

地学教育

第58巻 第4号(通巻 第297号)

2005年7月

目 次

原著論文

我が国における天文教育の危機的状況

—季節変化に対する小学校教員志望学生の認識状態と

その変容に基づいて—……………松森靖夫…(113~132)

高等学校理科の総合的な必修科目にふさわしい地学分野の内容の検討

……………林 慶一・三次徳二…(133~143)

お知らせ(144)

学会記事(145~156)

日本地学教育学会

263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町 1-33 千葉大学教育学部理科教育教室内

我が国における天文教育の危機的状況

—季節変化に対する小学校教員志望学生の
認識状態とその変容に基づいて—

A Crisis Situation of Astronomical Education in Japan;
Based on Preservice Elementary Teachers' Recognition of
Seasonal Changes and the Alteration of Their Recognition

松森 靖夫*

Yasuo MATSUMORI

Abstract: The purposes of this study are: 1) to investigate how preservice elementary teachers in Japan recognize the causes of seasonal changes; 2) to design specific teaching strategies to improve the teachers' understanding of the causes of seasonal changes; 3) to examine how teachers can develop the scientific understanding through individual interviews based on the designed teaching strategies; and 4) to reassess the effectiveness of the present program of astronomical education in Japan, referring to the findings derived from 1), 2) and 3). The findings of this study are as follows: 1) none of the preservice teachers had a scientifically-correct understanding of seasonal changes; 2) the teachers' misconceptions could be corrected and improved by the designed teaching strategies; and 3) several critical conditions in astronomical education in Japan were identified (e.g. problems with the content and curricula of the astronomical education in elementary and lower-secondary teachers' education programs).

Key words: astronomical education, preservice elementary teachers, seasonal changes, a crisis situation of astronomical education in Japan

問題の所在

周知のとおり、2004年9月、日本天文学会秋季年会(於、岩手大学)において、天文事象に対する小学生の低い認識状態が報告され、TV等のマスコミに大きく報道され、また天文教育関係者たちの間でも議論が巻き起こった(縣, 2004a, 2004b)。日本天文学会では、我が国の天文教育における危機的状況の証拠の一つとして捉え、学会内に「教育問題懇談会」を設置するに至った(松田, 2004)。

ところで、この子どもたちの低い認識状態を巡る一

連の報道や議論の中で、ほとんど触れられなかった要因が存在する。具体的には、子どもたちの認識達成を支援する立場にある、小学校教員(以下、本稿の6.まで、教員と略記)や、将来教壇に立つであろう小学校教員志望学生(以下、学生と略記)の天文学的素養の問題である。天文学をはじめとする科学的素養が不十分な教員の場合、子どもが発する多様な疑問に答えたり、概念的な矛盾を指摘したりすることが難しく、子どもの認識達成の妨げにもなりかねないためである(Driver et al., 1994; 松森, 2003a)。また、教員と子どもとのコミュニケーション過程として授業を捉える

とき(松森, 1997), 天文学に精通している教員による指導と, 不得手としている教員の指導とを比較すれば, 子どもの認識達成に及ぼす影響は自ずと異なるものと予想されるからである。今後, 並行して, 学生や教員の天文学的素養の実態も踏まえた議論が必要である。

ところが, 従前までの我が国の天文教育研究において, 学生や教員の天文学的素養の実態は, ほとんど解明されてはいない。「歩く」と月が「ついて来る」という日常的な天文現象に対する学生の認識状態を把握するとともに, その変容を志向した活動例を提案している広木(1986)が挙げられる程度である。

一方, 諸外国においては, 多数の既存研究が存在する。例えば, Ojala(1992)は, フィンランドの学生を対象にして, 地軸の傾き等の気温変化を引き起こす原因に対する認識状態を調査している。Parker & Heywood(1998)は, イギリスの学生と教員を対象にして, 3種類の基本的天文現象(昼と夜, 季節変化, 及び月の位相)の生起する理由に対する認識状態を調査し分析を行っている。同様に, Atwood & Atwood(1996)の場合は, アメリカ合衆国の学生を対象にして, 季節変化が生じる原因に対する認識状態を詳細に調査している。これら3者の調査研究において, また学生と教員のいずれかを問わず共通して, 危機的状況ともいふべき大変低い認識状態が報告されている。

さらに, エストニアの学生と教員を対象にしたKikas(2004)も, 季節変化等の諸現象が生じる原因に対する大変低い認識状態を指摘しており, 小学校教員養成や再教育に対する国家的かつ抜本的な改革を要求している。

そこで, まず本稿では, 我が国における天文教育にの危機的状況を議論する上で不可欠な実証的データを得るために, 学生を対象にして, 天文事象の一つである季節変化の原因に対する認識状態を調査し分析を加える。また, 調査によって明らかになった学生の認識状態をより科学的なものへと変容させるための方策について提案し, 実際に試行する。そして, これら一連の実証的データに依拠しながら, 我が国における天文教育の危機的状況について検討を加えようとするものである。

1. 本研究の目的

本研究の主な目的は, 以下の3点である。

- 目的1) 季節変化の原因に対する学生の認識状

態を把握し, 分析を加える。

- 目的2) 目的1で得られた学生の認識状態を科学的認識へと変容させるための具体的方策を提案するとともに, 試行する。
- 目的3) 目的1及び2から得られた実証的データ等に基づいて, 我が国の天文教育の危機的状況について考察を加える。

2. 調査の実施

(1) 調査期日及び調査対象

調査は, 2004年7月に実施した。調査対象は, 山梨県内に位置する大学の教員養成系学部在籍しており, 講義科目「初等理科教育学」を履修している学生46名(男子23名, 女子23名)である。なお, 調査対象となった学生の中で, 高等学校在籍時に地学IA, IBを履修した者は皆無であった。

(2) 調査内容と方法

B5判1枚の質問紙による自由記述を用いた。質問文は(Kikas, 2004)を参考にして, 「日本の夏は暑く, 冬は寒いのは, なぜでしょうか。あなたの考えを言葉や図で説明して下さい。」とした。各自に質問紙を配布し, 記入を求めた。時間は制限せず, 各自に必要なだけ与えた。記入終了後, 速やかに質問紙を回収した。

3. 調査結果

調査結果は, 表1の左半分の「学生の説明」の部分に, 各学生の「文章の説明」と, 「図の説明(有・無)」を列記した。また, 図による説明については, その典型的な事例を図2に示したので参照されたい。なお, 無回答者は1名(学生番号37, 女)のみであり, 回答率は97.8%であった。また, 無回答者1名を除く45名全員が文章による説明を行い, そのうちの43名(95.6%)が図による説明も並記していた。

4. 調査結果の考察

(1) 科学的正誤を判断する基準の作成とコーディング

①基準の作成

まず, 各学生の説明に対する科学的正誤を判断する際, その基準となる科学的説明を明らかにしておく必要がある。そこで, 文部科学省検定済中学校理科教科書(霜田ほか, 2000)における季節変化の説明文を参考にして, 図1のような構造の科学的説明を作成し, 正誤判断の基準にした。換言すれば, 文章のみによる

表1 (つづき)

23	女	「地軸が23°傾いていて、太陽から距離が近い時は夏、遠い時は冬。」	有	HI										○
24	男	「太陽の南中高度が高いので、地面に垂直に近い角度で当たる。だから、夏は日影が少なく暑い。冬、南中高度が低い。だから、冬は日影が多くて寒い。」	有	HI	○									
25	女	「日本がある北半球が太陽が一番近づくと、気温が高くなる夏になる。逆に、日本が太陽から一番遠くなる時、気温が下がり冬になる。」	有	HI										○
26	男	「地球は地軸を傾けながら、公転しているため、太陽により近づくと時期があるから。」	有	HI										○
27	女	「太陽の周りをぐるぐる回る地球が、夏になると太陽に一番近くなり、冬一番遠くなるから。」	有	HI					○					
28	男	「地球の地軸が傾いたまま公転しているので、一年間のうちに太陽に一番近くなった時に、暑くなる。」	有	HI										○
29	男	「地軸が傾いていて回転しているため、太陽側に近づいたとき、暑くなる(夏になる)と思う。」	有	HI										○
30	女	「地球は公転軌道に対して軸を斜めにして回転している。夏になると、太陽が地球に当たる時間が長くなるため暑くなる。」	有	JA										
31	女	「こう、太陽の周りを地球は楕円形に回っていて、夏の時太陽に一番近づくと、暑い。なぜそう考えたかという、教科書に載っている図が、こんな形だった気がするから。」	有	HI					○					
32	女	「地球の地軸が傾いていて、夏に太陽に近づくから暑くなるし、冬は、遠くなるから寒くなる。」	有	HI										○
33	女	「地球の地軸が傾いているため、夏は日照時間が長くなり、暑くなる。また、地表と太陽との距離が縮まり、地球に届く熱の量が増えるためということもある。冬はその逆。」	有	KH										○
34	男	「地球の地軸が傾いており、夏の時期、北極が1日中照らされる時期になると、日本などの北半球では、太陽光線が1日に照射されている時間が、そうでない時間に比べ、長い間から。」	有	JA										
35	男	「地球は太陽の周りを公転しており、夏になると太陽との距離が近づくため。」	有	HI					○					
36	男	「夏は太陽に近づき、冬は遠ざかるから。」	有	HI					○					
37	女	〈記述事項なし〉	無	NA										
38	女	「夏は太陽高度が高いので、太陽が出ている時間が長くなるので暑い。冬は太陽高度が低いので、太陽が出ている時間は短くなるので寒い。」	有	HI					○					
39	女	「地球の地軸は傾いていて、地球は自転と公転をしている。そのため、夏になると、北半球に位置する日本はちょうど太陽に最も近くなるため、暑くなる。冬には、太陽と最も離れるので寒くなる。」	有	YB& HI										○
40	男	「地球は、太陽との公転面に対して地軸が傾いている。そのため、左図の位置に地球と太陽が並ぶと、北半球の方が、太陽光線を近くで受けることになる。そのため暑くなる。逆もしかりである。」	有	HI										○
41	男	「この図のように、夏になると、地球で自分がいる位置が近くなり、冬になると、遠くなるので、太陽から伝わる熱が違うため、季節変化が起こる。」	有	HI										○
42	男	「地軸の傾き、地球の太陽周りの公転の関係により、かつ太陽との距離も多少近いものになるから。」	有	HI										○
43	男	「地球の地軸が傾いた状態で、太陽の周りを公転していて、太陽の正面にある場所と、離れた場所では日当たり具合が違う。」	有	HI	○									
44	男	「地球と太陽の位置が一番接近するのが夏で、遠くなるのが冬。地軸の傾きが関係していると思われる。」	有	HI										○
45	女	「地軸が傾いているので、この時(左図)の日本は冬だが、この時(右図)の時、日本は夏である。」	有	HI										○
46	女	「図のように、地球の上空を太陽が動き、夏は、光が垂直に当たり、冬は、太陽の光が一番斜めから当たるから。」	有	HI					○					

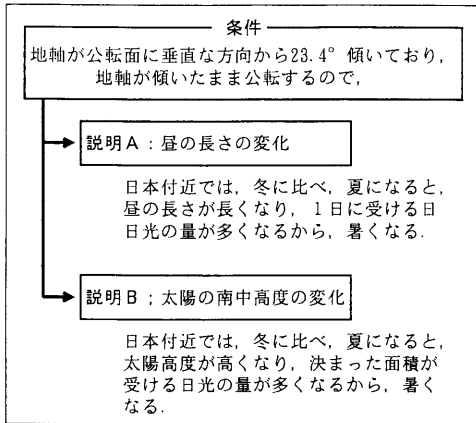


図1 季節変化に対する科学的説明

表2 各説明のコード

説明の種類	コード
・科学的な説明(図1の条件+説明A+説明B)	JAB
・不完全な説明A(図1の条件+説明Aのみ)	JA
・不完全な説明B(図1の条件+説明Bのみ)	JB
・科学的説明と非科学的説明とが混在した説明 (不完全な説明AかBのいずれか一方と、非科学的説明(箇所)とが並記されている説明)	KH
・非科学的な説明(科学的に曖昧、または判然とし ない説明も含む)	HI
・必要のない余分な情報まで示されている説明	YB
無回答	NA

説明、または、文章と図を併用した説明において、図1に示した「条件」、「説明A」、及び「説明B」の3者が示されていると判断できるものを、科学的に正しい説明とした。

②基準(図1)に基づくコーディング

図1の基準に依拠して、各学生の説明の科学的正誤を判断した結果を示すために、さらに、表2のようなコーディングを施し、使用した。

(2) 各学生の説明に対する科学的正誤

各学生の説明に関する科学的正誤を、表1の中段の「科学的正誤」に示した。また、その人数分布をまとめたのが表3である。

一覧すれば分かるように、科学的な説明(JAB)に該当する説明は皆無であり、季節変化の原因に対する確固たる科学的認識を備えている学生は1名もいなかった。不完全な説明A(JA)は3名(6.5%)であり、不完全な説明B(JB)も1名(2.2%)と低率であった。

表3 各説明別の該当人数(N=46)

説明コード	JAB	JA	JB	KH	HI	NA
人数分布	0	3	1	1	40*	1

*YB & HIに該当する2名も含む。

また、科学的説明Aと非科学的説明とが混在している説明(KH)が1名(2.2%)認められた。

一方、非科学的な説明(HI)に該当する学生は40名(86.9%)にも達し、さらにその中の2名の説明は、必要のない余分な情報まで示した説明(YB)にも該当するものであった。実際、表3中の非科学的説明(HI)とそれ以外の各説明について、直接確率計算により人数差を検定したところ、有意であった($p=.000$, 両側検定)。このように、季節変化に対する学生達の認識状態は極めて低いことが判明した。

(3) 誤答理由の類型化による分析

①本研究における誤答について

ここで言う誤答とは、4種類の説明(JAB: 0名, JA: 3名, JB: 1名, 及びNA: 1名の計5名)以外の説明であり、何らかの非科学的部分を含む説明(YB: 0名, YB & HI: 2名, HI: 38名, 及びKH: 1名の計41名)のことを指す。

誤答理由は、以下の5種類の類型I~Vに分けることができる。さらに、この各類型と照合しながら、各学生の説明に対する誤答分析を行い、その結果を表1の右側部分に示したので参照されたい。

