役割だけでなく、学習者がいろいろな問題解決をするために必要な科学的思考の基礎を作ることを目的としている。この教育のためには、授業者として優れた人材を養成する必要があるし、大学における授業者（教員）の養成は、その責任を担っている。

自然科学の授業をする上で、教科書内容の検討や授業運営と並んで、教材開発は重要な要素である。新しい教育内容を実施するためには、その内容に最適な教材が必要であるし、授業効果がよく確認された教材であっても、新しい素材や機材、あるいは新しい理論や手法などができること、授業効果のレベルアップを図ることができる。何よりも、教材開発は、授業者にとって創造性を発揮できる仕事であるし、効果の高い教材ができて、子どもたちが楽しく学習してくれることは、授業者の喜びである。

筆者は早稲田大学教育学部において、2008年から非常勤講師として、理科教育法の講義を担当しているが、教材開発の楽しさと難しさを伝えたいと考え、これを講義内容として取り込む工夫を試行した。これまでの受講生の努力により、毎年、新しい教材が7～8案生み出され、これまでに50以上の案が蓄積された（図1）。拙稿では、この内容について紹介し、合わせて受講生が開発した教材でユニークなものをいくつか紹介したい。

## 2. 理科教育法2Aの内容

理科教育法1で自然科学についての教育法の基礎を学んだことを前提に、理科教育法2Aの講義では、より教育現場に即した技術を身につけることを目的とした。理科は、「ふつうの教室で、黒板に書きながら説明する」という講義形式の方法だけでなく、室内や野外での実験観察、遠足やサマースクールなどの行事、あるいは科学館などの施設見学や長期休み中の課題など、多様な場での多彩な教育活動ができる教科である。そこで、理科教育法2Aでは、教材開発と合わせて、それぞれの場での教育活動の特徴や注意点について、受講生が開発した新しい教材の模擬授業を通じて体験する活動を目指すことにした。

新しい教材を実際に学校現場で使う場合には、大きな失敗は許されない。授業者にとっては試

行錯誤であっても、学習する子どもにとっては一生で唯一の機会かもしれないからである。新しい教材の開発に際して失敗から学ぶことを許されるのは、大学での教職課程の場に限られるといってもよいだろう。新しい教材を実際に授業にかけると、調査不足、準備不足、想定外の事態など、様々な問題が起きる。授業者は、想定外のことに対応しなくてはならないが、これは実際の学校現場でもよく起こるので、教育実習に行き、教員になる上で良い体験となるだろう。

さらに、教材開発には、現在使っている教材についての問題点の把握が必要であるばかりでなく、新しい情報や素材について調査する高い情報収集能力も求められる。大学における模擬講義で、新しい教材開発を目指すことは、理科教員の資質向上の手だてとして、常に新しい方法を模索するための練習の場になると考えられる。

### 3. 講義の手順

作成する教材案は、基礎概念にかかるもの、室内での観察（測定作業を伴わないもの）、室内での実験（測定作業を伴うもの）、野外での観察、野外での実験、デジタル教材の利用のジャンルに分類され、受講生に割りふる。まず、受講生個人の希望を調査した上で、専攻や学年を考慮して、受講生をいくつかの授業者チームに編成した。いろいろな専攻の受講生が混じった方が面白い教材が作れるように思えるが、実際の教材作成に際しては、模擬授業の準備のためには事前に打ち合わせやリハーサルを行う必要があるため、講義外の時間帯に集まりやすいメンバー構成にせざるを得なかった。

各チームの模擬授業の内容を考える際に、「新しい」教材として開発するものは、教科書や一般の科学教室・科学ショーでよく扱われるものではなく、受講生が大学で専門家として学んだ経験を活かした上で、小中高の子どもたちに伝えたい内容、手法や工夫を入れた教材を考えるように指導している。「新しい」ものの定義の中には、理科教材として新しい素材や方法であること、中学高校ではこれまで取り上げられていなかったテーマに関するもの、専門分野で最近進歩した分野に関わること、あるいは過去の理科教材で現在は使用されていないものの復活などを含めている。

教材の内容については、講師がチーム毎に個別に相談をして、アイデアの深化と新しい教育方法の紹介についての助言を行いながら進めていく。この際、受講生側でも、筆者の側でも、類似の教材がないか、あるいは教材の目的にあった素材がないか、調査を行っている。これは教職についた際にも、文献や資料調査を行うトレーニングになる。案が出てくるまでは何ができるか分からないため、講義の事前準備ができない難しさはあるが、自分の日ごろの

