

## 「科学常識度アンケート」に見る教職課程学生の実態

北里大学理学部・教職課程センター 山本 明利

教職を志す理系の学生を対象に「科学常識度アンケート」を実施した。学科や学年に関係しない一定の傾向も見られ、これまでも指摘されてきた課題を再確認することができる。この傾向は本学学生に限らないと推定する。とはいえ、理系で教職課程であることを考えれば憂慮すべき事であり、負の拡大再生産を防止するためにも、学生には志を高く持って、自ら科学リテラシーを磨いてほしいと期待している。

### アンケートの趣旨と内容

この春から大学の教壇に立ち、理科の教職課程の講座を担当することになった。担当する学生の実態を把握し、併せて教材とするために、次に示す内容の「科学常識度アンケート」を実施した。設問は 10 問で、回答方法は記述式である。

- ① 1 円玉の質量は何 g か。
- ② 1 円玉の直径は何 mm か。
- ③ 1 円玉の素材の物質名は。
- ④ 地球の全周は約何 km か。
- ⑤ 地球の年齢は約何億年か。
- ⑥ 一年は平均何日か。有効数字 5 桁で。
- ⑦ 単三電池の起電力は何 V か。
- ⑧ 家庭用商用交流の電圧（実効値）は何 V か。
- ⑨ 炭素 14 の中性子数は。
- ⑩ 机の上のリングにはたらく重力の反作用は何？

回答は受講票を兼ねた用紙に記入する。記名されているので、その後の追跡調査が可能である。

各設問の概略の意図は以下のとおりであ

る。

①～③は当然知っているかと踏んで、データの標準とするつもりだった。併せて、質量や長さの量的感覚を調査した。④⑤はマクロなスケール感と関心度を見ようとした。⑥では調査時に「4年に一度閏年があるよね」とヒントを出している。グレゴリオ暦法なら 365.24 日が正答（365.2425、ちなみに 365.2422 が真値）だが、ユリウス暦法の 365.25 日も正答とした。つまり、ちょっと数学的な考察をすれば容易に正答できるので、論理的な考察力を見ている。有効数字という言葉の意味が理解できているかも問う。⑦⑧は生活の中での物理的関心度を測る。⑦については単三マンガン電池の実物をその場で示して、「これに表示されている電圧のことです」と指定し、1.5V を正答とした。⑧では「家庭のコンセントの電気の電圧のことです」とヒントを出している。⑨は大学受験知識として高校時代に誰もが一度は身につけたであろう知識の尺度とした。そして⑩が本調査の眼目である。作用反作用のミスコンセプションについて次回以降の講義で教材として取り上げる予定だったので、他の項目よ

り著しく低い正答率を予測して、定番の「意地悪質問」をしたものである。

調査は4月19日の講義の最後に15分程度かけて行い、簡易集計の結果と正答を次時の講義で示した。さらに、一連の講義を行った後、3ヶ月後の7月14日に全く同じ設問で予告なく2回目の「抜き打ち調査」を行った。

調査対象は、理学部物理学科、化学科、生物科学科の2年生（それぞれSP2,SC2,SB2と略記）、および海洋生命科学部の1年生および3年生（それぞれMB1,MB3）合わせて100名余りである。いずれも教職課程を選択し、中学・高校の理科教員免許状取得をめざしている学生たちである。

#### 4月の調査結果

表1が調査結果の全データである。2回目の調査については後に触れることにし、まずは図1に示した1回目の調査から正答率の傾向を見ていこう。

1円玉に関する設問では、①と③は期待通りの結果でよい定着が見られたが、②の1円玉の直径は予想外の低率だった。誤答は「10mm」としたものが多く、当初は半径と勘違いしたとも考えたが、2回目の調査でも傾向が変わらないことから、長さの量的感覚は身につけていないと判断した。

④の地球の全周を問う設問では6400km（地球の半径）、38万km（月までの距離）、30万km（光が1秒間に進む距離）など曖昧な記憶に頼る当てずっぽうの答えで誤答しているケースが多いが、地球の半径6400kmから計算したり、「光は1秒に地球を七回り半」の知識から逆算して4万kmとしている回答例もあり、もちろん正答に