②誤答理由の類型I: 日当たり具合

単位面積当たりの光の量の違いには直接言及していないが、日常生活で使用する言葉「日当たり具合」を用いた説明である。すなわち、「太陽の正面に位置する地球上の場所と、端の離れた方にある場所とでは、日当たりが違う。」といった論拠を適用する。具体的事例として、図2のI(番号43, 男)を挙げることができる。

③誤答理由の類型II: 日影の面積

日影の面積の変化によって、季節変化を説明しようとするものである。すなわち、「太陽が空の低い所にあると、建物等によってできる影の面積が大きくなるが、高い所にあると、影の面積は小さくなる。」といった論拠を適用する。例えば、図2のII(番号24, 男)のような説明が該当する。

④誤答理由の類型III: 昼と夜の説明との混同

昼夜の生起する原因、すなわち、「太陽の光は、地球

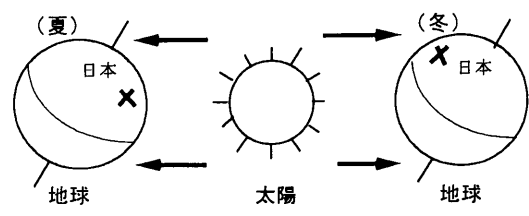
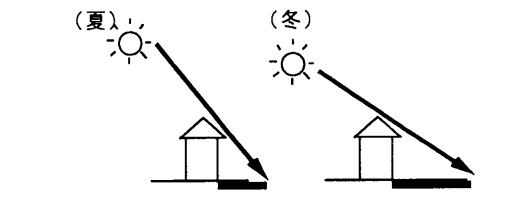
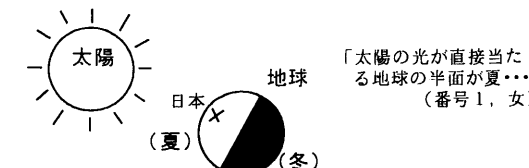
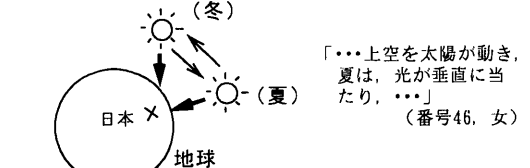
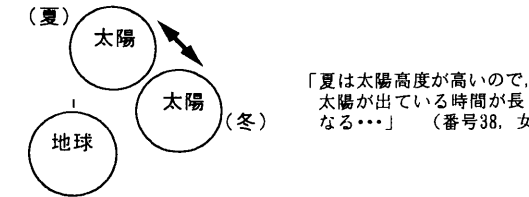
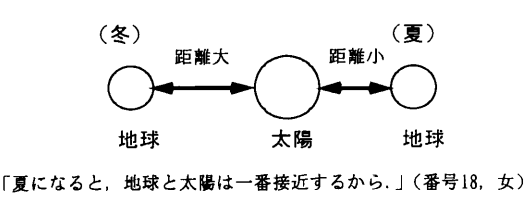
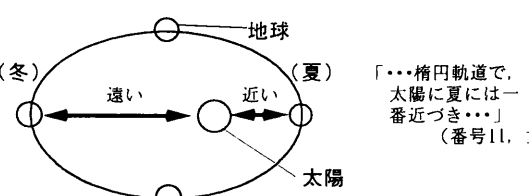
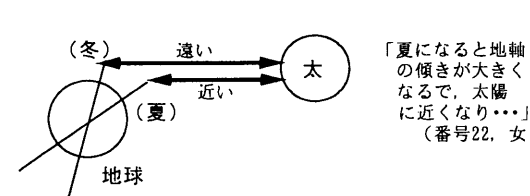
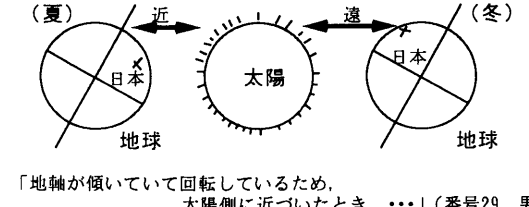
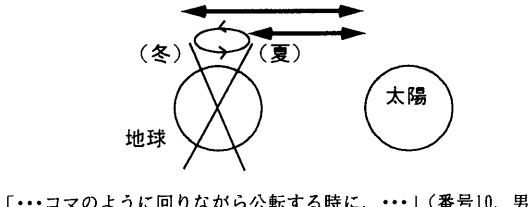
 <p>「…離れた場所では、日当たり具合が違う。」(番号43, 男)</p> <p>I : 日当たり具合</p>	 <p>「…だから、冬は日影が多くて寒い。」(番号24, 男)</p> <p>II : 日影の面積</p>
 <p>「太陽の光が直接当たる地球の半面が夏…」(番号1, 女)</p> <p>III : 昼と夜の説明との混同</p>	 <p>「…上空を太陽が動き、夏は、光が垂直に当たり、…」(番号46, 女)</p> <p>IV-i : 地球の上方を往復する太陽 (太陽高度の変化)</p>
 <p>「夏は太陽高度が高いので、太陽が出ている時間が長くなる…」(番号38, 女)</p> <p>IV-ii : 地球の上方を往復する太陽 (太陽高度の変化→昼の長さの変化)</p>	 <p>「夏になると、地球と太陽は一番接近するから。」(番号18, 女)</p> <p>V-i : 距離理論の適用 (近日点と遠日点に依拠した距離変化)</p>
 <p>「…楕円軌道で、太陽に夏には一番近づき…」(番号11, 女)</p> <p>V-ii : 距離理論の適用 (楕円軌道に依拠した距離変化)</p>	 <p>「夏になると地軸の傾きが大きくなるので、太陽に近くなり…」(番号22, 女)</p> <p>V-iii : 距離理論の適用 (地軸の傾き(変化)に依拠した距離変化)</p>
 <p>「地軸が傾いていて回転しているため、太陽側に近づいたとき、…」(番号29, 男)</p> <p>V-iv : 距離理論の適用 (地軸の傾き(一定)に依拠した距離変化)</p>	 <p>「…コマのように回りながら公転する時に、…」(番号10, 男)</p> <p>V-v : 距離理論の適用 (地軸の傾き(一定)及び地球の首振り運動に依拠した距離変化)</p>

図2 図による説明の事例(誤答類型)

表面の半分を照射し、そこが日なたになり、それ以外の半分は光が当たらない影の部分になる。」をそのまま適用して、季節変化を説明しようとするものである。図2のIII(番号1, 女)を挙げることができる。

⑤誤答理由の類型IV: 地球の上方を往復する太陽

昼と夜が生起する理由に対する認識を調査したParker & Heywood (1998)の中で、イギリスの学生たちから表出した説明様式の一つである。すなわち、「地球の上空において往復運動を繰り返す太陽」による説明である。本類型は、さらに以下の2種類の下位類型に分けることができる。

・IV-i: 太陽高度の変化

上空における太陽の往復運動によって生じる南中高度の変化によって季節変化を説明しようとするものである。図2のIV-i(番号46, 女)が該当する。

・IV-ii: 太陽変化の高度→昼の長さの変化

上空における太陽の往復運動に伴う南中高度の変化によって、さらに昼の長さが変化することを論拠にして、季節変化を説明する。例えば、図2のIV-ii(番号38, 女)を挙げることができる。

⑥誤答理由の類型V: 距離理論の適用

「距離理論 distance theory」とは、「ストーブ(熱源)に近づくと熱くなり、遠ざかると寒くなるという日常的体験に基づいたアナロジー」のことを指す(Atwood & Atwood, 1996; Kikas, 1998, 2000, 2003, 2004; Ojala, 1992, 1997; Parker & Heywood, 1998)。具体的には、地球と太陽との間の距離変化に着目して、この距離理論というアナロジーを適用しながら、説明しようとするものである。本類型には以下の5種類の下位類型が含まれる。

・V-i: 近日点と遠日点に依拠した距離変化

地球の楕円軌道上を公転しているという知識には直接言及していないが、「地球は、夏には近日点(太陽に一番近い場所)に位置し、冬には遠日点(太陽から一番遠い場所)に位置する。」ことを論拠にして、季節変化を説明する。例えば、図2のV-i(番号18, 女)等が該当する。また、説明コードKHの学生(番号33, 女)にみる非科学的な説明部分も、この類型に該当する。

・V-ii: 楕円軌道に依拠した距離変化

「地球の公転軌道は、縦方向につぶれ横方向に大きく膨らんだ楕円形である。長半径と短半径の距離が大きく異なり、近日点距離や遠日点距離も大きく異なる。」ことを論拠にして、季節変化を説明する。

表4 各誤答理由の種類の該当者数

誤答理由の類型		該当人数 (● = 1名)	
I: 日当たり具合		●	
II: 日影の面積		●	
III: 昼と夜の説明との混同		●	
IV: 地球の上 方を往復 する太陽	i: 太陽高度の変化	●	●●●
	ii: 太陽高度の変化 → 昼の長さの変化	●●	
V: 距離理 論の適 用	i: 近日点と遠日点	●●●●●● ●●●●●●	●●●●●● ●●●●●● ●●●●●● ●●●●●●
	ii: 楕円軌道	●●●●●	●●●●●● ●●●●●● ●●●●●●
	iii: 地軸の傾き(変化)	●	●●●●●● ●●●●●●
	iv: 地軸の傾き(一定)	●●●●●● ●●●●●● ●●●●●● ●●	●●●●●● ●●●●●● ●●●●●●
	v: 地軸の傾き(一定) 及び地球の首振り 運動	●●●●●	

その典型例が、図2のV-iii(番号11, 女)である。

・V-iii: 地軸の傾き(変化)に依拠した距離変化

「地軸は公転面に垂直な方向から、23.4°傾いているが、それ以外の角度にも傾くことができるので、地球(日本)と太陽との間の距離が変化する。」ことを論拠にして、季節変化を説明する。具体的には、図2のV-iv(番号22, 女)のような説明である。

・V-iv: 地軸の傾き(一定)に依拠した距離変化

「年間通じて、地軸は公転面に垂直な方向から、23.4°の傾きを保つ。地軸の先端(北半球側の先端)が太陽の方に傾く位置に来ると、太陽と地球の(北半球)の距離は小さくなる。逆に地軸の先端(南半球側の先端)が太陽の方に傾く位置に来ると、太陽と地球(北半球)の距離は大きくなる。」ことを論拠にして説明する。図2のV-v(番号29, 男)のような説明である。

・V-v: 地軸の傾き(一定)、及び地球の首振り運動に依拠した距離変化

「年間通じて、地軸は公転面に垂直な方向から、23.4°の傾きを保つ。その角度を保ちつつコマのような首振り運動をするので、地球(日本)と太陽との距離が変化する。」ことを論拠にして説明する。図2の

V-v (番号 10, 男) にみる説明である。

(4) 誤答理由の全体的傾向

I~V の各誤答理由の類型ごとの該当者数を示したものが、表 4 である。一覧すれば分かるように、類型 I~IV の各類型の該当者は、1~3 名である一方、類型 V の該当者は、35 名 (誤答者の 85.4%) にも及ぶ。実際、類型 V 全体とそれ以外の各類型について、直接確率計算により人数差を検定したところ、有意であった ($p=.000$, 両側検定)。このように、季節変化の原因を理解する際、距離理論の適用が極めて大きな障害となっていることが分かった。次章では、この距離理論の払拭を含め、季節変化に対する学生たちの科学的認識を志向する方策を提案し、試行する。

5. 科学的認識を促すための指導方策の提案

(1) 指導方策構築のための基本的視座

科学的認識の達成には、自らの既有知識や思考のどの部分が誤っているのかに気づくとともに、提示された科学的説明の正当性を理解することが要求される (松森, 2003b)。そのため、まず、学生たちには、季節変化に関する自分なりの説明に含まれているミスコンセプション (Misconception, 以下 Mc と略記) に気づかせ、その後、科学的説明を提示して理解を仰ぐことを、指導方策構築のための基本的視座とした。

(2) 指導方策の骨子

上述の基本的視座に基づき、以下のような流れの指導方策を構築した。

〈手順 1: Mc への気づき〉

図 2 に具体的に示したように、学生たちの間には、距離理論をはじめとする多様な Mc が存在している。まず、Mc の適用による説明の非科学側面や限界に気づかせる。具体的には、各学生が有している Mc では説明できないような事実や事象、もしくは矛盾する事実や事象等を、指導者側から提示する。

〈手順 2: 中学校理科教科書の学び直し〉

既に指摘したように、中学校理科において、季節変化に関する科学的説明 (図 1) の指導を受けたにもかかわらず、十分な理解に達している学生は皆無であった。そのため、中学校理科教科書の季節変化に関する記載部分を提示し、想起させて、再学習させることにより、科学的な理解を促す。

(3) 具体的な指導方策とその実施

①実施期日

2004 年 10~12 月の月~金の昼休み時間 (12 時 20 分頃~12 時 50 分頃) の約 30 分を指導時間帯として設定した。なお、学生の都合等を十分考慮しながら、個別に具体的日時を決定した。

②指導者、及び指導対象

指導には筆者自らが当たり、指導対象は、2. の (1) と同一の学生 45 名である。なお、2. の (1) の調査において無回答であった学生 1 名 (番号 37, 女) には、連絡が全く取れなかったため、指導対象には含めなかった。

③指導形態

面接による個別指導を原則とした。時間的調整が難しい場合には、2 名の学生を同時に面接した。なお、面接の様子を録音し、評価資料として使用した。

④具体的な指導方策、及び指導資料

表 5 の中央には、不完全な説明 (JA, JB) に該当する学生、及び誤答 (YB & HI, HI, KH) に該当する学生に対する指導方策案を示した。また、各方策の中で活用する指導資料 (a・b) を、表 5 の右側の部分に示してあるので参照されたい。なお、指導資料 a は、中学校理科教科書 (霜田ほか, 2000) に掲載されている季節変化に関する図版説明である。指導資料 b は、Torgerson (1958) の距離比率の主観的尺度法を参考にして開発したものであり、天文学的距離やスケールについて理解させるための活動シートである。

6. 指導結果及び考察

(1) 不完全な説明 (JA・JB) に対する指導

①JA (科学的説明 A のみ)