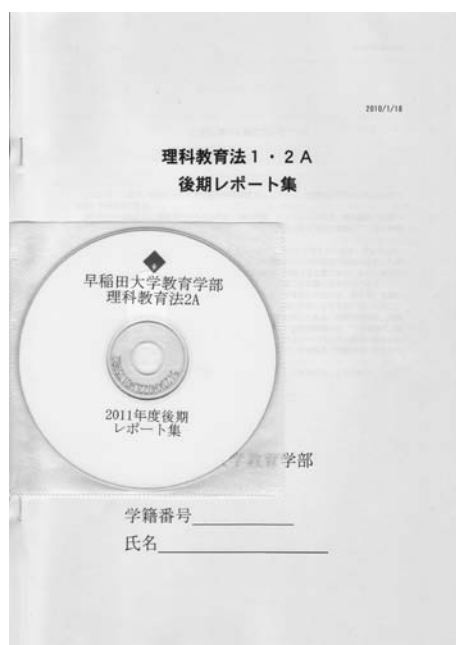


図1 配布した教材集とCD-ROM



このレポートは、実際にどのような授業を行ったのか、第三者が見て分かるような形を求めている。提出されたレポートは、初期の段階では印刷して冊子の形で配布していたが、レポートの充実とともにページ数が増えたため、現在はpdf化してCD-ROMの形で受講生全員に配布している(図1)。優れた教材ができた場合、受講生間で共有して、教育実習時や教職に就いた場合に、実際の学校現場で試用して欲しいと考えている。

Waseda Science Edu II A

1

**模擬授業 評価シート**

学部 \_\_\_\_\_ 学科 \_\_\_\_\_ 氏名 \_\_\_\_\_ 学籍番号 \_\_\_\_\_

月 \_\_\_\_\_ 日実施 : 授業内容 \_\_\_\_\_

授業者 (姓のみ連記) \_\_\_\_\_

**○全体の評価**

ア. とても楽しかった    イ. まあまあ楽しかった    ウ. ふつう    エ. 少しつまらなかった    オ. つまらなかった

どうして、そう思いましたか。

.....

.....

**○観点別**

1. 何を学ぶかが、よく伝わったか?

ア. よく伝わった    イ. ある程度は伝わった    ウ. あまりよく伝わらなかった    エ. 伝わらなかった

2. 授業展開は科学するプロセスを踏んでいたか?

ア. よく工夫された展開だった    イ. つながりも山場もあった

ウ. つながりはあったが単調だった    エ. つながりがわからなかった。

3. 発問・指示について

ア. よく工夫された発問・指示であった    イ. 発問・指示は適切だった

ウ. 一部の発問・指示が不明確だった    エ. 発問・指示の意味が伝わらなかった

4. 板書・資料について

ア. よく工夫された板書・資料だった    イ. 板書・資料は適切だった

ウ. 板書・資料に分かりづらいところがあった    エ. 板書・資料で何を提示しているかわからない

5. 安全管理について

ア. よく配慮されていた。    イ. 一通り配慮されていた    ウ. 一部配慮に欠けた    エ. 危険を感じた

**○集計**

ア	イ	ウ	エ	オ
---	---	---	---	---

全体の評価 + 観点別評価を合わせて、ア～オの個数を記入

**○改善点の提案**

.....

.....

**○その他気づいたこと**

.....

.....

図3 授業後の評価シート

#### 4. これまでに開発した教材

受講者の所属が、教育学部の生物専修と地球科学専修が多いため、テーマは生物地学分野が多くなっている。実施場所は、時間的な制約からも、安全上も、早稲田大学本部キャンパス内のできるテーマという制約がついている。また、2Aが後期に設定されていることから、自然観察に関係するものは、秋から冬にかけて利用できる素材に限られている。