含めた。MB1だけが著しく高い正答率を示したのは、たまたま直前の他の講義でその話が出たかららしい。このことは2回目の調査で面白い結果を生む。

⑤では「64億年」という誤答が多く、4と6という数字はおぼろげに記憶しているが順序が逆転しているらしい。1回目では正答なのに、2回目で逆転している例も数例あった。認知の心理として興味深い。

⑥は前述のように「4年に一度2月に29日が加わる」ことから容易に導き出せるようにヒントも与えたが、正答率はいまひとつ伸びなかった。誤答で一番多いのは「364.75日」で、4年に1日、平均0.25日を365に加えるべき所を逆に引いていると考えられる。数の認識が苦手な者が少なからずいるのではないかと想像する。なお、本調査で365という数字を憶えていない学生も少なからずいることが判明して愕然とした。

⑦と⑧はおおむね予想通りの結果だったが、SP2が善戦した。やはり電気への関心が他学科の学生に比べて高いのだろうか。特に交流の成績がよいことは、旧課程の高校物理の「生活と電気」の学習効果ではなからうか。誤答も比較的大きな数字が並び、「商用交流は電圧が高い」という意識はかなり徹底しているとみてよい。なお、この頃の若者は乾電池をあまり使わない。スマホをはじめ、小物家電は充電式が多いのである。⑦の誤答は当てずっぽうなのでたれなめな数値が並んだ。

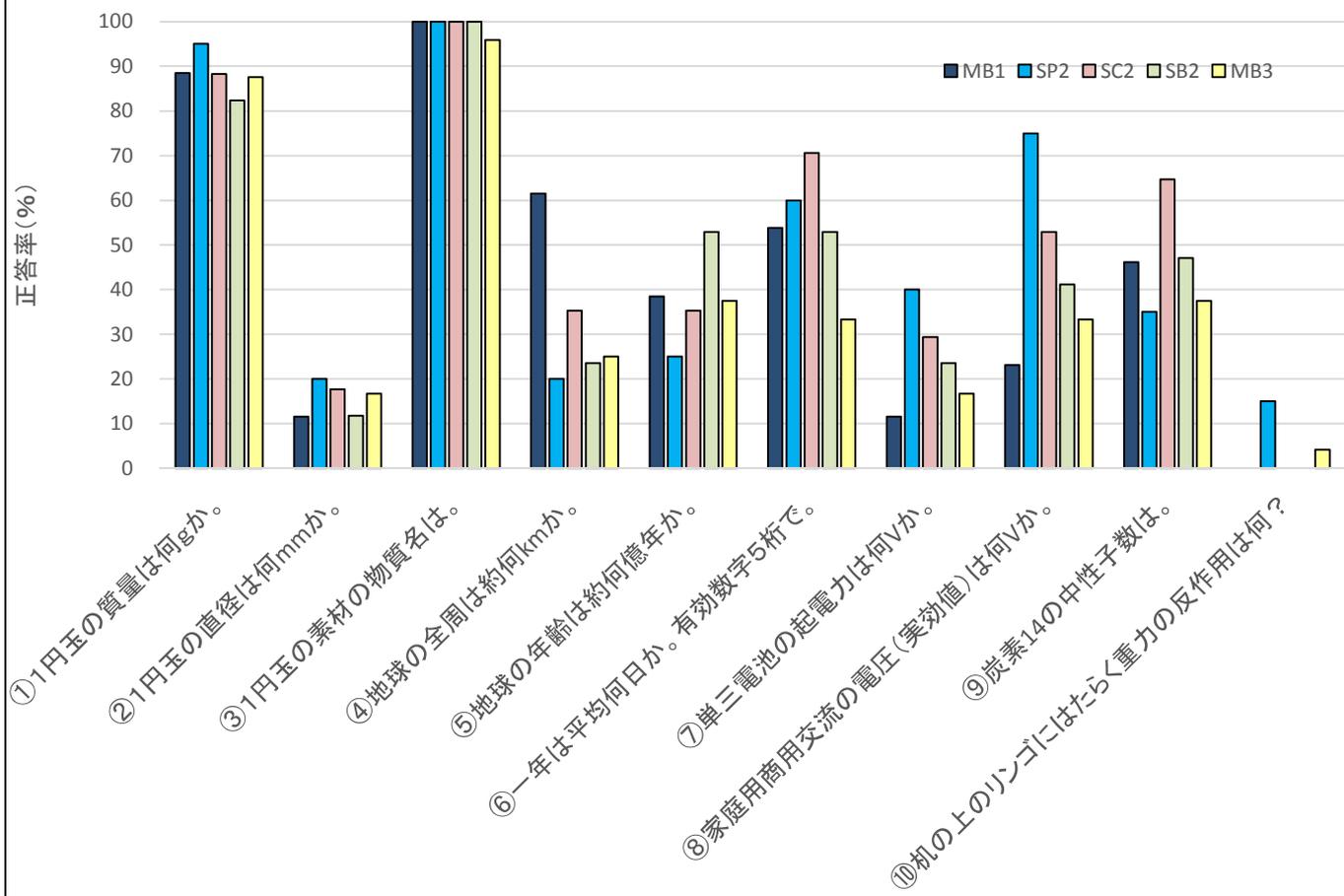
⑨のような受験知識は、一度は覚えても、用が済むと半数の学生は忘れてしまう。SC2がやや抜きんでているのは専門科目への関心の高さの反映だろうか。