計 3 名の学生 (番号 2・30・34) が該当する。いずれの学生においても、表 5 の指導資料 (a-2, a-3) を活用して、季節変化に対するもう一つの科学的説明 (図 1 の説明 B) を理解させることができた。しかしながら、図 3 のプロトコルに示したように、学生番号 34 は、言葉数も少なく、指導自体に対して好意的ではなかった。図 3 の発言 14) からも分かるように、この学生には“教員を目指す者なら、中学校程度の内容は理解していて当たり前だ!” という強い信念のようなものが存在していて、その結果として、指導を受けること自体に羞恥心を抱いてしまったものと推察される。

②JB (科学的説明 B のみ)

該当者は学生番号 16 の 1 名のみであり、図 4 に指

表5 季節変化の理解を志向した指導方策一覧

対象		指導	指導方策案	指導資料等
不完全な説明者* (4名)	科学的説明Aのみ (JA:3名)		指導資料a等を活用し、図1の科学的説明B(以下、本図ではBと称す)も理解させる。	▶指導資料a: 中学校理科教科書における季節変化に関する該当部分の図版(霜田ほか, 2000) a-1 (地軸の傾きと公転)
	科学的説明Bのみ (JB:1名)		指導資料a等を活用し、図1の科学的説明A(以下、本図ではAと称す)も理解させる。	
誤答者(41名)	科学的説明と非科学的説明とが混在した説明者 (KH 1名**)		まず、Aの部分の正当性を容認。天文学的事実「太陽と地球の距離は冬に最小、夏に最大になること」を提示したり、指導資料bに取り組みせたりして、天文学的距離を実感させる。その後、指導資料a等により、Bも理解させる。	  
		誤答理由: I: 日当たり具合(以下、略) (HI:1名)	日当たり具合という論拠の限界や非科学性を指摘し、指導資料a等を活用し、A・Bを理解させる。	
		II: 日影の面積 (HI:1名)	日影の面積という論拠の限界や非科学性を指摘し、指導資料a等を活用し、A・Bを理解させる。	
	3名	III: 昼と夜の説明との混同 (HI:1名)	地球の自転の知識を想起させ、昼夜と季節変化の説明との混同に気づかせた後、指導資料a等を活用し、A・Bを理解させる。	▶指導資料b: 天文学的距離を実感させるための活動シート(1)(2)
		i: 太陽高度の変化 (HI:1名)	地球の公転の知識を想起させ、太陽が往復運動していないことを指摘し、指導資料a等を活用し、A・Bを理解させる。	<p>活動シート(1)</p> <p>地球と太陽の間の距離を30cmとした時の、地球と太陽の大きさを想像して図の中に描いて下さい。</p> <p>(地球) (太陽)</p>  <p>30cm</p> <p>(実際のシートは、実寸大)</p>
	距離理論の適用(V) 34名	ii: 太陽高度の変化 → 昼の長さの変化 (HI:2名)	地球の公転の知識を想起させ、太陽が往復運動していないことを指摘する。次に、指導資料a等を活用し、太陽高度の変化が昼の長さの変化の原因ではないことに気づかせた後、A・Bを理解させる。	比較・照合
		i: 近日点と遠日点 8名(HI:7名, YB & HI:1名)	まず、天文学的事実「太陽と地球の距離は冬に最小、夏に最大になること」を提示し、論拠の誤りを指摘する。次に、指導資料a等を活用し、A・Bを理解させる。	<p>活動シート(2)</p> <ul style="list-style-type: none"> ●地球の直径: 約1.3万km ●太陽の直径: 約140万km ●地球と太陽の距離: 約1億5000万km <p>このデータを参考にして、地球と太陽の間の距離を30cmとした時の、地球と太陽の大きさを図の中に描いて下さい。</p> <p>(地球) (太陽)</p>  <p>30cm</p> <p>(実際のシートは、実寸大)</p>
		ii: 楕円軌道 (HI:4名)		
		iii: 地軸の傾き(変化) (HI:1名)	まず、指導資料a-1によって天文学的事実「地球は、地軸は、23.4°を保ちつつ、常に一定方向を示しながら、公転すること。」を提示し、論拠の誤りを指摘する。次に、a-1以外の指導資料も併用し、A・Bを理解させる。	
		v: 地軸の傾き(一定)、及び地球の首振り運動 (HI:4名)		
iv: 地軸の傾き(一定) 17名(HI:16名, YB & HI:1名)	指導資料bにより、地軸の傾きによる地球-太陽の距離の違いは無視できることを指摘、指導資料a等も併用し、A・Bを理解させる。			

* 説明中に非科学的部分は含まれていないが、科学的説明の一部(図1中のAかB)が欠落しているため、指導を行う。

** この学生(番号33)の誤答理由は、V-i: 距離理論の適用(近日点と遠日点による距離変化)に関するものであるが、科学的な説明も含まれていたため、他の誤答者とは、別に指導を行う。

- 01) 面接者：「たしかに、君の言うとおり、昼の長さが関係していて、説明も正確です。」
 02) 学生34：「……(後述に変化なし)。
 03) 面接者：「もう一つ理由がありますが、分かりますか。」
 04) 学生34：「……(数分、黙考した後、重い口を開け)。
 05) 学生34：「分かりません。」
 06) 面接者：「(表5の指導資料 a-2, a-3 を提示し)、中学校でこんなこと習わなかったかな。」
 07) 学生34：「やりました。」
 08) 面接者：「それを見て、別の理由、分らないかな。」
 09) 学生34：「太陽高度ですね。」
 10) 面接者：「もう少し詳しく説明して。」
 11) 学生34：「太陽高度が高くなるので、単位面積当たりの地球の位置を、両手で擬造作に示しながら→地球が傾いていて、公転していて、冬と夏にはこんな位置にあるから。」
 12) 面接者：「なぜ、太陽高度が変化するのかな。」
 13) 学生34：「……(地球の傾きを、夏と冬における公転軌道上の地球の位置を、両手で擬造作に示しながら→地球が傾いていて、公転していて、冬と夏にはこんな位置にあるから)。
 14) 学生34：「中学校で習ったのに、すっかり忘れていて、情けないです。」
 15) 学生34：「もう、いいですか?」
 16) 面接者：「どうも有り難う。」

図3 学生番号34 (不完全な説明 JA) に実施した面接指導の主なプロトコル

- 01) 面接者：「とてもうまく説明してくれていますが、もう一つの理由があります。」
 02) 学生16：「え! もう一つですか……(数分、黙考した後)。
 03) 学生16：「……(しばらく、考えをめぐらす)。
 04) 面接者：「これは、中学校の教科書に載っている図(表5の指導資料 a-2, a-3)ですが、これを見て気づくことはありませんか。」
 05) 学生16：「思い出しました。昼の長さの図ですね。」
 06) 面接者：「この図を使って説明して下さい。」
 07) 学生16：「え〜、この図(指導資料)のように、夏も冬も、地球の半分が昼で半分が夜になっていて、夏の方が昼が長くなるからです。」
 08) 面接者：「どうして、夏の日長が長くなるのかな。」
 09) 学生16：「地球が傾いているからです、よね。」
 10) 学生16：「でも、今もう一度見ると、この図(指導資料)って本当に分かりやすい!」

図4 学生番号16 (不完全な説明 JB) に実施した面接指導の主なプロトコル

- 01) 面接者：「二つの理由を挙げていますが、前半の理由はその通りだと思います。」
 02) 面接者：「でもね、厳密に言えば、“日照時間”と“昼の長さ”とは違うんです。」
 03) 学生33：「そうなんですか。」
 04) 面接者：「後で調べて、確かめておいて下さい。」
 05) 面接者：「問題は、後半の説明です。」
 06) 学生33：「だって、太陽に近づかないと、夏にならないし暑くありません。」
 07) 面接者：「実際には逆で、地球が太陽に近づくのは冬頃です。」
 08) 学生33：「じゃあ、この理由は違うってことですか。」
 09) 面接者：「まず、二つの活動(表5の指導資料 b: 活動シート(1)→(2))をやってみたら、このことをはっきりさせましょう。」
 10) <図4の04)~07)までのプロトコルと類似した展開>
 11) 面接者：「やってみた感想はどうでしたか。」
 12) 学生33：「地球って小さいなあ!と思いました。太陽と地球の距離がものすごく離れているのを初めて知りました。納得です。」
 13) 面接者：「始めに言って、夏が暑くなる理由を考えてみましょう。」
 14) 面接者：「理科の教科書に載っているこの図(表5の指導資料 a-2, a-3)を見て、思い出させましょう。」
 15) 学生33：「……(数分、黙考した後)。
 16) 学生33：「日光の差し込む角度が違うから、ですか。」
 17) 面接者：「差し込む角度が違ふことと、夏と冬の違いとどう関係するの。」
 18) 学生33：「そうそう、同じ面積にあたる光の量が違ってくるから、勉強したなあ。」
 19) 面接者：「もどるけど、差し込む角度が違うのは、なぜ?」
 20) 学生33：「(指導資料を指しながら)、このように地球が傾いているから、です。」
 21) 面接者：「勉強したことを、どうして忘れちゃったのかな?」
 22) 学生33：「……」

図5 学生番号33 (科学的説明と非科学的説明とが混在した説明 KH) に実施した面接指導の主なプロトコル

導の様子を示したので参照されたい。この学生の場
 合、発言 10) からもうかがい知れるように、表 5 の指
 導資料 (a-2, a-3) を提示して中学校理科の既習内容
 (記憶) を想起させただけで、難なくもう一つの季節変
 化の説明 (図 1 の説明 A) を理解させることができ
 た。

(2) 科学的説明と非科学的説明が混在した説明 KH に対する指導

表 5 の欄外下部に示したように、学生番号 33 の説
 明中の非科学的部分は、誤答 V-i (距離理論の適用：
 近日点と遠日点に依拠した距離変化) に相当するもの
 であった。図 5 中の発言 05)~16) において、この距離

- 01) 面接者：「日当たり具合ってどういうことですか。」
 02) 学生43：「よく言うじゃないですか、部屋の端や奥の方は日当たりが悪く、窓際は良く日が当たって、地球をそれと同じ。」
 03) 面接者：「窓際は、直射日光が当たるけど、端や奥の方には届かないということかな?」
 04) 学生43：「そう言うこと。」
 05) 面接者：「でも、君が傾いた図(図2の1)を見ると、夏も冬でも地球に直射日光が当たっているには変わりないんじゃないかな。」
 06) 学生43：「本当だ! 何が違うのかな?」(数分間、黙考)。
 07) 面接者：「日光が差し込む角度が違うんじゃないかな?」
 08) 学生43：「……」(困窮した表情)。
 09) 面接者：「(表5の指導資料 a-2, a-3 を示し)、こんなこと、中学校で勉強しましたね。」
 10) 学生43：「見たことあります! 確かに。」
 11) 面接者：「(この資料を見ながら)、日光が差し込む角度の違いを説明して下さい。」
 12) 学生43：「(図1の日に相当する説明を、自ら行った後)、日当たり具合と動揺してました。」
 13) 面接者：「日光が差し込む角度が変化するの、なぜですか。」
 14) 学生43：「分かりません。」
 15) 面接者：「(表5の指導資料 a-3 を示し)、こんなことも勉強しましたね。」
 16) 学生43：「……(黙考した後)……地球の公転して位置が変わるためです。」
 17) 面接者：「もう一つ、別の原因があるんですが、分かりますか。」
 18) 学生43：「……」(また、困窮した表情)。
 19) 面接者：「昼の長さは関係ないかな?」
 20) 学生43：「夏の方が昼の時間が長いってことですね。」
 21) 学生43：「太陽に照らされている時間が長いから、気温が高くなる。」
 22) 面接者：「なぜ、昼の時間が長くなるのかな。この図(指導資料)を使って説明して下さい。」
 23) 学生43：「地球が傾いているから、北半球で太陽が当たっている時間が長くなる。」

図6 学生番号43 (誤答理由の類型I: 日当たり具合) に実施した面接指導の主なプロトコル

- 01) 面接者：「もし、影ができるような建物があったら、夏と冬の気温は、どうなるかな?」
 02) 学生24：「同じになるはずですよ。」
 03) 面接者：「それを、どうしてですか。」
 04) 学生24：「高度は変わるけど、地球の平面に日光が当たっていることには変わりないから。」
 05) 面接者：「でも、君の考えだと、建物のない海には影ができないから、季節変化は起こらないことになる。」
 06) 学生24：「やっぱりダメか! これしかないというか、無理矢理考えちゃいました。」
 07) 面接者：「中学校の時、こんな勉強しなかった?」(表5の指導資料 a-2, a-3) を示す)。
 08) 学生24：「勉強したけど、天文は全部苦手でした。」
 09) 面接者：「まず、南中高度が変わると、気温も変化するのを説明しましょう。」
 10) 学生24：「……(面接者側からの説明を聞いた後)……何と、分かりました。」
 11) 面接者：「もう一つ、原因があるんですが、分かりますか。」
 12) 学生24：「これ以上無理です。」
 13) 面接者：「昼の長さなんだけど……」
 14) 学生24：「……」(困窮した表情)。
 15) 面接者：「夏と冬で、昼の長さは同じですが、違いますか。」
 16) 学生24：「違う、夏の方が長い。だから、気温が上がる、ということか。」
 17) 面接者：「どうして夏の方が昼が長いのか。この図(指導資料)を使って説明して下さい。」
 18) 学生24：「……」
 19) 面接者：「このように地球が傾いているから、太陽が当たっている時間が長くなるんだね。」
 20) 学生24：「うーん、分かったような分らないような感じ、もともと、天文は苦手だから!」

図7 学生番号24 (誤答理由の類型II: 日影の面積) に実施した面接指導の主なプロトコル

理論について取り上げ、天文学的距離の認識を促した。次に、発言 17) 以降で図 1 の説明 B を取り上げる
 ことによって、科学的に理解させることができた。

(3) 誤答理由の類型 I: 日当たり具合、に対する指導

図 6 に示したように、学生番号 43 の 1 名について
 指導を行った。まず、面接者側で、学生が言うところ
 の“日当たり具合”の意味内容を把握した(発言 01)~
 04))。次に、その意味内容が、図による説明(図 2 の
 1) とは矛盾することに気づかせた(発言 05)・06))。
 その後、太陽高度、さらには昼の長さを取り上げ、科
 学的理解へと移行させることができた。学生自身も、
 太陽高度の変化と“日当たり具合”とを混同していた
 ことを認めていた(発言 12))。