表1 各年度に開発した教材のタイトル（模擬授業を実施した順に示す）

年度	2008	2009	2010	2011	2012	2013
内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>・大隈庭園の植物の分類</li> <li>・光合成について学ぶ：科学史を用いて基礎概念を学ぶ</li> <li>・早稲田キャンパス内の微気象：気温の測定</li> <li>・PC教材：デジタルアナライザーを用いた物質の分析</li> <li>・ヒトの目のしくみ（盲点と錯覚）</li> <li>・肉眼での岩石の分類</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・イチヨウの葉の変異の観察</li> <li>・秋の樹木の観察</li> <li>・生花店で売っている花のつくり</li> <li>・デジタル教材を用いた原子と分子の学習</li> <li>・身近な素材を用いた光の回折と干渉の実験</li> <li>・ハーブティーを用いた液性の測定</li> <li>・シミュレーションソフトMITAKAを用いた星の動きの観察</li> <li>・望遠鏡のしくみと月・惑星の観察</li> <li>・演劇的な光合成反応のシミュレーション</li> <li>・地球は本当に丸いのか検証する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・バックテストを用いた大隈庭園の水質調査</li> <li>・市販の野菜果物を用いた植物の実の観察</li> <li>・身近な花の観察</li> <li>・紫キャベツを使ったpH指示薬作成と実験</li> <li>・早大11号館壁石材での化石の観察</li> <li>・シミュレーションソフトMITAKAを使った日食月食の観察</li> <li>・カレー粉や紫キャベツを用いた液性変化の観察</li> <li>・月の観察と模型を用いた月の満ち欠けのしくみ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・柑橘類を使ってゴム風船を割る</li> <li>・アイスクリームを作って凝固点効果を調べる</li> <li>・シダとアサツキの維管束を観察</li> <li>・接触測角器を用いた鉱物の観察</li> <li>・PCを用いた月のクレーター・カウント教材の開発</li> <li>・観察をふくむ星の明るさの理解</li> <li>・イチヨウの黄葉度を用いた学内の微気象測定</li> <li>・紙製プラネタリウムの作成と天体の動きの理解</li> <li>・紅葉する木としない木の観察</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・身近な野菜でpHを測る</li> <li>・レモン、ジャガイモで電池をつくる</li> <li>・硬度計と条痕板で鉱物を分類する</li> <li>・植物染色液ファンタジーを用いた茎のつくりの観察</li> <li>・学内のイチヨウ並木の二酸化炭素吸収量の測定</li> <li>・五感を使った夜の自然観察</li> <li>・学内の建物建材を使った岩石観察</li> <li>・ゲームでシミュレーションする食物連鎖</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・偏光顕微鏡を用いた変成岩の観察</li> <li>・いろいろな場所の土壌酸度の測定と比較</li> <li>・学内の植物を用いた葉の採集と観察</li> <li>・身近な素材を用いたフックの法則の実験</li> <li>・Algodooを用いた物理のシミュレーション</li> <li>・過酸化水素水を用いた反応速度の測定</li> <li>・月の成因と星座の説明</li> </ul>

#### 5. 開発された教材の例

以下に2008年度から2013年度までに実施した授業案（表1）のうち、ユニークで実際に学校現場において授業可能と思われるものをいくつか選んで紹介する。受講生の氏名は敬称を略している。

##### 1) ヒトの目のしくみ（室内実験）

- ・実施日と授業者：2008年12月1日実施、田部井望、有田沙央梨
- ・学習課題：①ヒトの目の構造を理解する。②視細胞の機能と側方抑制について理解する。

- ・手 順：眼のつくりを講義した後、盲点、錯視、マッハバンドの実験を行い、それらの現象が持つ意味を考察する。

#### 講師用【目の機能・構造と錯覚】

##### <実験①「盲点」>

【ねらい】 ヒトの目の構造を知り、盲点が何に由来するのかを理解する。

10～15分 導入 今日やる実験全体の前提。

- ① 実験がヒトの目に関するものだということを伝える。
- ② 「発問」ヒトの目のどのような機能を持っているのか。などヒトの目について何でもいじり知っていることがあるか聞いてみる。(手が上がらないときは当ててでもいい返ってきた答えを黒板に書いてもいい。)

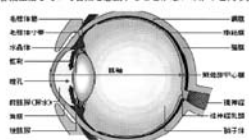
15～18分 実験 盲点の実験

- ① 白紙を配る。(B5とかでもいい?)
- ② 横に白紙に7cm間隔をあけて、右側に☆、左側に●の絵を描かせる。
- ③ 右目を閉じて、左目で見せる。(このとき、●も視野に入れるように注意する。) はじめは1cmくらいの距離から、徐々に紙から目を離していく。
- ④ ある距離に来ると、●が見えなくなる。
- ⑤ 資料を配る。同じように盲点でどのように見えるか実験をする。

18～25分 説明 1目の構造と視神経 2錯覚

##### <1目の構造と視神経>

- ① 目の構造を黒板に板書する。名称を書き込む(時間がなかったらレンズ・網膜・視神経以外の所はよく)。
- ② 「ものを見る」とはレンズを通して網膜に投影された像を視神経が脳に送っているのだからと説明する。
- ③ 視神経は網膜ではないため映像が投影できず、そこだけ死角となる。これが盲点であることを説明する。
- ④ 「発問」では、なぜ普段生活していて盲点を意識することがないのか?と問う。