【表1】科学常識度アンケート集計結果

(調査対象: 海洋生命科学部1, 3年、理学部2年のいずれも教職課程履修者)

	正答数						正答率%					
	MB1	SP2	SC2	SB2	MB3	総計	MB1	SP2	SC2	SB2	MB3	総計
<b>1回目回答総数</b>	26	20	17	17	24	104	100	100	100	100	100	100
①1円玉の質量は何gか。	23	19	15	14	21	92	88.5	95.0	88.2	82.4	87.5	88.5
②1円玉の直径は何mmか。	3	4	3	2	4	16	11.5	20.0	17.6	11.8	16.7	15.4
③1円玉の素材の物質名は。	26	20	17	17	23	103	100	100	100	100	95.8	99.0
④地球の全周は約何kmか。	16	4	6	4	6	36	61.5	20.0	35.3	23.5	25.0	34.6
⑤地球の年齢は約何億年か。	10	5	6	9	9	39	38.5	25.0	35.3	52.9	37.5	37.5
⑥一年は平均何日か。有効数字5桁で。	14	12	12	9	8	55	53.8	60.0	70.6	52.9	33.3	52.9
⑦単三電池の起電力は何Vか。	3	8	5	4	4	24	11.5	40.0	29.4	23.5	16.7	23.1
⑧家庭用商用交流の電圧(実効値)は何Vか。	6	15	9	7	8	45	23.1	75.0	52.9	41.2	33.3	43.3
⑨炭素14の中性子数は。	12	7	11	8	9	47	46.2	35.0	64.7	47.1	37.5	45.2
⑩机の上のリンゴにはたらく重力の反作用は。	0	3	0	0	1	4	0.0	15.0	0.0	0.0	4.2	3.8
<b>2回目回答総数</b>	24	16	14	18	25	97	100	100	100	100	100	100
①1円玉の質量は何gか。	23	15	13	18	23	92	95.8	93.8	92.9	100	92.0	94.8
②1円玉の直径は何mmか。	8	3	4	6	5	26	33.3	18.8	28.6	33.3	20.0	26.8
③1円玉の素材の物質名は。	24	16	14	18	24	96	100	100	100	100	96.0	99.0
④地球の全周は約何kmか。	9	4	8	2	9	32	37.5	25.0	57.1	11.1	36.0	33.0
⑤地球の年齢は約何億年か。	11	3	6	11	14	45	45.8	18.8	42.9	61.1	56.0	46.4
⑥一年は平均何日か。有効数字5桁で。	16	13	11	13	15	68	66.7	81.3	78.6	72.2	60.0	70.1
⑦単三電池の起電力は何Vか。	5	6	6	3	6	26	20.8	37.5	42.9	16.7	24.0	26.8
⑧家庭用商用交流の電圧(実効値)は何Vか。	9	12	8	11	14	54	37.5	75.0	57.1	61.1	56.0	55.7
⑨炭素14の中性子数は。	13	6	11	7	15	52	54.2	37.5	78.6	38.9	60.0	53.6
⑩机の上のリンゴにはたらく重力の反作用は。	5	10	7	9	9	40	20.8	62.5	50.0	50.0	36.0	41.2

【図1】科学常識度アンケート・学科別比較(1回目・4月実施)