(4) 誤答理由の類型 II: 日影の面積、に対する指導

学生番号 24 に対する指導の様子を、図 7 に示した。
 発言 1)~06)にあるように、面接者側から海の事例
 (発言 05)) を挙げることによって、日影の面積による
 説明の限界に気づかせることができた。しかしなが

- 01) 面接者：「地球が自転しているって知っている？」
 02) 学生1：「あ！そうですね、忘れてました。」(思わず、赤面)
 03) 学生1：「これって、夜と昼の説明ですよね、これだと、一日で春夏秋冬になっちゃう。」
 04) 面接者：「では、なぜ、夏になると暑くなるんでしょうか？」
 05) 学生1：「わかりません。」
 06) <図6の09)～23)までのプロトコルと類似した展開>
 22)

図8 学生番号1 (誤答理由の類型III: 昼と夜の説明との混同) に実施した面接指導の主なプロトコル

- 01) 面接者：「あなたの図(図2のIV-i)みたいに、太陽は往復運動するんですか。」
 02) 学生46：「あ！いけない、地球の周りを回っているんだ！」
 03) 面接者：「では、なぜ、夏と冬では、日光が差し込む角度が違うんですか。」
 04) 学生46：「地軸が傾いているからかな。」
 05) 学生46：「地軸がこう傾いてて…(公転には言及せず、図1の科学的説明Bに相当)…」
 06) 面接者：「もう一つ、あるんですけど、この教科書(図(表5の指導資料a-2, a-3)を見て思い出しませんか。」
 07) 学生46：「昼の長さの違いですね、長いほど、短められるから。」
 08) 面接者：「どうして、昼が長くなったり短くなったりするのですか。」
 09) 学生46：「それは、…(公転には言及せず、図1の科学的説明Aに相当)…だからです。」
 10) 面接者：「このように(表5の指導資料a-1を提示)、太陽の周りを地球が回っていることは関係ないですか。」
 11) 学生46：「それ考えると、また頭がこんがらがっちゃいます。」

図9 学生番号46 (誤答理由の類型IV-i: 地球の上方を往復する太陽(太陽高度の変化)に実施した面接指導の主なプロトコル

- 01) 面接者：「この図(図2のIV-ii)みたいに、太陽は往復運動するのかな。」
 02) 学生38：「公転していることは知っているけど、これしか書けなかったから。」
 03) 学生14：「そうそう。」
 04) 面接者：「夏は太陽高度が高いから、昼の時間も長くなるって、どうしてかな？」
 05) 学生38：「だって、空高い所を太陽が通るから、出てから沈むまで時間がかかるから。」
 06) 面接者：「学生14は、どうですか。」
 07) 学生14：「同じです。」
 08) 面接者：「実は、太陽高度の変化は、昼の長さの変化の原因ではありません。」
 09) 学生14・38：「うそ〜。」
 10) 面接者：「これ(表5の指導資料a-2, a-3)を使いながら考えてみましょう。」
 11) 面接者：「では、太陽高度が変化するのは、なぜかな？」
 12) 学生14：「地軸と関係あるんじゃないかなって。」
 13) 学生38：「そうそう、ここに書いてある23.4°っていうやつでしょ。」
 14) 学生14・38：「地軸がこう傾いて…(公転には言及せず、図1の科学的説明Aに相当)…です。」
 15) 面接者：「次に、夏の昼の部分と、冬の昼の部分比べましょう。」
 16) 学生38：「同じ指導資料を使いながら、夏の方が時間が長くて、冬が短い。」
 17) 面接者：「どうしてかな？」
 18) 学生38：「地軸が傾いているからだし！」
 19) 学生14：「あ、そうか、太陽高度が高いからじゃないんだ！」
 20) 面接者：「傾にも理由がありますか？」
 21) 学生14・38：「分かりません。」(声を押えて)
 22) 面接者：「(再び、同じ指導資料を提示し)、中学校の時、太陽高度の違い(公転に言及せず、図1の科学的説明B)を、思い出せましたか。」
 23) 学生38：「たしかに、やりました。」
 24) 学生14：「太陽高度が違うから、単位面積が受ける光の量も変わって来ちゃうってやつでしょ。」
 25) 面接者：「(指導資料a-1を提示しながら)、なぜ、太陽高度が変化するのはですか。」
 26) 学生14：「地球が太陽の周りを公転していて、夏と冬で反対側の位置になるからです。」

図10 学生番号14・38 (誤答理由の類型IV-ii: 地球の上方を往復する太陽(太陽高度の変化→昼の長さの変化)に実施した面接指導の主なプロトコル

ら、その後、資料を活用して指導を行ったが、確固たる科学的理解に到達させることはできなかった。その理由の一つとして、発言(08)や(20)から分かるように、学生が抱いている天文学に対する強い苦手意識が挙げられる。また、“分かれようとしても分からない”といった思いがあるためか、指導そのものから逃避しようとする消極的な姿勢(例えば、発言(12))も見受けられた。

(5) 誤答理由の類型III: 昼と夜の説明との混同、に対する指導

まず、天文学的事実として地球の自転を提示することによって、学生番号1には、昼と夜が生起する理由と混同していることを、容易に気づかせることができた(図8の発言(01)～(03))。また、指導資料の活用によって、図1の2種類の科学的説明を理解させることもできた。

(6) 誤答理由の類型IV: 地球の上方を往復する太陽、に対する指導

①IV-i: 太陽高度の変化

面接者側で問い直しただけで、学生(番号46)は太陽の往復運動を捨去し、地球の公転に関する知識を示した(図9の発言(01)・(02))。ところが、それ以降、学生は、地球の公転について引き合いに出そうとはしなかった。指導資料のa-2やa-3(表3)のみを用いた天動説的な説明(静止した地球と、その周りを巡る太陽による説明)に終始し、図1に示した科学的説明に到達することはできなかった。実際、面接者側で、指導

資料のa-1による地動説的な説明を求めた際、この学生は自らの説明(天動説的な説明)の混乱を恐れて拒否している(発言(10)・(11))。

②IV-ii: 太陽高度の変化→昼の長さの変化

IV-iの学生(番号46)と同様、2名の学生(番号14・38)においても地球の公転に対する知識を持ち合わせていることが分かる(図10の発言(01)～(03))。また、同様に、地動説的な説明様式について不得手である点でも一致していた(発言(02)・(03))。

まず、天動説的な説明様式に依拠しながら、太陽高度の変化によって昼の長さの変化を説明しようとする事自体が科学的に誤っていることに気づかせた。次に、地軸の傾きによる昼の長さの変化や、太陽高度と単位面積当たりが受ける光量の関係へと徐々に気づかせていった(発言(04)～(24))。さらに、指導資料a-1(表5)を活用して指導を行った結果、地動説的な説明様式による科学的認識を持たせることもできた(発言(25)・(26))。

(7) 誤答理由の類型V: 距離理論の適用、に対する指導

①V-i: 近日点と遠日点

計9名の学生(番号6・8・12・35・36の男5名;番号7・18・20・27の女4名)が対象である。その具体的指導例(学生番号12)を図11に示した。発言(1)を聞いたどの学生も、驚きの表情を示し、また天文学的事実として受け止めてくれた。発言(05)以降に示したような展開を通して、いずれの学生も図1の科学的説明を理解することができた。

- 01) 面接者:「実際に、冬と夏で地球と太陽の距離はほとんど同じなのですが、厳密に言えば、地球が太陽に一番近づくのは、冬の頃なんです。」
 02) 学生12:「え、夏じゃありませんか。ずっと、そう思っていました。(非常に驚嘆した表情)」「
 03) 面接者:「地球が太陽に最も近づく点を『近日点』、一番遠ざかる点を『遠日点』と呼びます。線でスケッチなどして、調べてみてください。」
 04) 学生12:「調べてみますが、別の理由があるんです。」
 05) 面接者:「考えてみて、どうか中学校で勉強したことを思い出してみてもいいかな。」
 06) ?
 07) <図6の09)~23)までのプロトコルと類似した展開>
 25)

図11 学生番号12 (誤答理由 V-i: 距離理論の適用 (近日点と遠日点に依拠した距離変化) に実施した面接指導の主なプロトコル

- 01) 面接者:「確かに地球は太陽の周りを楕円形に回っているんだけど、こんなにつぶれた形じゃなくて、ほとんど円としてみなして差し支えないですよ。」
 02) 学生31:「でも、教科書の図は、そうじゃなかったような気がします。」
 03) 面接者:「これは理科教科書の図(表5の指導資料のa-1)ですが、このことかな?」
 04) 学生31:「これ、これ、これです!」
 05) 面接者:「誤解するの無理ないと思うけど、この図は斜め傾から見て書いてあるんです。」
 06) 面接者:「じゃあ、真上から見たら?」
 07) 学生31:「円の形に見える?」
 08) 面接者:「そうです。」
 09) 学生31:「なんだあ、そう言うことだったんですか!」
 10) 面接者:「あなたが書いてくれた図の中で、もう一つ気づいた点があります。」
 11) 学生31:「何かなあ?」
 12) 面接者:「地球は夏に一番太陽に近づいてきているけど、実際には、冬の頃、一番太陽に近づきます。」
 13) 学生31:「逆だなんて、全然知りませんでした。」
 14) 学生31:「じゃあ、冬、一番近づくと暑くなるってことですか。」
 15) 面接者:「さっき言ったように、一番近づくと冬でも、ほとんど地球はほとんど円に近い形を回っているから、ほんの僅かな違いにしかな過ぎません。」
 16) 学生31:「だったら、本当の理由は何ですか。」
 17) ?
 18) <図6の09)~23)までのプロトコルと類似した展開>
 32)

図12 学生番号31 (誤答理由の類型 V-ii: 距離理論の適用 (楕円軌道に依拠した距離変化) に実施した面接指導の主なプロトコル

一方、学生番号20の説明(YB & HI)中には、季節変化の説明には無関係な情報(地球の自転)が含まれていた(表1参照)。図11と同様の面接指導を行った後で、その学生に再び尋ねたところ、地球の自転が無関係であることも理解できていた。

なお、学生番号33(KH)は、誤答理由からみれば本類型に含まれるべきところであるが、図1の科学的説明Aについては理解できていないので、指導方策も異なる。そのため、既に本章の(2)において別の指導を行ったので参照されたい。

②V-ii: 楕円軌道

計4名の学生(番号15・21の男2名;番号11・31の女2名)に指導を行った。図12はその具体例である。最終的には、いずれの学生も、確固たる科学的理解に至ることができた。

2名の学生(番号11・21)は、面接者の発言01)や12)を天文学的事実として受け止めるとともに、楕円軌道による距離変化による説明を捨去し、その後の指導を受けていた。ところが、他の2名(学生番号15・31)は、このような天文学的事実を提示しても、楕円軌道による説明の正当性を主張した。具体的には、理科教科書の図版を引き合いに出し、地球が楕円軌道上を運行する根拠とするものであった(例えば、発言

- 01) 学生22:「私、全然苦手で、天文は大嫌いです。」
 02) 学生22:「小学校の頃から、中学校の授業は全然分かりませんでした!」
 03) 面接者:「+++ (図2のV-iiを示しながら)+++でも、地軸が傾いていることは分かっているじゃないですか。大丈夫ですか。このことから始めましょう。」
 04) 面接者:「まず、学生たちが中学校の教科書の図(表5の指導資料a-1)を見て下さい。地軸の傾きはもうですか。」
 05) 学生22:「みんな(秋分・春分・夏至・冬至)、23.4°傾いていて、平行になっています。」
 06) 面接者:「一年通して地軸は傾いているけど、その角度は変わらないことが分かりますか。」
 07) 学生22:「分かりました。」
 08) 面接者:「じゃあ、どうやって説明すればいいかな?」
 09) 学生22:「教えて下さい。」
 10) 面接者:「自分で何とか説明しようという気になりませんか。」
 11) 学生22:「なりません。苦手ですから。」
 12) 面接者:「仕方ないですね。今度は、この図(表5の指導資料のa-1, a-2, a-3)を使って説明しましょう。」
 13) 学生22:「++++ (面接者の説明を、頷きながら黙って聞いて)」
 14) 面接者:「頷きながら、黙って聞いてくれていたけど、分かりましたか。」
 15) 学生22:「分かりました。」
 16) 面接者:「何が分かりましたか。」
 17) 学生22:「夏が暑くて、冬が寒いわけが分かりました。」
 18) 面接者:「具体的に自分で説明できるようにになりましたか。」
 19) 学生22:「もう一度、はじめから説明して下さい。」

図13 学生番号22 (誤答理由の類型 V-iii: 距離理論の適用 (地軸の傾き(変化)に依拠した距離変化) に実施した面接指導の主なプロトコル

02)~04))。教科書の図版に対する学生たちの誤解釈についても指導を施した(例えば、発言05)~09))。

③V-iii: 地軸の傾き(変化)

学生(番号22)は天文学を大の苦手としており、指導に対しても受け身的な姿勢を保持し続けた(図13参照)。面接者が話しかける前に、天文嫌いを訴え(発言01)・02))、自分で考えようともしなかった(発言08)・09))。頷いてみせたり(発言13))、「分かりません。」(発言07)と意思表示したりしているにもかかわらず、面接終了時になって、再度始めから説明のやり直しを求めてきた(発言19))。

面接者側からの励まし(発言03))の効果も全くなく、科学的理解へと到達させることができなかった。

図7に示した学生番号24と同様、天文学に対する苦手意識が、学習指導自体を困難なものにしている典型例だと言える。

④V-i: 地軸の傾き(一定)

計17名の学生に指導を行った(番号3・9・13・26・28・29・40・41・42・44の男10名;番号5・23・25・32・33・39・45の女7名)。2名(学生番号13と45)を除く15名が、表5に示した指導資料b(活動シート(1)・(2))に取り組み、天文学的距離を実感し、地軸の傾きによる距離変化による説明を捨去した(例えば、図14中の発言08)~13))。その後、指導によって、15名の学生はいずれも、季節変化について科学的な理解に達した。なお、この中には、季節変化の原因とは無関係な情報(地球の自転)を含む説明(YB & HI)を行った学生番号39が含まれていた(表1参照)。図14と同様の指導を行った後で、再び尋ねたところ、地球の自転が無関係であることを指摘して