##### <2錯覚>

- ① 1の理由が錯覚であると言う。「錯覚」とは視覚における錯覚のことである。ある図形の大きさ・長さ・方向などが、周囲の図形の影響を受けて実際とは違って知覚されることを言う。
- ② 盲点が自覚されない理由の一つは、もう片方の目の視野が、死角になっている盲点の視野を補っているから。そしてもう一つが、錯覚の中でも「書き込み」と呼ばれる現象による。先ほどの実験でも分かるように、本当は見えないはずなのに周囲の色や周りの景色を、無意識のうちに「そうになっているはずだ」と脳が目に見せる。これが脳による書き込みである。
- ③ つまり、いつも自分たちが目で見ているかと思いついているものは、実は脳が見せているということが分かる。と説明する。

#### 講師用【目の機能・構造と錯覚】

##### <実験②「マッハバンドができるわけ」>

【ねらい】 ヒトの視細胞の機能と側方抑制について理解する。

125～30分 実験 マッハバンドの実験

- ① マッハバンドの紙1を配る。色が変わる境界の明確さが際立って見えることを確認する。
- ② マッハバンドの紙2を配る (何人かごとで1枚1)。グラデーションに見えるが、両側の色を隠してやると単色であることが分かることを確認する。
- ③ これをマッハバンドと言う。と説明する。

135～45分 説明 視細胞と側方抑制の仕組み

- ① レジュームを配る。
- ② 実験1で、光は網膜に投影され、視神経を通過して脳に送られることを説明した。ここではその網膜にある視細胞について説明する。網膜は視細胞と呼ばれる。光を刺激として感じる細胞に覆われている。視細胞は光を受けると電気信号を出し、それがシグナルとなって脳に伝く。「これがものを見る」の細胞レベルでの話である。
- ③ 視細胞の持つ側方抑制という作用について説明する。視細胞は隣接する視細胞同士で側方と呼ばれる網膜のようなものを出し合っている。(板書で説明した方がいいかも) 視細胞がある一定の強さの光刺激を受けると、側方から他の視細胞に向けて抑制性のシグナルを出す性質がある。そのシグナルは近接細胞に近ければ近いほど、また受容する光が強いほど強くなり、抑制を受けた視細胞が感じる光量は必然的に本来よりも小さくなる。
- ④ 以上を踏まえてレジュームを見てもらう。レジュームの説明をし、実際に光刺激量を算出してもらう。
- ⑤ マッハバンドが見えた明確な境界で、光刺激量が突然大きく、または突然小さくなっていることを確認する。

図4 「ヒトの目のしくみ」の講師用プリント

- ・授業のようす：

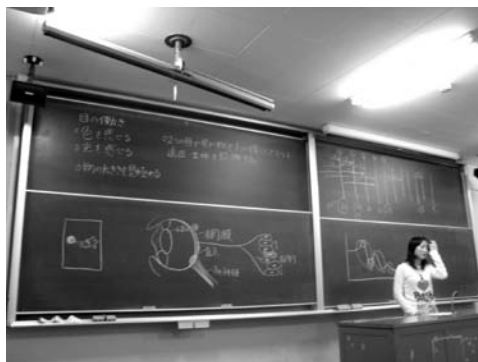


図5 「ヒトの目のしくみ」の授業のようす 左：盲点の実験中 右：板書の内容

- ・コメント：眼のつくりは、中学理科2年の学習項目である。単にものが見えるしくみだけ学ぶのではなく、錯覚などの現象を通じて、脳で情報処理が行われていて、眼に入った画像がそのまま見えているわけではないことを調べる内容になっている。「眼でものを見る」ことの本質も考えることができる教材となっている点が良い。





### 3) 演劇風の光合成のシミュレーション (シミュレーション)

- ・実施日と授業者：2009年12月7日実施、樋澤 暁、萩原祥太
- ・学習課題：学習者が原子・分子の役割をすることで、光合成の反応を理解する。
- ・手順：光合成のうちカルビン回路について講義した後、学習者が役割分担をして、演劇形式で、カルビン回路の原子・分子の動きを再現し、光合成のしくみを理解する。

時間 (min)	板書	発問・演示・生徒の活動	説明・生徒の反応	留意点/備考
0	$6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + h\nu \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$		光合成の式であり、生物が生きている為に必要なものである。	
3	カルビン回路 (板書は割愛) わかりにくい物質の 分子構造の板書		・反応は明反応と暗反応に分かれる ・サイクルになっている これを「カルビン回路」という光合成の一般の回路 ・回路はこんな感じになっている 一週するとCが1つ余る 六周すると糖ができる	基礎概念なので 生徒の反応はいまいちになる。 生徒の反応を見ながら 授業を進めたい。
15	カルビン回路の該当箇所に 明反応をつけたす		・暗反応だけではカルビン回路は回らない！ 明反応というものがある ・NADPHとNADH、ATPとADPでもそれぞれ回路になっている それぞれリン酸を渡り受け取ったりしている。	
25			細かい分子構造や酵素の説明をする。	細かい構造が分かったほうが わかりやすい分子もある。
30	C:11人、P:4人、 NADH:4人、ADP:4人 教室内の配置 (板書は割愛)		板書にあるカルビン回路、ATP合成、NADPH分解の一連の 反応を実際になりきってみよう。 自分の役割が決まったら、 それぞれの色の着用紙を持って配置についてください。 どのような動きか、もう一度説明する	役割決めは速やかに行う。
35		生徒の位置を配置に付ける		
37		回路一周 回路二週 回路三週	あ一分かりやすい、なるほどといった声	説明をしっかりと行えば、 授業者は動きまわる必要はない
42		回路四週、五週 六周グルコース完成	明反応がどの動きなのか説明 明反応と暗反応の説明 (どの動きがどっちなのか) まとめ	
45-50				