⑩は本調査のメインテーマである。予想通り壊滅的な結果で、ほぼ全滅と言ってもよい。現職の理科教員でもしばしば誤解する概念を問うているので、学生の正答率は期待していなかったが案の定だった。次にこの問題を詳しく見ていこう。

### 作用反作用と力のつりあいの誤概念

⑩の設問の正答は「リンゴが地球に及ぼす万有引力」である。「リンゴが地球を引く力」などでもよい。リンゴに働く重力は「地球がリンゴに及ぼす万有引力」なのだから「物体AがBに力を及ぼす時は、BもAに同一直線上逆向き等大の力を（同時に）及ぼしている」という作用反作用の法則に従って、A（地球）とB（リンゴ）を交換すればよいのである。机は誤答を誘うための目くらましであって、机を取り払ってもリンゴへの重力はちゃんと働くのだから、机は重力の反作用の相手ではない。それなのに「(机がリンゴに及ぼす) 垂直抗力」という回答が圧倒的多数を占めるのである。「(垂直) 抗力」という用語は生活用語ではなく、中学理科で最初に学ぶ。誤答して、調査後の感想文に「中学・高校で先生からそのように教わった」と書いた学生も複数いた。気の毒なことに当時の教員から「誤概念を教わった」のである。

机からの垂直抗力は、リンゴが机を押す力（これも垂直抗力）と作用反作用の関係にあり、一方で、リンゴが静止しているならば、リンゴに働く重力とつりあいの関係にある。

このとき「リンゴが机を押す力はリンゴの重さであって重力に他ならないのではないか」というのが、初学者が必ずと言って

いいほど陥るミスコンセプションである。リンゴが机を押す力は「机が受ける力」であり、重力（重さ）は「リンゴが受ける力」であって、たとえ等大で同じ向きの方であっても「持ち主が違う別の力」なのだと教えて修正を促すのだが、この誤概念はなかなか手強くて、多くの初等力学教育が結局は失敗に終わるのである。

このことを教材として取り上げたかったというのも本アンケートの動機のひとつである。素直な学生たちは見事にひっかかってくれて、典型的なデータが得られた。

### 鈴木亨氏のアンケート

アンケートの翌週に集計結果と正答を学生に示した。設問⑩以外はさりと正答の数字を示し、④⑥⑨のみ簡単な解説を行うにとどめた。2回目の調査を意図して、⑩と差別化をはかるために、あえて印象に残らないであろう教え方をしている。もちろんこの時点ではそのことは学生には内緒である。

他方、⑩については作用反作用の法則の丁寧な復習をした後、相撲の話や綱引きの話<sup>1)</sup>を例に出しながら、拙著「電車の綱引き」<sup>2)</sup>の演示実験まで実際に見せて、印象づけをはかった。

さらに理学部3学科の2年生には、講義が進んだ5月17日に、資料1に示した筑波大学附属高校の鈴木亨氏考案のアンケート<sup>3)</sup>を実施し、回収後鈴木氏の論文「作用反作用の法則にまつわる誤解」<sup>3)</sup>を読みながら学生自身にも考えてもらった。

鈴木氏は論文の中で、平成17年度佐賀県公立学校教員採用試験・中学校理科に出題された力学の問題を引用し、その出題者



自身が前述のミスコンセプションを起こして、正答のない出題ミスを犯したことを指摘した上で、同様の問題を現職の中学校教諭対象のアンケート内に滑り込ませて意識調査を行った結果を報じている。

鈴木氏によれば、資料1の設問3で「本が地球を引く力」と正答した回答者は皆無で、「抗力」や「机が本を支える力」などの回答がほとんどだったという。現職の教諭も誤概念の罫にはまっていることが明瞭に示されたという報告である。

さて、この鈴木氏のアンケートを理学部の2年生42名を対象に原文のまま実施した結果の一部を表2および図2, 3に示す。

断っておくが、対象の学生は前時までの講義の中で、4月調査の結果から自分たちの誤概念を指摘され、その反省に立って

「理科教員になって教壇に立っている自分をイメージして」作用反作用の法則を復習し、その教授法を考えている。

反作用の名称を「本が地球を引く力」などと正答できた者は全体の約26%である。やや寂しくはあるが、これが0でないところは講義の学習効果であろう。物理学科がかろうじて50%を越えたことはさすがと喜ぶべきだろうか。しかし、安心はできない。