01) 面接者：「確かに、あなたが書いた図を見ると、地軸の傾きによって、日本と太陽の距離は近くなっていますが、この夏と冬の距離の違いは、無視して差し支えない程度です。」

02) 学生29：「……」(複雑な表情)

03) 面接者：「納得できませんか。」

学生29：「あまりという全く理解できません。」

04) 面接者：「では、まず、地球と太陽の大きさを想像して、これ(表5の指導資料b：活動シート(1))に書いて下さい。」

05) 学生29：「はい。」(1分程度で右斜め上のような記載を行った。)

06) 面接者：「次に、データをもとにして、地球と月の大きさを計算して、これ(表5の指導資料b：活動シート(1))に書いて下さい。」

07) 学生29：「はい。」(5分程度で以下のような記載を行った。)

(残された計算式)

地球の直径：太陽の直径：地球—太陽の距離
 $=13000:1400000:150000000$
 $=1:110:12000$

地球—太陽を30cmにすると……
 太陽の直径Xは？ 地球の直径Yは？
 $30:X=12000:110$ $30:Y=12000:1$
 $X \approx 0.28$ (cm) $Y=0.0025$ (cm)

(書けないくらい小さい)

08) 面接者：「二つのシートを比べて、どんなことを感じますか。」

09) 学生29：「本や教科書に書いてあった図とは、全然違って、計算してみた地球と太陽の距離は本当にうざりする程遠いものだと実感できました。」

10) 面接者：「地球や太陽の大きさはどうでしたか。」

11) 学生29：「太陽はとにかくでかいというイメージがありましたが、それ(シート中に記された地球—太陽間の距離を指して)に比べて、太陽も地球も本当に書けないくらい小さいなあと感じました。」

12) 面接者：「書けないくらい小さな地球の傾きによる距離の違いは、無視しても差し支えない」という意味が分かってもらえたかなあ？」

13) 学生29：「よく分かりました。」

14) 〃

〃 <図6の09)~23)までのプロトコルと類似した展開>

28)

図14 学生番号29(誤答理由の類型V-iv:距離理論の適用(地軸の傾き(一定)に依拠した距離変化)に実施した面接指導の主なプロトコル

いた。

それ以外の2名の学生(番号13と45)にも、活動シートに取り組みさせたが、天文学的距離について十分実感させることはできなかった。活動シートへの取り組み終了後、学生番号13は「具体的な比を算出しても、ピンときませんでした。地球と太陽を紙に書いてみても、実際にどれくらい離れているか、なかなかイメージできるものではありませんでした。」と発言していた。また学生番号45も「計算が大変面倒だった割には、「なるほど遠いな」といった実感が湧いてきませんでした。」と述べていた。その後、2名には、継続して、季節変化に対する科学的説明について指導を試みたが、当初の説明様式(地軸の傾きによる距離変化による説明)を完全に捨去させることはできなかった。

⑤V-v:地軸の傾き(一定)、及び地球の首振り運動計4名の学生を対象に指導を行った(番号4・10

の男2名;番号17・19の女2名)。どの学生に対しても、表5の指導資料a・bを活用した図15のような

01) 面接者：「地軸が23.4°傾きを保って、コマみたいに首振り運動をしているという考え？」

02) 学生17：「そうです。」

03) 面接者：「まず、中学校の理科教科書の図(表5の指導資料のa・1)の地軸を見て下さい。」

04) 学生17：「あれ、首振り運動してないですね！」

05) 面接者：「でも、どうして、そう思ったのかな？」

06) 学生17：「地球と太陽の距離が近くなると書くならいいからです。」

07) 面接者：「地の理は考えられますか。」(数分、黙考)

08) 学生17：「さっきの図(♫)を指して)を見て、そう思ったんだけど、地軸の先が直は太陽の方に近づくからなる。」(図2の誤答類型V-vに考えを移行)

09) 面接者：「真にいくんだけど、地軸の向きによる距離の違いは、無視して差し支えない程度のもんなんです。」

10) 学生17：「でも、少しでも違いは違いでしょ！」

面接者：「では、二つの活動(表5の指導資料b：活動シート(1)~(2))に取り組みしてもらいましょう。」

11) 〃 <計算ミスによる指導を施した以外は、図14の04)~08)までのプロトコルと類似した展開>

18) 学生17：「地球と太陽の距離が大きすぎて、太陽までもあんまりに小さいとは思っていませんでした。地球は小さくて見えないくらいでした。」

20) 面接者：「まだ、見えないくらい地球の傾きによる距離の違いでも、まだ無視できないと考えていますか。」

21) 学生17：「いえ、その意味、よく分かりました。」

22) 〃

23) <図6の09)~23)までのプロトコルと類似した展開>

36)

図15 学生番号17(誤答理由V-v:距離理論の適用(地軸の傾き(一定)、及び首振り運動に依拠した距離変化)に実施した面接指導の主なプロトコル

表6 指導前後の各説明別の該当人数の推移

説明コード	JAB	JA	JB	KH	HI	NA
指導前 (N=46)	0	3	1	1	40	1
指導後 (N=45)	40	0	0	0	5	0

指導を行った結果、季節変化に対する科学的説明を理解させることができた。ただ、図15に事例として示した学生番号17だけが、指導資料bの活動シート(2)における計算にかなり手間取ったため、面接者側で、計算ミスを指摘するなどの指導を行った。面接終了後に感想を求めたところ、番号34(図3)の学生とは対照的に、この学生は「数字は苦手なので、地球と太陽の距離や大きさを表すのは、すごく難しく、何が何だか分からなくなりそうだったけど、まじめに考えたことがなかったから面白かったし、驚きの発見でした。」と好意的に受け止めてくれていたことが分かった。

(8) 指導結果の全体的考察—学生の変容様態を中心にして—

①指導前後の学生の変容様態、及び指導方策の有効性に対する検討

表6に、指導前後の学生の変容様態を、人数で示した。既に述べたように、指導前の学生には、非科学的な説明が多数認められた一方、科学的な説明を行った者は存在しなかった。それに比べ、指導後、科学的な説明を理解するに至った学生は、40名にも及んだ。指導後の科学的説明(JAB)とそれ以外の各説明について、直接確率計算により人数差を検定したところ有意($p=.000$, 両側検定)であった。

したがって、全体的にみれば、本研究において提案した一連の指導方策(表5参照)は、季節変化に対する学生の科学的理解を促す上で有効だったと結論できる。

②科学的な説明(図1)を理解できなかった学生について

本研究において提案した指導方策をもってしても、季節変化に対する科学的説明(図1)に到達できなかった学生が5名存在した(表6のHI)。その原因として以下の3点が挙げられる。

・天文学に対する強い苦手意識(学生番号22・24)

男子学生、女子学生各1名ずつに認められたものである。天文学に対する強い苦手意識のために、積極的に理解しようとする姿勢はなく、指導そのものから逃

避しよう学生たちである。小・中学校理科の天文分野に対する苦手意識は意外と根深く(例えば、図13)、いまだに拭い去ることができない学生たちであった。

・地動説的な宇宙観に対する不十分な理解(学生番号46)

女子学生1名である。周知のとおり、地動説的な宇宙観は中学校理科において、初めて導入される(文部科学省, 2004a)。しかしながら、その理解が不十分であるため、地動説的な宇宙観にはあえて踏み込まないようにしながら、小学校理科において既習の天動説的な宇宙観によって、季節変化を説明しようとするものであった。

・距離理論への固執(学生番号13・45)

男女各1名が該当した。天文学的距離やスケールを十分実感することができないため、距離理論を捨去することができなかった学生たちである。距離理論を払拭することの難しさを指摘するとともに、かつ本研究で用いた指導方策(表5の指導資料b, 等)の限界を示すものでもあった。

以上、季節変化に対する学生の理解の変容状態について実証的に検討を加えてきた。最終章の7.では、学生を対象にした認識調査や面接指導によって得られた実証的データや知見等を踏まえながら、我が国における天文教育の危機的状況について検討する。

7. 現在の天文教育における危機的状況の分析—その打開の糸口を求めて—

(1) 天文教育に関する10の危機的状況

本研究では、季節変化に対する学生の低い理解状態を指摘するとともに、より科学的な理解を促すための指導方策を考案して実際に試行した。また、その過程においては、学生の低い理解状態だけではなく、我が国の天文教育が抱える危機的状況も多数露呈した。

具体的には、I~Xのまでの10の危機的状況(I: 学生・小学校教員の天文学的素養の問題, II: 深刻な天文嫌いの問題, III: 中学校天文分野に関する授業構成の問題, IV: 小・中学校理科教科書の図版表現の問題, V: 学生・中学校理科教員の天文学的素養の問題, VI: 小・中学校教員養成機関における天文教育の内容やカリキュラム構成の問題, VII: 天文学的素養の欠如に対する学生の羞恥心の問題, VIII: 学生にみる科学用語に対する不正確な使用の問題, IX: 学生にみる地動説的な宇宙観に対する不十分な理解の問題, 及びX: 天文教育を巡る循環論的問題)である。以下、個々の状

況について分析するとともに、その打開のための糸口を探る。

(2) 危機的状況 I: 学生・小学校教員の天文学的素養の問題

季節変化の原因に対する科学的説明は、中学校理科で扱われる(文部科学省, 2004a)ので、小学校教員には要求すべきものではない、といった反論が、本研究に突きつけられるかもしれない。

しかし、一般的見地に立てば(もちろん、議論の余地はあるものの)、小・中学校という義務教育段階で取り上げられる天文学的内容は、まさにその時代時代の一般市民(小学校教員も含む)が生き抜く上で不可欠な天文学的素養の一部として位置づけられるべきものである。さらに、諸外国においても、季節変化の原因に対する理解は、一般市民として不可欠な天文学的素養として位置づけられており、小学校教員の指導責任を全うする上でも不可欠な素養であることが指摘されている(e.g. Rutherford & Ahlgren, 1990; Hazen & Trefil, 1991)。以上のことから分かるように、問題は、小学校理科授業に携わろうとする学生が、季節変化をはじめとする一般市民に不可欠な天文学的素養すら十分身につけていないこと自体にある。

今後、小学校理科における発展的な学習(文部科学省, 2004b)において、中学校理科を先取りした形で、季節変化の原因が取り扱われることも予想に難くない。本研究で明らかになったように、将来、教壇に立つであろう学生の季節変化に対する目を覆わんばかりの低い認識状態(表3参照)は、小学校理科授業成立の大きな障害になるものと危惧される。

(3) 危機的状況 II: 深刻な天文嫌いの問題

図13の学生番号22の発言(02)にもあるように、天文嫌いは既に小学校段階から始まっている。そして中学校理科を通して、さらに深刻な天文嫌いに陥っていく。このような天文嫌いの生徒は、高等学校に進学しても、地学以外の科目を選択していくのであろう。実際、本研究における調査対象計46名の学生に対して、五点尺度法によって「天文学習は(1.非常に好き—2.少し好き—3.普通—4.少し嫌い—5.非常に嫌い)です。」と尋ねたところ、好意的回答はわずか1名のみ(2.をチェック)であった。

一方、本研究においては、天文学に強い苦手意識を持っている学生に対して指導を行った(図7・13を参照)。しかし、季節変化に対する確固たる科学的説明を理解させることはできなかった。一度、天文学に極度

の苦手意識を抱いてしまうと、指導を受ける姿勢が消極的になってしまったり、自ら理解しようとする姿勢まで薄らいだりすることを物語るものである。

やはり、天文嫌いの表出の起点ともいえるべき小学校や中学校においては、学生番号22の発言にもあるように、また次節(4)で具体的に論じるように、“全然分からない”理科授業から“良く分かる”理科授業への転換が何よりも急務である。

(4) 危機的状況 III: 中学校天文分野に関する授業構成の問題

既に5.(2)で述べたように、学生をはじめとする学習者が科学的理解に至るためには、自らの考えや知識がMcであることに気づくとともに(手続き1)、教科書等による科学的説明の正当性を実感すること(手続き2)が要求される(松森, 2003)。実際、本研究においても、この二つの手続きによって指導を行った結果、季節変化に対する科学的説明を、多数の学生たちに理解させることができた(表6参照)。

しかしながら、諸外国の理科教科書において指摘されているように(e.g. Alexander & Kulikowich, 1994; Stinner, 1995; Vosniadou, 1991)、また我が国の中学校理科教科書(例えば、霜田ほか, 2000)においても、図2のような季節変化に対する多様なMcに直接的に言及した指導(手続き2に相当)は、ほとんど欠落している。また、季節変化などの天文事象に関わるMcを取り上げた理科授業実践報告も少ない状態にある。そのため、学生番号33(図5参照)のように、中学校理科での既習内容の一部が記憶として残存しておらず、距離理論というMcが大人になっても依然として手つかずのまま保持され続けるのである。

紙数や授業時間数等々の制限の問題はあろうが、中学校理科教科書をはじめ平生の中学校理科授業構成を根本から見直さない限り、Mcを持ち続ける学生は減少せず、眼前の生徒に科学的理解を達成させることも難しいものと懸念される。

(5) 危機的状況 IV: 小・中学校理科教科書の図版表現の問題

各社文部省検定済中学校理科教科書には、表5の指導資料a-1のような図版(縦方向につぶれ横方向に大きく膨らんだ楕円形をした地球の公転軌道)が掲載されている。言うまでもなく、大まかに言えば、地球の公転軌道はほぼ円形として見なすことができ、教科書中の図版は、その軌道を斜め上方向から俯瞰したものである。

しかし、既に、Michaels & Bruce (1989) によって指摘されているように、教科書という平面上に表現されているため、中学校の生徒たちには遠近の知覚や奥行き知覚が捉えにくいものとなっている。したがって、地球の公転軌道があたかも横方向に大きく歪んだ楕円軌道として、生徒の目に焼き付けられてしまうのも無理からぬところである。図 12 の学生番号 31 は、その典型例である。