図8 光合成のしくみの授業案

- ・コメント：分子レベルでの光合成のしくみの学習は、高等学校・生物の範囲。複雑な反応だが、演劇風にすることによって、原子・分子の動きを可視化して、理解を深めることができる。担当を交代して複数回行うことにより、それぞれの分子の動きだけではなく、NADHやADPの働きも確認することができる。座学にならずに楽しく学べる教材で、生物専攻の受講者にもよく分かったと好評だった。

- ・授業のようす：



図9 授業のようす。左側：炭素原子、リン原子およびNADHやADP役を役割分担する。NADHやADPは教室内で位置を決めて待機する。右側：カルビン回路の各場所を回りながら、原子・分子のやりとりをする。説明担当の話を聞きながら、回路の上での原子の動きを確認する。役のない生徒は、全体の動きを記録しながら光合成のしくみを理解する。



## 4) 接触測角器を使った鉱物観察の授業 (室内観察)

- ・実施日と授業者：2011年11月15日実施、町田慎悟、三浦 将、岩田三佳誉、久保木昌史
- ・学習課題：鉱物の形の特徴を測定することで理解する。
- ・手 順：鉱物の形について講義した後、観察してスケッチすることと併せて、接触測角器を使って面角を測定する。

早稲田大学 理科教育法ⅠⅡA

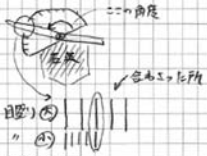
展開 2 15分	<b>(鉱物)</b> 1. 121.5° 2. 123.5° 3. 119° 4. 119°~120° 5. 119°~121.5° 6. 121.5° 7. 119.8°~122.0° 8. 120° 面角一定の法則 2つの面を囲む面の角度は一定 (例) mとn 120° pとm 133.4°	<b>(測角器の配画)</b> 1つmとnの面を測りながら 測角器の使い方の説明 1面から順に測っていきましょう!	 この角度 面角一定の法則 (説明) 11.11.120°以内でも 11.11.120°以内でも 11.11.120°以内でも 11.11.120°以内でも	測角器 x 9
展開 10分	大 鉱物にはあるやない方向ある 方解石 石英 なし 方解石で異なる	石英と方解石とではどう違う? 方解石は2つの面を測りながら 石英は2つの面を測りながら 方解石は2つの面を測りながら 石英は2つの面を測りながら	方解石には2つの面がある 石英には2つの面がある 方解石には2つの面がある 石英には2つの面がある	ハンズ x 1 石英 x 2 方解石 x 10 石英の面角で測ることも 方解石の面角で測ることも

図10 接触測角器を使う授業案 (展開部分)

- ・授業のようす：



図11 左側：石英 (水晶) についてスケッチをとって観察する。右側：結晶面の角度を、接触測角器で測定する。

- ・コメント：造岩鉱物は、中学理科1年もしくは高校理科・地学基礎で扱われる。動物などの観察と違って動かないものをじっと見るのは飽きてしまうが、測定やへき開にそって結晶をこわす実験をすることで、観察対象に能動的に働きかけることが狙い。接触測角器による面角一定の法則の確認は、戦前の科目「博物」などで実施されていたものであるが、現在はあまり扱われていない教材を復活させたところも意義がある。

## 5) クレーター・カウント (ICTの利用)

- ・実施日と授業者：2011年11月29日実施、日野沢祐作、細野貴裕、山之越恵理
- ・学習課題：かぐや衛星画像から月表面の年代を調べる。
- ・手順：天体画像処理ソフト (SAOImage) を使ってクレーターの直径を数多く測定し、授業者が開発した表計算ソフト (エクセル) を使って累積頻度分布を調べる。