教員になったつもりで、「生徒がわかりにくいと思われること」を回答した設問4の結果は、前の鈴木論文に載っている中学校教諭の回答結果と驚くほどよく似ている。作用反作用と力のつりあいを混同してはいけないとわかっているつもりで、反作用が発生する原因にこだわるという、第2の誤概念にとらわれていることがはっきり

わかる。この誤概念は教員になってからも容易に払拭されないのではあるまいか。

図2に戻ると、復習の結果好成績であると思われた物理学科の学生が、設問7のA, Bの説明を「①正しくわかりやすい(誤答)」と自信たっぷりに支持しており、「⑥これは弾性力の説明であって、反作用の説明ではない」の正答率が3学科の中で著しく低いことが象徴的である。わかったつもりで説明しているが実はわかっていないという、「説明主義」の関門が彼らを待ち受けているのだ。<sup>4)</sup>

もちろん学生には正答を伝えて解説し、「現職の先生でも間違えるところだから、君たちが今間違えたのは無理もない。生徒にウソを教えないうために、教員は生涯謙虚に勉強し続ければよいのだ」と励ました。

## 2回目の調査との比較

講義も終盤にさしかかった7月14日に再び同じ設問で「科学常識度アンケート」を抜き打ちで実施した。再びこの調査を行うことは前の調査の時には告知していない。不意をつかれたという感じで、講義室は一瞬ため息交じりのざわめきに包まれた。「成績に関係ないから、隣近所と話をしないで正直に回答して」と丁重にお願いして協力していただいた。

表1に示したデータのうち、2回ともデータがそろっている学生のみを抽出して正答率の増減を見ると共に、個々の回答者の回答内容の変化を追ってみた。私の講義自体の効果を評価すると共に、教え方の違いが教育効果にどれほど影響するかを比較する狙いがあった。