さらに、憂慮すべきことは、このような教科書起源の知識が一度学習者に受容されてしまうと、その権威主義的性格のために、大人になっても鮮明な記憶としてとどまってしまうことである。実際、本研究においても、大きく歪んだ楕円軌道を引き合いに出した学生が 4 名存在した (図 4 参照)。Wells (2000) の回顧、「大学院終了後も自分は、理科教科書で読んだ大抵のことは、本当であり、明白であり、・・・〈中略〉・・・と信じていた。」からも頷けるところである。そのようなことが相まって、距離理論の適用による説明、すなわち、「夏は地球が太陽に近づくから暑くなり、冬は逆に太陽から遠ざかるので寒くなる。(図 2 の V-iv を参照)」の構成へとつながっていく。

また、この図には、もう一つ重大な問題がある。地球-太陽間の距離に比べ、太陽と地球が極めて大きく描かれていることである。実際、表 5 の指導資料 a-1 の場合、その軌道上に地球と太陽の大きさを正確に表現しようとすれば、小さな黒丸程度の大きさになる (図 14 の発言 07) に添えた図を参照)。このような地球-太陽間の距離と両者の大きさを連関させて示す際のアンバランスな空間表現は、別の距離理論の適用による説明を誘発することになる。すなわち、「地軸の先端 (北半球側の先端) が太陽の方に傾く位置に来ると、太陽と地球 (北半球) の距離は小さくなるので夏になる。逆に地軸の先端 (南半球側の先端) が太陽の方に傾く位置に来ると、太陽と地球 (北半球) の距離が大きくなるので冬になる。(図 2 の V-iv を参照)」といった説明である。特に、本研究において、この V-iv の距離理論を適用した学生は 46 名中 17 名 (34.0%) にも及び、指導後もこの距離理論を捨て去ることができなかった者が 2 名存在した (表 4、及び 6. (8) の②を参照)。

今後、中学校理科教科書はもちろんのこと、小学校理科教科書の編纂においても、距離理論の適用を誘発する図版表現について早急に検討し、天文学的な距離やスケールの理解を促すような図版表現を用いること

が要求される。

(6) 危機的状況 V: 学生・中学校理科教員の天文学的素養の問題

本研究の調査対象は、講義科目「初等理科教育学」を履修している学生 (2.(1) を参照) であり、小学校の教員免許状を携えて卒業することになる。また、その学生の一部は、副免許状として中学校理科教員の資格を取得していく。換言すれば、季節変化に対する十分な理解を持たない (もしくは非科学的な理解に甘んじている) 中学校理科教員が教壇に立つという憂慮すべき問題が浮上してくる。

さらに、諸外国の調査研究であるが、図 2 に示した Mc と酷似した考えが生徒にも存在するという衝撃的な結果が報告されている (e.g. Michaels & Bruce, 1989; Sadler, 1987)。言うまでもなく、我が国の生徒にも同様の Mc が存在することは否定できないところである。それは、本研究の調査対象であり、しかも中学校理科を履修してきた学生の間にも、依然として図 2 のような Mc が残存しているという事実からも容易にうかがい知ることができる。

季節変化に対する Mc を抱く中学校理科教員が、生徒側の Mc に対する科学的正誤を同定しようとする自体に無理があり、十分な指導を遂行するまでには至らないことは言うまでもない。次節 (7) で具体的に論じるが、小・中学校教員養成機関における天文教育における変革が待ち望まれるところである。

(7) 危機的状況 VI: 小・中学校教員養成機関における天文教育の内容やカリキュラム構成の問題

かねてより、高等学校における地学の履修率は非常に低く、地学専攻の教員も少なく、地学非開講の高校も非常に多いことが問題となっている (日本地学教育学会, 1996)。本研究の調査対象となった学生においても、地学 IA・IB を履修した者は皆無であった (2. (1) を参照)。

このことと連動して、大方の場合、全国の小・中学校教員養成機関においては、高校地学に相当する天文学的内容、もしくは高校地学を超えた高度な内容の理解を目指してきたように思われる。

しかしながら、本研究から明らかになったように、学生たちは、中学校理科の内容である季節変化についてすら、十分理解できていない。中学校理科、場合によっては小学校理科における天文分野の内容までさかのぼりながら、学生の天文学的素養の向上を図るよう指導すべきである。誤解のないように付言しておきた

いが、小・中学校の理科授業に携わる教員にとって、高校地学以上の天文学的素養が不要であると主張するものではない。例えば、季節変化に対する科学的説明の理解とその指導には、地球の楕円軌道に関する正確な知識が要求されるためである（図 11・12 等を参照）。

(8) 危機的状況 VII: 天文学的素養の欠如に対する学生の羞恥心の問題

図 3（学生番号 34）を参照されたい。このように、小・中学校理科における天文分野の既習内容を忘れてしまったり、未消化だったりすること自体に、極度の嫌悪感や羞恥心を抱く学生も少なからず存在する。

まず、教員養成機関においては、このような学生に対して、小・中学校理科の天文分野を十分理解していないことは決して恥ずかしいことではないことに気づかせ、積極的な学習態度を喚起しなくてはならない。それどころか、自らが教員となって指導する場合を想定して、さらに高度な天文学的知識や思考を身につけなくてはならないこと（例えば、図 3～14 を参照）にも気づかせたい。

(9) 危機的状況 VIII: 学生にみる科学用語に対する不正確な使用の問題

例えば、異なる概念を指し示す用語「昼の長さ」と「日照時間」を混同していることに全く気づかず、使用していた学生が認められた（図 5 の発言 02）・03）を

参照）。教員養成機関にあつては、学生が使用する科学用語の定義や概念規定の理解についても配慮しながら、指導を行っていく必要がある。

また、学生番号 29（表 1）は“回転”という言葉を用いている。図と文章による説明とを照合すれば、公転を指していることが分かるが、文章による説明だけでは自転か公転かの判断がつかない。天文事象に対する自らの考えを表現する際、関係する科学用語を適切に使用する能力を身につけさせなくてはならない。

さらに、“日当たり具合”という日常的言語によって、季節変化の原因を説明しようとした学生（図 6 参照）も見受けられた。科学用語ではないという点だけで一蹴するのではなく、まず、その用語の意味内容について学生側に詳しく尋ね、曖昧さ等が潜んでいる場合には指摘した上で、科学用語を提示してその使用に慣れさせていくことも肝要である。

教員養成機関におけるこのような指導は、学生の天文学的素養の向上に直結するだけでなく、学生が実際に教壇に立った時の生徒に対する用語指導の基盤にもなっていく。

(10) 危機的状況 IX: 学生にみる地動説的な宇宙観に対する不十分な理解の問題

上記(2)や(6)とも関連する事項であるが、中学校理科で導入される地動説的な宇宙観を十分理解していないために、小学校段階における天動説的な宇宙観

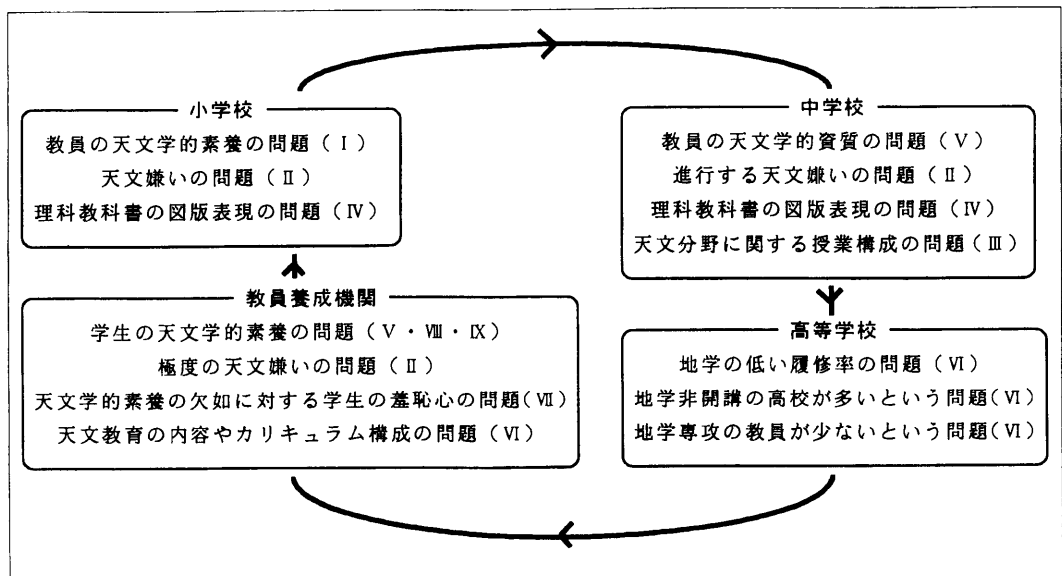


図 16 天文教育を巡る循環論的問題

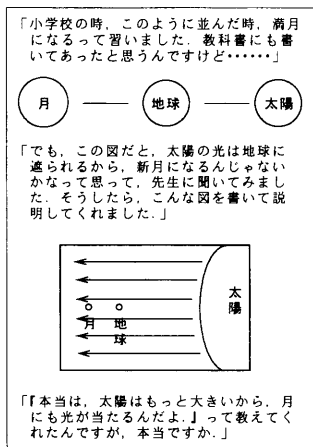


図 17 学生からの質問内容

(例えば、静止した地球の周りを運行する太陽)に依拠して、季節変化の説明を試みた学生も認められた(図 2 (IV-i, IV-ii), 図 9, 及び図 10 をそれぞれ参照)。また、本稿の冒頭において取り上げた縣(2004a)において指摘されているように、この学生たちと同じく、小学生の約 4 割が天動説を支持している。また、縣(2004b)では、この結果に対して賛否両論が存在することも報告されている。

しかしながら、学生と小学生では本質的に立場が異なる。つまり、学生は将来の指導者であり、小学生は学習者であるため、同じ土俵の上での議論は避けなくてはならない。

将来の指導者としての学生には、子どもなりの宇宙観を捉えたり分析したりする上で、天動説的な宇宙観に加え、地動説的な宇宙観にも精通しておく必要がある。さらに、その両者を適宜使い分けながら、天文事象を理解したり、指導したりする能力も不可欠になる。なお、地動説的な宇宙観を理解するためには、空間認識能力の一つである視点移動能力(松森, 1983, 1986; 松森・西山, 1993)の育成が重要である。このような学生たちには、地球以外の場所へと移動して、そこからの眺めをイメージさせるような一連の活動に取り組みせていく必要がある。

(II) 危機的状況 X: 天文教育を巡る循環論的問題

上述した I~IX の危機的状況は密接に関連しており、さらに図 16 に示したような新たな循環論的問題となって顕在化する(なお、図中のローマ数字は、上述した危機的状況のそれらと対応している)。

例えば、「……小学校での天文嫌いになった子ど

もが(II)→中学校でさらに天文嫌いが進行し(II)→高等学校に入り地学の履修を避け(VI)→教員養成機関に至っても依然として極度の天文嫌いに陥っており十分な天文学的素養を持たない学生が(II・V・VIII・IX)→そのまま小・中学校教員として教壇に立ち(I・V)→再び小・中学校で理科嫌いの子どもをうみ出していく(II・……)といった悪循環である。

言うまでもなく、この悪循環を断ち切るために、図 1 の四つの枠内に列記した各危機的状況を克服すべく地道な取り組みが必要となる。また、既に述べたエストニアにおける天文教育改革の要求(Kikas, 2004)を範にして、我が国の天文教育関連学会の中で小・中・高や教員養成機関におけるそれぞれの天文教育のあり方に検討を加える一方、天文教育に関する国家レベルの構造的抜本的改革が急務である。筆者が、本稿のメインタイトルに、あえて“危機的状況”という語句を埋め込んだ真意は、そこにある。

結語にかえて

図 17 は、筆者の勤務する大学に在籍する学生から、実際に尋ねられた質問である。

一読すれば分かるように、本稿の中で筆者が指摘してきた天文教育に対する危機的状況が、小学校の教育現場において目に見える形となって、憂慮すべき事態を引き起こしている。“天文教育の現状に検討を加えなくてはならない”といった口先だけの主張では收拾がつかないほど、我が国の天文教育は危機的状況に瀕している。

引用文献

- Alexander, P. & Kulikowich, J. (1994): Learning from physics text: A synthesis of recent research. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(9), 895-911.
- Atwood, R. K. & Atwood, V. A. (1996): Preservice Elementary Teachers' Conceptions of the Causes of Seasons. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(5), 553-563.
- 縣 秀彦 (2004a): 小学生の天文・宇宙に関する理解とその改善策の提案—天動説支持者は 4 割。2004 年日本天文学会秋季年会発表予稿集(於、岩手大学)、及び記者会見(9月20日)。
- 縣 秀彦 (2004b): 理科教育崩壊—小学校における天文教育の現状と課題一。天文月報, 97(12), 726-736.
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E., & Scott, P. (2004): Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, 23, 5-12.
- Hazen, R. M. & Trefil, J. (1991): *Science Matters*. New