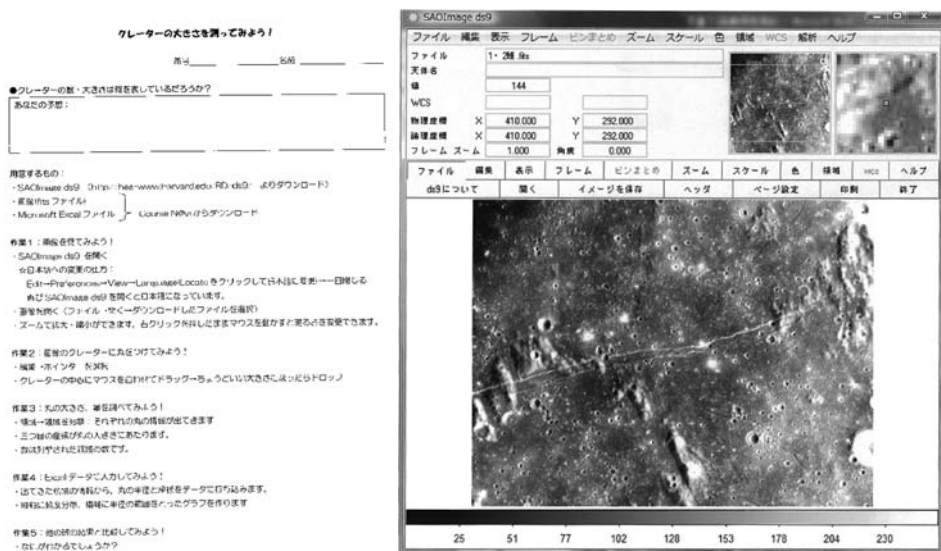


図12 クレーター・カウントの教材プリント (左) と画像処理ソフトSAOImageで月面画像を開いたところ。

- ・授業のようす：



図13 左側：2次クレーターを除いてカウントすることを説明中。右側：SAOImageを使ってクレーター直径を測定しているところ。

- ・コメント：日本の月探査衛星かぐや (SELENE) が撮影した画像は、必要な登録をすれば JAXAのWebサイトから無料で請求できる。最新の探査成果である細密な画像を使って、惑星科学の基本であるクレーター・カウントの手法を学ぶことができる教材となっている。原理はシンプルなので、中学生でも実施可能。

## 6) イチョウの黄葉度による温度環境測定（野外測定）

- ・実施日と授業者：2011年10月18日実施、矢原侑真、渡辺康成、斉藤早香
- ・学習課題：学内のイチョウの黄葉度を測定して、気温分布を推定する。
- ・手順：班毎に分かれて学内各所にあるイチョウの黄葉の割合を測定し、地図上にプロットして分布図をつくる。

	同様の様子・状況について、筆字で記入の記録を完成してもらおう。	黄葉例 自然の黄し顔し、建物の存在、樹木の存在、風通し、水辺の様子、周りの木の様子	
	黄葉度と周囲の様子・環境を覚えて、イチョウが黄葉する距離はなんだろう。	黄葉例 黄葉の度で話し合い	
イチョウが黄葉する距離	イチョウが黄葉する距離について、理由も含めて筆字で記入の意見を発表してもらおう。	黄葉例 気温の低下→周囲に建物などがあり暖かいところは黄葉度が低い 日影の多いところ→主向きの良いところや建物の近くでは黄葉度が低い	
気温の低下・日影時間の減少 →気成により得られるエネルギーが減少 →葉への水分の供給ストップ →葉緑素が分解され、黄葉する	黄葉の理由：気温の低下や日影時間の減少である。気成により得られるエネルギーが減少し、葉に水分の供給がストップし、葉緑素が分解され、黄葉する。		
植物には冬を越すための仕組みが関わっている。	植物には冬を越すための仕組みが関わっている。	感想等を書く	

**イチョウの葉の色の観察** 年 月 日 実施


作成者：青森

学校 学科 専攻

立寄場所： 氏名：

目的：キャンパス内のイチョウの黄葉度を測定し、環境との関係を探る。

方法：一帯ごとに校内の指定の3箇所に行き、イチョウの葉の黄し顔について、以下の基準に基づいて黄葉度を測定し、記録したものをもとの場所の黄葉度とする。また、植物に影響しそうな環境要素を記録する。



0-未黄葉(緑) 5-落葉殆ど(黄)