表3と図4に結果を示す。図4は各設問

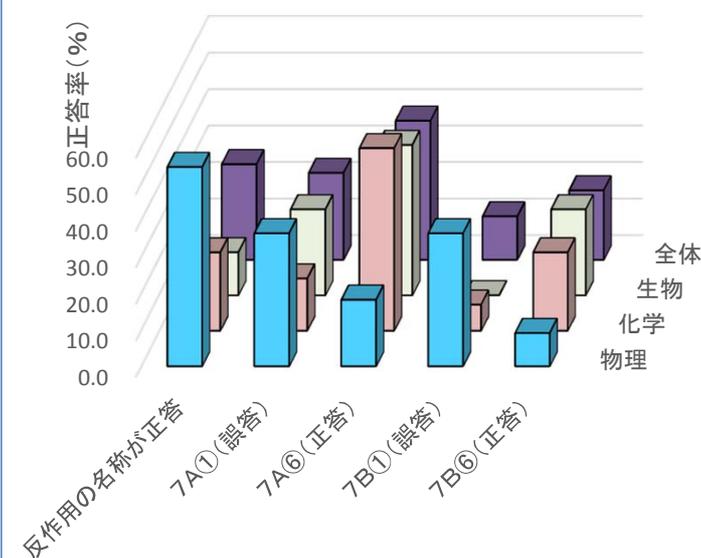
【表2】 鈴木亨氏考案のアンケート実施結果

調査対象: 理学部2年生42名

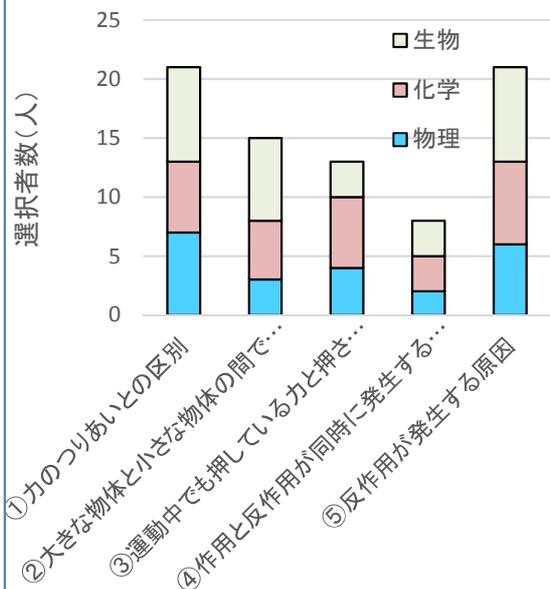
実施日: 2014年5月17日

		回答数				回答率(%)			
		物理	化学	生物	計	物理	化学	生物	全体
3	3. 机の上の本に働く重力の反作用の名称 (正答者)	6	3	2	11	54.5	21.4	11.8	26.2
4	①力のつりあいとの区別	7	6	8	21	63.6	42.9	47.1	50.0
	②大きな物体と小さな物体の間で働く力が等しいこと	3	5	7	15	27.3	35.7	41.2	35.7
	③運動中でも押している力と押されている力が等しいこと	4	6	3	13	36.4	42.9	17.6	31.0
	④作用と反作用が同時に発生すること	2	3	3	8	18.2	21.4	17.6	19.0
	⑤反作用が発生する原因	6	7	8	21	54.5	50.0	47.1	50.0
7A	①正しくわかりやすい説明であり、そのように教えている	4	2	4	10	36.4	14.3	23.5	23.8
	②わかりにくい説明なのだが、正しいので、そのように教えている	2	0	0	2	18.2	0.0	0.0	4.8
	③正しくないが、わかりやすい説明なので、そのように教えている	2	0	1	3	18.2	0.0	5.9	7.1
	④正しいが、わかりにくい説明なので、そのように教えている	1	2	1	4	9.1	14.3	5.9	9.5
	⑤わかりやすい説明だが、正しくないので、そのようには教えていない	0	3	3	6	0.0	21.4	17.6	14.3
	⑥これは弾性力の説明であって、反作用の説明ではない	2	7	7	16	18.2	50.0	41.2	38.1
7B	①正しくわかりやすい説明であり、そのように教えている	4	1	0	5	36.4	7.1	0.0	11.9
	②わかりにくい説明なのだが、正しいので、そのように教えている	2	2	1	5	18.2	14.3	5.9	11.9
	③正しくないが、わかりやすい説明なので、そのように教えている	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
	④正しいが、わかりにくい説明なので、そのように教えている	3	3	5	11	27.3	21.4	29.4	26.2
	⑤わかりやすい説明だが、正しくないので、そのようには教えていない	1	2	4	7	9.1	14.3	23.5	16.7
	⑥これは弾性力の説明であって、反作用の説明ではない	1	3	4	8	9.1	21.4	23.5	19.0
回答者総数		11	14	17	42	100	100	100	100
		物	化	生	計	物	化	生	計