- York: Doubleday.
- 広木正紀 (1986): 空間概念のための基礎的活動を天文学習以前に導入する必要性と一活動例—「歩くと月が“ついて来る”こと」に着目して—。京都教育大学理科教育研究年報, **16**, 11-26.
- Kikas, E. (1998): Pupils' explanations of seasonal changes: Age differences and the influence of teaching. *British Journal of Educational Psychology*, **68**, 505-516.
- Kikas, E. (2000): The influence of teaching on students' explanations and illustrations of the day/night cycle and seasonal changes. *European Journal of Psychology of Education*, **15**, 281-295.
- Kikas, E. (2003): University students' conceptions of different physical phenomena. *Journal of Adult Development*, **10**, 139-150.
- Kikas, E. (2004): Teacher's Conceptions and Misconceptions Concerning Three Natural Phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, **41**(5), 432-448.
- 松田卓也 (2004): 初等中等教育の改善にむけて, 教育問題懇談会の設置について。天文月報, **97**(12), 726-736.
- 松森靖夫 (1983): 児童・生徒の空間認識に関する考察 (III)—視点移動の類型化について—。日本理科教育学会研究紀要, **24**(2), 27-35.
- 松森靖夫 (1986): 天文教育に関する基礎的研究 (I) 天球概念の史的変遷とその科学教育的考察。日本理科教育学会研究紀要, **27**(2), 53-62.
- 松森靖夫 (1997): 子どもの多様な考えを活かして創る理科授業。東洋館出版社, 東京, 104-108.
- 松森靖夫・西山 修 (1993): 教授メディアとしての透明半球の認知状態について。地学教育, **46**(1), 1-15.
- 松森靖夫 (2003a): 理科ギライが増えている? 論点整理と私の対応策。楽しい理科授業, **3**(1), 8-10.
- 松森靖夫 (2003b): 科学的思考をはぐくむために—子どもと教師のための「基礎・基本」—。初等理科教育, **37**(11), 24-27.
- Michaels, S. & Bruce, B. (1989): *Discourses on the seasons*. Unpublished manuscript, Reading Research and Education Center at Newton, MA.
- 文部科学省 (2004a): 中学校学習指導要領。国立印刷局, 東京, 45-59.
- 文部科学省 (2004b): 小学校学習指導要領。国立印刷局, 東京, 51-61.
- 日本地学教育学会 (1996): 要望書。地学教育, **49**(4), 157-164.
- Ojala, J. (1992): The third planet. *International Journal of Science Education*, **14**(2), 191-200.
- Ojala, J. (1997): Lost in space? The concepts of planetary phenomena held by trainee primary school teachers. *International Research in Geographical and Environmental Education*, **6**, 183-203.
- Parker, J. & Heywood, D. (1998): The earth and beyond: Developing primary teachers' understanding of basic astronomy events. *International Journal of Science Education*, **20**(5), 503-520.
- Rutherford, F. J., & Ahlgren, A. (1990): *Science for all Americans*. New York: Oxford University Press.
- Sadler, P. M. (1987): Misconceptions in Astronomy. In J. D. Novak (Ed.), *Proceedings of the Second International Seminar: Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*, **3**, 422-425. Ithaca, NY: Cornell University.
- Stinner, A. (1995): Science textbooks: Their present role and future form. In S. M. Glynn & R. Duit (Eds.), *Learning science in the schools*, 275-298. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- 霜田光一ほか (2000): 中学校理科2分野上。学校図書, 東京, 70-71.
- Torgerson, W. (1958): *Theory and Methods of Scaling*. Wiley, New York.
- Vosniadou, S. (1991): Children's naive models and the processing of expository text. In M. Carretero, M. Pope, R.-J. Simons, & J. I. Poro (Eds.), *Learning and instruction. European Research in an International Context*, **3**, 325-336. Pergamon Press: Oxford et al.
- Wells, J. (2000): *Icon of Evolution*, xi, Washington, DC: Regnery.

松森靖夫：我が国における天文教育の危機的状況—季節変化に対する小学校教員志望学生の認識状態とその変容に基づいて— 地学教育 58 巻 4 号, 113-132, 2005

〔キーワード〕 天文教育, 小学校教員志望学生, 季節変化, 日本の天文教育における危機的状況

〔要旨〕 本研究では, (1) 我が国の小学校教員志望学生を対象にして, 季節変化の原因に対する理解状態を調査する, (2) 季節変化に対するより望ましい科学的理解を志向するための指導方策を考案する, (3) この指導方策に依拠しながら個人面接を行い, 小学校教員志望学生の科学的理解の向上を図る, 及び (4) 上記 (1)~(3) から得られた知見を参考にしながら, 我が国の天文教育の現状を再考する, ことを目的とする. 本研究で得られた知見は, 次のとおりである. (1) 季節変化の原因に対して正確に科学的に認識している学生は皆無であったこと. (2) 考案した指導方策によって, 学生達が保持していたミスコンセプションを科学的な概念へと変容させることができたこと. (3) 我が国の天文教育における危機的状況 (例えば, 小・中学校教員養成機関における天文教育に関する内容やカリキュラムの問題) を指摘したこと.

Yasuo MATSUMORI: A Crisis Situation of Astronomical Education in Japan; Based on Preservice Elementary Teachers' Recognition of Seasonal Changes and the Alteration of Their Recognition. *Educ. Earth Sci.*, 58(4), 113-132, 2005

高等学校理科の総合的な必修科目に ふさわしい地学分野の内容の検討

Discussion on Geoscience Contents for the Expected Obligatory
Subject of General Science in Senior High School Education

林 慶一*・三次徳二**

Keiichi HAYASHI and Tokuji MITSUGI

Abstract: We analyzed Geoscience content in current and past senior high school-level General Science curricula, by separating the content into geoscience disciplines. We then assessed the value of the curricula from the points of view of extent of synthesization and historical approach. Our results suggest that none of the current or past general science curricula address current geoscience education needs in a sufficient and satisfactory manner. All existing curricula are inadequate for the content of the obligatory General Science subject, which may be developed in the next course of study in Japan. In order to address the deficiencies of existing curricula, we propose a new curriculum as a basis for discussion.

Key words: science in senior high school, general science, geoscience, curriculum, content of the obligatory subject, synthesis, historical approach

1. はじめに

次期学習指導要領に向けての高等学校理科の科目と履修形態の検討が進められているが、平成16年7月27日の中央教育審議会初等中等教育分科会教育課程部会へ理科専門部会から提出された審議状況報告 (http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/siryu/004/04081101/005.htm) によれば、高等学校理科に関しては「物理、化学、生物、地学の4分野にまたがるような理科に共通する科学の基礎知識を明確にし、確実に定着させるような新たな必修科目を設けてはどうか」、「物理・化学・生物・地学の膨大な学習内容をどのように配置するかを十分検討し、科学の基礎となる部分を最低限教える必修科目を設置すべきである」、「物理・化学・生物・地学をきちんと教えるべきであり、第1学年に旧「理科I」のような科目を設置することは良い」、「新たな科目の内容

は、物理・化学・生物・地学の分野について4分の1ずつ内容を出し合うものではなく、旧「理科I」とは異なる科目の領域を超えた内容を検討すべきである」などの意見が出されており、必修の総合的な科目が設置される可能性が出てきている。高校地学の履修率が極端に下がり、地学としての必修化も難しい現状では、総合的な必修科目が設置されて、その中に地学の内容を盛り込むことができれば、高等学校における地学教育の大きな改善につながると考えられる。この総合的な科目の単位数については、別に「物理」・「化学」・「生物」・「地学」の科目が置かれる可能性が高いことや、第1学年で履修させるというような議論があることを踏まえると、4単位程度になる可能性が高い。

従来の教育課程では、「理科I」を除けばすべての総合的な科目は選択科目であった。もし、「理科I」の内容が、予想される総合的な科目の内容として適切であれば、それを復活させる形で対応することができる。

しかし、「理科I」は30年も前に作られたものであり、今日の地学分野の諸科学のめざましい発展と、自然環境や自然災害への取り組みが重視される社会のニーズの現状から見て、適切かどうかの検討が必要であろう。また、選択科目の場合は、すべての生徒が学習するものではないので、当然その内容も必修の場合における全国民が学習する地学の内容という観点からというよりも、その科目で掲げられた総合化の理念に基づいて選択されてきたとみなせる。したがって、次期の総合的な必修科目の内容としての適否には、より慎重な検討が必要である。また、これらの現実に設置された科目とは別に、総合的な科目に関するカリキュラム研究が1990年代半ばから活発に行われており、そこで取り上げられた地学の内容を今回の案として活用できる可能性もある。

そこで、本稿では従来の総合的な科目およびカリキュラム研究における地学の内容を検討し、それらの持っていた長所と問題点を明らかにし、それらを踏まえて新しい総合科目に向けた地学カリキュラムを提案したい。

2. 従来の総合的な科目・カリキュラム研究の検討

(1) 従来の総合的な科目の検討

A. 基礎理科（昭和45年告示，昭和48～59年実施）

「基礎理科」は、戦後の学習指導要領の歴史の中で、初めての総合的な科目であった。その内容は、次のようなものであった（ゴシックは地学関連の内容）。

- (1) 光
光の速さ，光の波動性，スペクトル
- (2) エネルギー
太陽光とエネルギー，運動エネルギー，位置エネルギー（弾性の位置エネルギーを含む．），化学変化とエネルギー，エネルギーの変換と利用
- (3) 物質の構成
X線と結晶，固体・液体・気体，気体分子運動，原子と分子の構造
- (4) 物質の反応
化学結合，酸化と還元，電気分解，化学平衡
- (5) 万有引力と太陽系
落下運動，運動の法則，等速円運動，惑星運動，万有引力，太陽系
- (6) 地球の構成

大気の構成とその運動，海洋の構造とそのはたらき，固い地球の構造，地球を構成する物質

(7) 生命と物質

生物体の構成，生物体内の化学反応，生物体の調節，生命の連続

(8) 進化

地球の進化，生物の進化

全体の中での地学の内容の占める割合も、地学の中での各分野間のバランスもおおむね適切で、選択「地学」を履修しない場合でも地学の内容を最低限学習できるように構成されている。これは、前の課程（昭和33年告示）で物理・化学・生物・地学が必修であったのに対して、選択制が導入されたことによる地学非選択者が多数出ることを予想して、善後策として考案されたためであろうと推定される。このことは、学習指導要領の中で、指導計画の作成に当たって「理科に属する科目について、履修させる単位数の合計が6単位の場合には、「基礎理科」を履修させることが望ましい」としていること、つまり物理I（3単位）と化学I（3単位）のような2領域の履修ではなく、4領域の学習を奨励していることから推定される。このような経緯から、基礎理科における地学の内容は、地学の広い範囲の領域を含んだバランスのとれた内容になっている。また、6単位という大きい単位数が、これだけの豊富な内容を盛り込むことを可能にしたと考えられる。

ところで、地学にはそれを特徴づける基本的な概念として、総合性と歴史性があることはこれまでの多くの研究により明確になっている（渡部，1966；特定研究ヒストリカル班，1975；特定研究システム班，1976；小林，1977；牧野，1978；浜田，1983；馬場ほか，1994；松川・林，1994；林・松川，1994など）。これは、物理・化学・生物とは大きく異なる特徴である。したがって、地学の内容を分野別という観点からだけではなく、この総合性と歴史性という観点からも分析が必要である。表1は、「基礎理科」の地学の内容をこれらの観点から分析したものである。高等学校理科の科目では数個の抽象的な表現の大項目の下に、より具体的な内容を示す中項目があり、さらにその下に小項目がある場合もある。したがって、分析に当たっては、最も具体的な中項目または小項目ごとに行うのが適切である。これらの各項目について、地学のどの分野が主に扱われているかを明示するため、その項目の中で中心的または大きく扱われる分野に○

表1 「基礎理科」の地学分野の内容と要素分析

○大きく扱われる分野
△補助的に入ってくる分野

大項目	中項目	必要な要素	分野性				地学の特性	
			地質・岩石・古生物	固体地球物理	気象	海洋	天文	総合性
(2) エネルギー	太陽光とエネルギー		△ 地球の熱収支	○ 地球の熱収支	△ 地球の熱収支	○ 太陽放射	△ 空間的(気圏)	
(3) 物質の構成	X線と結晶	△ 鉱物						
(5) 万有引力と太陽系	惑星運動					○ 惑星の視運動, ケプラーの法則	○ 空間的(太陽系)	
	太陽系					○ 太陽系	○ 空間的(太陽系)	
(6) 地球の構成	大気構成とその運動			○ 大気構成とその運動			○ 空間的(気圏)	
	海洋の構造とそのはたらき				○ 海洋の構造とそのはたらき		○ 空間的(水圏)	
	固い地球の構造		○ 地球の内部構造, その論議				○ 空間的(地球内部)	
	地球を構成する物質	○ 地球の構成元素, 地殻を構成する物質の循環					○ 空間的(地殻)	△ 地球の歴史
(8) 進化	地球の進化	○	△				△ 空間的(地球的)	○ 地球の歴史

を、関連して補助的に扱われる分野に△を付し、分野性から見た違いを明確にした。また、各項目が地学の特徴である総合性と歴史性をどの程度持っているかについても、多く持っているものに○を、若干持っているものに△を付し、どの程度地学の基本概念を含んでいるかを明確にした。

この分析により、まず、基礎理科には地学の各分野を中心とする内容がすべて含まれており、大きな偏りや欠落がないことが一目瞭然となり、上記の分野間の良いバランスが確認される。しかし、総合性の観点から見たとき、広大な空間の中の事象を総合的に扱う、すなわち空間的な総合性がほとんどの項目にきちんと含まれているのに対して、複数の分野にまたがる内容、すなわち分野横断的な総合性は乏しいと理解される。これは、1960年代までは、地学の諸科学の分野間の学際性が乏しく、分野間の交流が少なかったことをそのまま反映しているのではないかと考えられる。その結果、地学の独立した諸科学を、それぞれそのまま別々の内容として項目にしたという見方ができる。

B. 理科I・理科II(昭和53年告示, 昭和57~平成4年実施)

「理科I」は、総合的な科目として、初めての、そして唯一の必修科目であった。前課程(昭和45年告示)の「基礎理科」の6単位に対して4単位に圧縮されたその内容は、次のようなものであった(ゴシックは地学関連の内容)。

- (1) 力とエネルギー
力と運動, 落体の運動, 仕事と熱, エネルギーの変換と保存
- (2) 物質の構成と変化
物質の構成単位, 物質の成分元素, 物質質量, 化学変化とその量的関係
- (3) 進化
細胞とその分裂, 生殖と発生, 遺伝と変異, 生物の進化
- (4) 自然界の平衡
地球の運動, 地球の形状, 地球の熱収支, 生態系と物質循環
- (5) 人間と自然
資源, 太陽エネルギー・原子力の活用, 自然環境の保全

表2 「理科I」の地学分野の内容と要素分析

○ 大きく扱われる分野
△ 補助的に入ってくる分野

大項目	中項目	分野性					地学の特長	
		地質・岩石・古生物	固体地球物理	気象	海洋	天文	総合性	歴史性
(4)自然界の平衡	地球の運動					○ 地球の自転・公転とそれらの駆動、ケプラーの法則、惑星の後運動	△ 空間的(太陽系)	
	地球の形状	○ 地表の隆化、風化・侵食・堆積、造山運動、鉱物・火成岩・堆積岩・変成岩	○ 地球の大きさ・形、内部構造、アイススタシ、火山、地震、プレート	○ 大気層構造			○ 分野横断的 空間的(地球内部)	△ 地球の歴史
	地球の熱収支			○ 大気の運動、大気の大循環	○ 海水の循環	△ 太陽放射	○ 空間的(気圏)	
	生態系と物質循環							△ 地球の歴史
(5)人間と自然	資源	△ 地下資源、化石燃料、地質構造					△ 空間的(地殻)	△ 地球の歴史
	太陽エネルギー・原子力の利用					△ 太陽放射		