0	未黄葉(緑)
1	
2	中くらい(黄)
3	
4	完全黄葉
5	落葉殆ど

黄葉度表

黄葉度 1 2 3

黄葉の様子・環境


図14 授業案後半部分で黄葉度の推定から微気候を考える（左）と調査用の記録用紙（右）

- ・授業のようす：



図15 左側：黄葉度を測定しているところ。右側：採取したイチョウ葉の観察

- ・コメント：文献1（小沢ほか、2005）によって開発された、イチョウの黄葉度を用いた都市微気候の調査方法を、学校での授業で使えるように応用した教材。身近な自然現象の観察に基づいて微気候を調べることができる。イチョウは街路樹としてよく用いられる樹種なので、実施可能な地域が広いと考えられる。黄葉する前および完全に黄葉してしまった後は微気候につながるデータが得られないので、調査時期が重要になってくる。小学校高学年以上であれば実施可能と考えられる。学校での授業だけでなく、地域の環境調査などにも応用できる教材となっている。





## 8) 早稲田大学11号館壁材を使った化石の観察（野外観察）

- ・実施日と授業者：2010年11月22日実施、遠藤裕貴、金井拓人、向坂陽二郎
- ・学習課題：本物の化石の産状を観察・スケッチし古環境推定の練習をする。
- ・手順：化石についての基礎知識を確認した後、大学の石灰岩壁材の観察・スケッチをして、化石群集の構成から古環境を推定する。
- ・授業の結果：

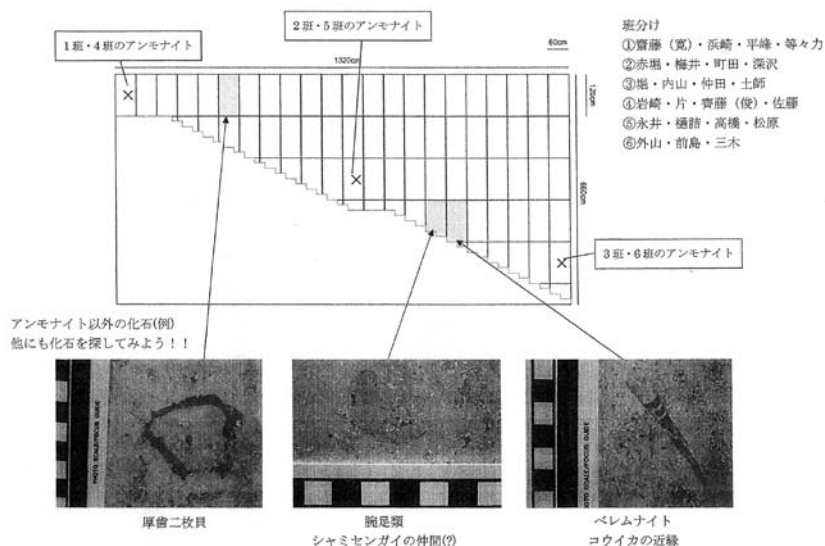


図18 授業用プリント

- ・コメント：中学高校での化石の観察は、クリーニング済みの標本や写真集などを用いているので、実際の露頭での化石の産状の観察や、化石群から古環境を推定したりする実習は難しい。早大11号館の壁材はドイツのジュラ紀石灰岩で、1.8億年前の海に生息していた生物の組み合わせが観察できる。壁材の一部を安価に購入できれば応用例は広がる。

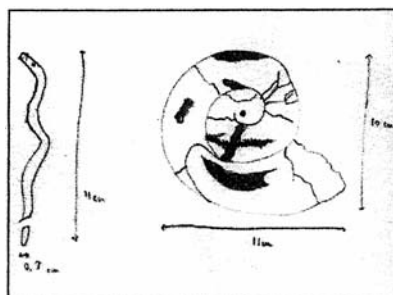


図.1 生徒のスケッチ 1

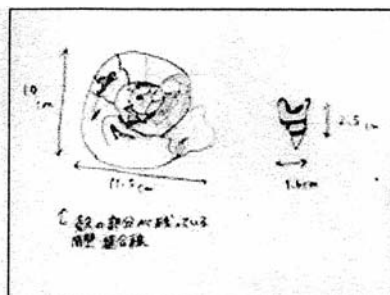


図.2 生徒のスケッチ 2

図19 受講生によるスケッチ アンモナイトの殻の構造がよくわかるスケッチになっている。





- ・コメント：自然界の釣り合いは、中学理科3年で扱われるが、実験・観察が難しいので座学になりやすい。ゲームにすることで、体験に基づいて楽しく学ぶことができる教材となっている。

## 10) 豚足を用いた哺乳類の足の解剖（室内観察）

- ・実施日と授業者：2013年11月19日実施、本多朝陽、森脇虹輝、米山大貴
- ・学習課題：哺乳類有蹄類の足のつくりを調べる。
- ・手順：事前に処理した豚足を解剖して、自分（ヒト）の手のつくりと比べて、偶蹄類の足の作りを調べる