【図2】 正答者は課題を正しくとらえているか



【図3】 生徒がわかりにくいと思われること

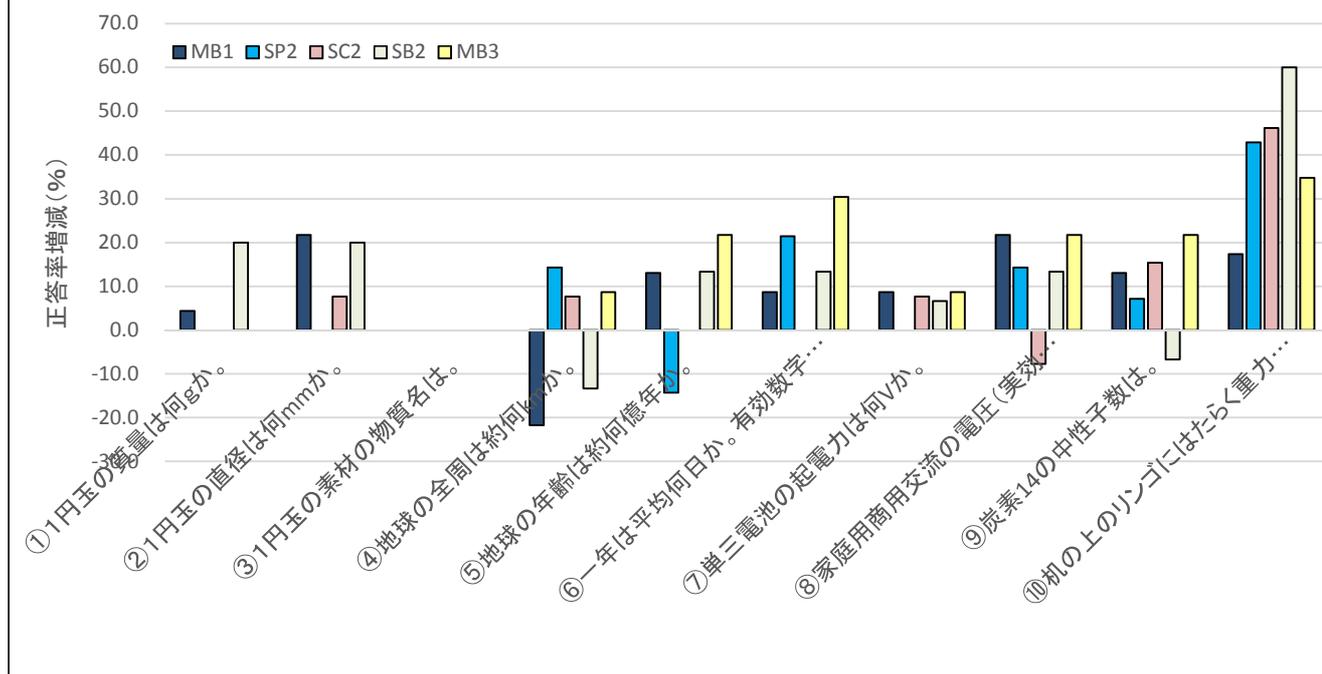


【表3】科学常識度アンケート集計結果(2回のデータがそろっている回答者のみを抽出して集計したもの)

(調査対象:海洋生命科学部1,3年、理学部2年のいずれも教職課程履修者)

	正答数						正答率(%)					
	MB1	SP2	SC2	SB2	MB3	総計	MB1	SP2	SC2	SB2	MB3	総計
<b>一回目回答総数</b>	23	14	13	15	23	88	100	100	100	100	100	100
①1円玉の質量は何gか。	21	13	12	12	21	79	91.3	92.9	92.3	80.0	91.3	89.8
②1円玉の直径は何mmか。	3	3	3	2	4	15	13.0	21.4	23.1	13.3	17.4	17.0
③1円玉の素材の物質名は。	23	14	13	15	22	87	100	100	100	100	95.7	98.9
④地球の全周は約何kmか。	14	1	6	4	6	31	60.9	7.1	46.2	26.7	26.1	35.2
⑤地球の年齢は約何億年か。	8	4	5	7	8	32	34.8	28.6	38.5	46.7	34.8	36.4
⑥一年は平均何日か。有効数字5桁で。	13	9	10	8	8	48	56.5	64.3	76.9	53.3	34.8	54.5
⑦単三電池の起電力は何Vか。	3	5	5	2	4	19	13.0	35.7	38.5	13.3	17.4	21.6
⑧家庭用商用交流の電圧(実効値)は何Vか。	4	10	8	6	8	36	17.4	71.4	61.5	40.0	34.8	40.9
⑨炭素14の中性子数は。	10	5	8	6	9	38	43.5	35.7	61.5	40.0	39.1	43.2
⑩机の上のリングにはたらく重力の反作用は	0	3	0	0	1	4	0.0	21.4	0.0	0.0	4.3	4.5
<b>二回目回答総数</b>	23	14	13	15	23	88	100	100	100	100	100	100
①1円玉の質量は何gか。	22	13	12	15	21	83	95.7	92.9	92.3	100	91.3	94.3
②1円玉の直径は何mmか。	8	3	4	5	4	24	34.8	21.4	30.8	33.3	17.4	27.3
③1円玉の素材の物質名は。	23	14	13	15	22	87	100	100	100	100	95.7	98.9
④地球の全周は約何kmか。	9	3	7	2	8	29	39.1	21.4	53.8	13.3	34.8	33.0
⑤地球の年齢は約何億年か。	11	2	5	9	13	40	47.8	14.3	38.5	60.0	56.5	45.5
⑥一年は平均何日か。有効数字5桁で。	15	12	10	10	15	62	65.2	85.7	76.9	66.7	65.2	70.5
⑦単三電池の起電力は何Vか。	5	5	6	3	6	25	21.7	35.7	46.2	20.0	26.1	28.4
⑧家庭用商用交流の電圧(実効値)は何Vか。	9	12	7	8	13	49	39.1	85.7	53.8	53.3	56.5	55.7
⑨炭素14の中性子数は。	13	6	10	5	14	48	56.5	42.9	76.9	33.3	60.9	54.5
⑩机の上のリングにはたらく重力の反作用は	4	9	6	9	9	37	17.4	64.3	46.2	60.0	39.1	42.0
<b>増減</b>												
①1円玉の質量は何gか。	1	0	0	3	0	4	4.3	0.0	0.0	20	0.0	4.5
②1円玉の直径は何mmか。	5	0	1	3	0	9	21.7	0.0	7.7	20.0	0.0	10.2
③1円玉の素材の物質名は。	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0
④地球の全周は約何kmか。	-5	2	1	-2	2	-2	-21.7	14.3	7.7	-13.3	8.7	-2.3
⑤地球の年齢は約何億年か。	3	-2	0	2	5	8	13.0	-14.3	0.0	13.3	21.7	9.1
⑥一年は平均何日か。有効数字5桁で。	2	3	0	2	7	14	8.7	21.4	0.0	13.3	30.4	15.9
⑦単三電池の起電力は何Vか。	2	0	1	1	2	6	8.7	0.0	7.7	6.7	8.7	6.8
⑧家庭用商用交流の電圧(実効値)は何Vか。	5	2	-1	2	5	13	21.7	14.3	-7.7	13.3	21.7	14.8
⑨炭素14の中性子数は。	3	1	2	-1	5	10	13.0	7.1	15.4	-6.7	21.7	11.4
⑩机の上のリングにはたらく重力の反作用は	4	6	6	9	8	33	17.4	42.9	46.2	60.0	34.8	37.5
							MB1	SP2	SC2	SB2	MB3	総計