**偶蹄類（ウシ目）と奇蹄類（ウマ目）**

偶蹄類と奇蹄類はどちらも哺乳類の中で蹄をもつグループ（有蹄類）に属する生物である。現存する有蹄類は、偶蹄類と奇蹄類の二系統しか存在しない。

有蹄類は、進化の過程で爪がひづめ（蹄）に退化して指の数は退化して減り、末脚骨（人間の手のひらにある骨）が長くなって足は高く持ち上げられ指のつま先だけが地面につくようになり、地上を早く走ることができるようになった。

＜偶蹄類と奇蹄類の簡単な区分け＞

- ・偶蹄類…指の数が偶数の動物（肢軸が第3指と第4指を通っている）

カバ	ラクダ	シカ	キリン
			
4本指	2本指	4本指	2本指

- ・奇蹄類…指の数が奇数の動物（肢軸が第3指を通っている）

ウマ	バク（象）
	
1本指	3本指

＜ヒトがウマのように立った図＞

ウマは進化の過程で指が一本になった。つまりウマは四本の肢すべて中指で立っていることになる。これをヒトで再現すると左の図になる。




**ヒトの手のつくりを調べよう**

＜手順＞

1. 自分の手（根元から中手骨、基節骨、中節骨、末節骨の順）を触る。
2. 自分の手の骨の数がいくつあるのか数える。

**ブタの肢の骨を観察しよう**

＜手順＞

1. 豚足の太い二本の指が上になるように置く。
2. ハサミで豚足の上側の手首のほうから切れ目をいれて、太い二本の指の骨が露出するまで手 or 割り箸で皮と肉を取り除く。このとき指の各骨がばらばらにならないよう注意する（かなり固いので骨がすぐにはばらばらになる）。



3. 豚足の側面も同様に皮と肉を取り除く。
4. 上から見た状態をスケッチする。
5. 下の皮と肉を取り除き、各骨をばらばらにする（このとき、出来るだけ骨まわりの肉を取り除く）。
6. ネットに骨を入れて、洗剤で洗ってぬめりを取る。
7. 下の図のように骨を元の位置に並べる。
8. 観察



図22 授業プリントの一部

- ・授業のようす：



図23 左側：解剖を行っているところ。右側：洗浄した骨格を組み立てる。

- ・コメント：動物の体のつくりは、中学理科2年で学ぶ内容である。手羽先などを使った解剖実習は実践例が豊富だが、哺乳類の解剖を実施することは難しいため、骨格標本や画像を用いて授業されていることが多い。豚足は比較的安価に大量の材料を入手できる素材なので、授業に取り入れることができれば効果が大きいと考えられる。今回の模擬授業では、ほぼ50分で授業ができていた。実際には、解剖しやすくするために、かなりの時間煮込む必要があって、準備に手間がかかるのが問題点となる。

## 6. 終わりに

受講生の中には、高校での理科の授業は大学入試対策の講義や問題演習が中心であるため、実験・観察の体験が乏しい大学生もいる。講義後の感想を読むと、受講生にとって、野外での模擬授業や、新しい素材を使った教材の体験は、そのこと自体が楽しい体験となっているようである。

教育実習を体験して帰ってきた受講生からは、模擬授業で開発した実験・観察を実際に行うことができてよかったという声を聞いている。本論文で示したようないろいろな場面での理科の教育や新しい教材開発の実体験は、教員となったときに、大きな力となることを期待している。

また、最先端の自然科学の講義を受けている大学生の柔軟な発想を生かすことで、現場教員とは違う視点や、これまで使われていなかった理論や素材の提案が得られ、筆者も教員としての知識の幅を広げることができている。実際、受講生から提案のあった教材のいくつかは、中学生や高校生の授業で活用させてもらっているものがある。

理科教育法の講義で教材開発を扱うことは、理科教育の人材育成だけではなく新しい教材開発にも資することが確認できたと考えている。

〔謝辞〕 本論文の執筆にあたり匿名の査読者のかたの指摘が本稿の改善にたいへん役に立った。早稲田大学教育・総合科学学術院・高木秀雄教授は、原稿を読み、本誌への投稿をお勧め頂いた。また、早稲田大学教育学部での理科教育法2Aの受講生の皆さんは、模擬講義の課題をよく考え、新しい教材の開発に真摯に取り組んで成果を上げた。開発された教材のうち、いくつかでも公開して理科教育の発展の一助とすることが、本稿の一つの目的である。以上の方々に記して感謝いたします。

## 引用文献

- 1) 小沢和浩, 田淵 洋, 宮武直樹, (2005), イチョウの黄葉度を利用した都市微気候の可視化. 法政大学多摩研究報告, 20, 81~98.
- 2) 環境再生保全機構, (2005), 大気浄化植樹マニュアルー総論編, pp.128.