【図4】2回の調査での正答率の増減



の正答率の増減（2回目－1回目）を学科ごとに示したグラフである。

前述のように、1回目の調査後の解説では、設問⑩以外の項目は、正答の数値を示す程度のあっさりした解説にとどめてある。問題を出して○×判定をして、正答を言うだけの授業のモデルデータである。

平均で10%ほどの伸びはあるものの、3ヶ月の間にすっかり元に戻ってしまっている者も少なくない。これが普通の教育の実態だろう。MB1の設問④の正答率が激減している。1回目の時はたまたま直前の他の講義で話題になった記憶が残っていたため飛び抜けて好成绩だったのだが、こうした記憶は長続きしない。今では他学科と変わらないレベルに落ち着いている。

最後に、設問⑩を見てみると、かなり強調して念入りに教えた甲斐があって大きな伸び率を示している。特に、鈴木氏の論文とアンケートを教材にして追撃をかけた理学部3学科の伸びは著しい。当たり前のことだがやればやっただけの事はあるのである。それでもまだ正答が半数に満たないのは寂しいが、この誤概念がそれほど手強いということの現れだと思う。彼らがそれを克服してくれることを心から願う。

## まとめ

調査の結果は一部の設問を除き、学科や学年によらない一定の傾向を示した。この傾向が他大学も含めて一般的なものなのかどうか、是非知りたいと思う。

以上の報告で調査対象となった者はいずれも理科系であり、あえてオプションの教職課程の講座を選択して中学・高校の教員を志す、いたって熱心でまじめな学生たち

である。小中高を通じて理科は好きだったようだし、その成績も悪くなかっただろう。今回の調査内容に関して言えば国民の平均以上のレベルにある対象者である。

それでも、その「科学常識度」の実態はこれまで報告したとおりで、文系も含めた一般の成人に広げて調査を行うとすれば、その結果は推して知るべしである。それが現在の日本の理数教育の実態なのだ。

報告の中でも触れたように、この学生たちがやがて教壇に立つと考えれば、鈴木氏が報告した内容も頷けるが、これはやはり憂慮すべき事であり、負の拡大再生産を防止するためにも、学生には志を高く持って、自ら科学リテラシーを磨いてほしいと期待している。

誤概念にとられるのは人間の性であり、理科教員とても例外ではない。その克服には教壇に立った後もたゆまぬ研鑽が必要だと思う。科教協の研究会がそのような場として有効に機能することを願ってやまない。

## 参考文献

- 1) 山本明利：綱引きの力学，YPCニュース No.91, 1995
- 2) 山本明利：電車の綱引き，物理教育通信 No.143, 2011
- 3) 鈴木亨：作用反作用の法則にまつわる誤解，物理教育通信 No.123, 2006
- 4) 朝生邦夫：作用反作用の「原理性」について，理科教室，No.35(445), 1992