これらの内容を、分野性及び地学の特長の観点から分析すると、表2のようになる。全体の中での地学の内容の占める割合と地学の中での各分野間のバランスもおおむね適切で、選択「地学」を履修しない場合でも地学の各分野の内容を1つずつは学習できるよう構成されている。表1と比較すると、地質・岩石・古生物分野では「地球の進化」の項目が、天文分野では「太陽系」の項目がそれぞれ削除されているが、これらは6単位から4単位へ大幅に内容を減らざるを得ない中で、複数の内容を含んでいた分野から削減したものである。そこでは、全く扱われない分野が生じないようにという工夫がされると同時に、残された項目についても、削除した項目に含まれていた内容をできるだけ挿入できるような項目名への変更がなされている。「地球を構成する物質」から「地球の形状」への変更がこの例で、削除された「地球の進化」の造山運動などの内容が移動・挿入されている。またこれに伴い、分野横断的な総合性も生まれてきており、地球の理解には地学の諸科学の学際的な取り組みが必要なることを理解させることができるようになってきている。

このように「理科I」はよく工夫されているが、大幅な削減であったため、「基礎理科」の欠点であった部分を補強するような追加はできなかったようである。本来であれば歴史性をより大きく取り扱えるようにする

ことで、地学らしさが出るところであったが、表2に見られるように、この特性に関しては大きく扱われる分野がなくなったことから見て、むしろ後退したと言える。

しかし、総合性については、「地球の形状」が地質・岩石・古生物分野と固体地球物理分野と気象分野の3つにわたって分野横断的に構成され、空間的な総合性しか見られなかった「基礎理科」に対して、新しい学際的なアプローチが取り入れられるという進展が見られた。

この「理科I」を履修した後には、さらにいっそう広い自然科学的な教養を身につけることを希望する生徒を対象に設けられたのが「理科II」である。その内容は、(1)特定の事象についての観察・実験、(2)自然環境についての調査、(3)科学の歴史的事例についての研究、の中から適切な課題を選んで十分な時間をかけて、探究的な学習を行うものであった。

このうち(1)については「理科I」で学習した内容の中から選ぶことになっており、実質的な内容は本論ではすでに分析したことになる。(2)については、生物や地学に関する野外調査及び自然環境に関する諸問題を適宜扱うとされており、(3)についても、科学史の直接的利用法と間接的利用法が示されているが、特定の内容が示されていないので、本論での具体的内容の分

析の対象とはならない。

ただし、(2)については次の教育課程(平成元年)以降のIBやIIを付した科目の「探究活動」や「課題研究」として、また(3)については現行教育課程(平成11年告示)の「理科基礎」の主要な内容として、発展的に受け継がれている。地球環境の問題や科学とは何かという問題を国民が広く考えなければならなくなっており、今後もこれらの内容を何らかの形で活かしていくことが望ましい。しかし、時間数の大幅に制限された必修の総合的な科目の中では、「どのようにすれば活かしていけるのか」という今後研究しなければならない問題が残されている。

C. 総合理科(平成元年告示,平成6~17年実施)

「総合理科」(4単位)は、上記2つの総合的な科目とは異なり、具体的な内容項目を科学用語で明示せず、「多様性と共通性」、「自然環境とその保全」、「科学の歴史における実験例の研究」などのような、自然の事象や科学、あるいは科学と人間の関わりに見られる本質を表すと考えられる抽象的な用語を用いて記述された、新しいガイドラインでの新しい試みの科目であった。

学習指導要領の「内容の取扱い」において若干の例示はあったものの、基本的には教科書の著者、さらには現場の教師の判断で、上記の本質を教えるのに適切な内容が選ばれた。したがって、教科書においても出版社により大きく内容の異なる、個性的で興味深い素材が多数取り上げられた。したがって、地学の具体的内容の変遷を議論する本論では分析の対象とはしないが、この種の自由化により従来の学習指導要領の路線では想像できなかった新しい教材が登場することになり、大変有意義なものであったと考えられる。

しかし、この方式は次の改訂には継承されることはなかった。その理由は、内容が明記されないガイドラインでは、内容の統一性が保てず、様々な側面で支障が生じてきたためではないかと考えられる。その1つが大学入試センター試験における出題で、出題内容が全部の出版社の教科書で扱われていることは少なく、多くの問題が一部の教科書でしか扱われていないものになってしまったため、個人の学力よりもどの教科書を使って学習したかが結果を大きく支配した。1冊の教科書をきちんと学ぶよりも、むしろ多くの出版社の教科書を駆け足で見た方が、良い成績を取ることができたであろう。

D. 理科基礎(平成11年告示,平成15年~現在まで実施)

「理科基礎」は、前課程の上記「総合理科」の流れを受け継ぎながらも、内容をさらに限定して、科学の歴史におけるパラダイムシフトを中心にして2単位に圧縮した新しい科目である。内容は、下記のように具体的に示され、「総合理科」の抽象的な用語による内容提示の問題点を回避できるようにされた。

地学分野の内容は「天動説と地動説」と「プレートテクトニクス説の成立」の2項目であったが、実際にはいずれか一方を扱えばよいというものであった。これは、内容が問題なのではなくて、科学とは何かを本格的に追求するために、1つの事例として選ばれたということである。したがって、内容の変遷とその意味を議論している本稿では、直接分析の対象にする必要はない。しかし、このような科学とは何かをじっくり考える試みは、今後の教科書においても一部に取り入れていくことが、是非とも必要であると考えられる。

E. 理科総合B(平成11年告示,平成15年~現在まで実施)

「理科総合B」(2単位)は「理科総合A」(2単位)とともに、総合的な科目自体の多様化を目指して、上記「理科基礎」と並立する選択科目として設置されたものである。なお、「理科基礎」、「理科総合A」、「理科総合B」は、これらの科目の中から1科目以上を履修する必要がある選択必修科目である。内容的には、前課程(平成元年告示)の物理・化学・生物・地学のAを付した科目や「総合理科」の流れを受け継いで、「理科総合B」が生物と地学、「理科総合A」が物理と化学を、それぞれ中心に総合化したものである。同時に作られた物理・化学・生物・地学のIおよびIIを付した科目が、系統性を重視した詳しい内容の科目であるのに対して、「理科総合A」と「理科総合B」はそれらに向けての導入、あるいはI、IIを選択しない生徒に対する科学リテラシーの育成を担うものであった。このような目的のために「理科総合B」の内容は下記のようなものになった(ゴシックは地学関連の内容)。

- (1) 自然の探究
 - ア 自然の見方
 - イ 探究の仕方
- (2) 生命と地球の移り変わり
 - ア 地球の移り変わり
 - (ア) 惑星としての地球
 - (イ) 地球の変動

- イ 生物の移り変わり
 - (ア) 生物の変遷
 - (イ) 遺伝の規則性
- (3) 多様な生物と自然のつり合い
 - ア 地表の姿と大気
 - (ア) 多様な景観
 - (イ) 大気と水の循環
 - イ 生物と環境
 - (ア) 生物の多様性
 - (イ) 生物と環境とのかかわり
- (4) 人間の活動と地球環境の変化

これらの内容項目のうち、地学の内容を含む項目について、分野性及び地学の特性の観点から分析すると、表3のようになる。これから読み取れるように、地学の中での主要な分野がすべて扱われており、選択「地学」を履修しない場合でも地学の基本的な内容をおおむね学習できるように構成されている。地学の特性の総合性の観点からは、表1の「基礎理科」、表2の「理科I」と比較して、ほとんどの小項目で分野性の欄が横にわたっていくつも埋まっていることからわかるように分野横断的な総合性が認められ、従来の空間的な総合性中心から大きく改善されたことが示される。

しかし、もっと大きな改善は、地学の最も重要な特

性である歴史性が、可能な限りの項目で強く打ち出されたことである。これを可能にしたのは、ストーリー性、特に歴史的ストーリー性を軸にした内容構成が採用されたことによる。惑星の違いを太陽系の形成の歴史の中で理解し、地球の変動をプレートテクトニクスの歴史を通して理解し、多様な景観を地球内部からと太陽からのエネルギーのせめぎ合いの中でとらえるという流れである。

このように分析してみると、従来の総合的な科目の改善の上に成立した「理科総合B」は、次の必修の総合科目の内容としては最も適していると考えられる。しかし、実際のこの科目の成立の経過を知る立場にあった者からは、この案はかなり急いで作った結果、特定のストーリーを強要しすぎたのではないかという危惧も残っている。また、選択科目の「地学I」、「地学II」の履修率が大きく下がるのが予想された中で「理科総合B」を通して地学として必要なものを学んでほしいとの思いから多くの内容を盛り込んだが、選択必修科目の内容として必要十分なものかどうかというところまで検討する時間はそれほどなかった。しかし、次の必修の総合科目の内容としては、この観点から十分に考えておく必要がある。また、「理科総合B」では選択科目であるため、同じく選択科目である「地

表3 「理科総合B」の地学分野の内容と要素分析

大項目	中項目	小項目	必要要素					分野性		地学の特性	
			地質・岩石・古生物	固体地球物理	気象	海洋	天文	総合性	歴史性		
(1) 自然の探究	ア 自然の見方										
	イ 探究の仕方										
(2) 生命と地球の移り変わり	ア 地球の移り変わり	(ア) 惑星としての地球		△ 地球の大きさ	△ 地球の原始大気	△ 海洋の存在	○ 太陽放射・太陽との距離、クレーター	○ 空間的(太陽系)	△ 太陽系の歴史		
		(イ) 地球の変動	○ 褶曲・断層・不整合	○ プレートテクトニクス、大地形		△ 海洋底の地形		△ 分野横断的	○ 地球の歴史		
	イ 生物の移り変わり	(ア) 生物の変遷	△ 化石、古環境		△ 大気組成の変化	△ 生態環境		△ 空間的(生物圏)	○ 地表環境と生物の歴史		
(3) 多様な生物と自然のつり合い	ア 地球の姿と大気	(ア) 多様な景観 大陸・島弧・海洋	○ 大陸・島弧・海洋底の地形、侵食・運搬・堆積	○ 地球内部のエネルギー	△ 気候	△ 海岸地形	△ 太陽放射	○ 空間的(地殻) 分野横断的	○ 地表の歴史		
		(イ) 大気と水の循環			○ 大気の大循環、日本の気象	○ 海水の地球規模の循環		○ 空間的(水圏・気圏)			

○大きく扱われる分野
△補助的に入ってくる分野

学 I]、「地学 II」との内容の全面的とも言える重複が認められた。しかし、次期課程では、設置の可能性が論じられている総合的な科目とは別に、より詳しい選択科目「地学」も設置される可能性があることから、その履修の前に必ず履修する総合科目ということになると、内容の重複をどう克服するかが課題である。

(2) 総合科目の先行研究の検討

従来の学習指導要領で実際に設置された高校理科の総合的な科目とは別に、将来に向けて行われた総合的な科目のカリキュラム研究がいくつかある。これらが、予想される次期改訂の際の必修総合科目の内容として利用できる可能性がある。そこで、ここではそれらについて検討する。

A. 自然環境科(林・松川, 1996)と自然科(松川ほか, 1997a, 1997b)

すべての国民に身につけてほしい高校レベルの地学の内容として、松川・林(1996)による地学を中心として他領域(物理・化学・生物)を取り込んだ教育課程の研究がある。この研究は、1つには理科を社会科の例にならって2教科に分割して必修化を図ろうとした林・松川(1996)の中で、生物・地学の内容から成る自然環境科という形で具体化され、もう1つとしては、物理・化学・生物・地学を1つにまとめた自然科(松川ほか, 1997a, 1997b)として具体化された。いずれも必修になることを念頭に置いた研究であり、今回の必修総合科目の内容選定の参考になる。しかし、この研究は当時の学術会議第四部の科学教育研究連絡委員会で、21世紀へ向けて「伝統的な個別科学(物理・化学・生物・地学)の限界が見え、ゆらぎ・カオス」を含む複雑適応系へとパラダイムシフトする現代の科学技術の学問体系の変化」に答えるため、理科だけでなく数学や技術をも含めた新しい総合的な科学技術教育(木村, 1995; 1996)を目指す大きな研究の枠の中で行われたものである。つまり、物理・化学・生物・地学に代わる教科の構築を目的とした研究であったため、当時の地学 IB, II の内容の大部分が盛り込まれていた。したがって、主要な物理・化学・生物・地学が維持されたその内容は、量的に大変多すぎ、また質的にも高すぎるといった感じが強い。内容選定の方法としては参考にはなるが、結果として示された内容項目を直接採用することは難しい。この内容はむしろ、総合的な科目ではなく、現行課程(平成11年告示)の地学のうちの基礎的な科目である「地学 I」(3単位)の内容として後に反映されたように思われる。

従来は地学の連続した科目が設置される場合、地学の主要な内容が両者に分割され、結果として基礎的な科目の履修のみで終わった場合には、地学の内容を総合的に理解するまでには至らないという深刻な問題があった。しかし、「地学 I」では、「自然科」で提案された1科目の中で地学の広い分野を一通り扱うという考え方と同様な考え方が採用された。これは、従来どおりの分割方式をとった「物理 I」, 「化学 I」, 「生物 I」とは、全く異なる構成であり、「総合化」の研究成果を反映した大きな変化であった。

B. 神奈川県高等学校教科研究会理科部会地学カリキュラム委員会、日本化学会化学教育協議会、日本物理教育学会の考え方

神奈川県高等学校教科研究会理科部会地学カリキュラム委員会(1996)は、平成11年の学習指導要領の改訂に向けて、「地学、生物、化学、物理の4分野すべてがそろった〈理科〉を必修として学び、それを基盤として生徒の興味・関心及び個性、能力に応じて地生物4分野の独立した選択科目を履修すべきと考え」て、必修科目として化学・物理を内容とする〈理科1分野〉と地学・生物を内容とする〈理科2分野〉を提案した。平成11年の学習指導要領では総合的な科目自体が2種類作られ、それが選択必修という結果となり、神奈川県高等学校教科研究会理科部会地学カリキュラム委員会(1996)の提案とは異なるカリキュラムとなったが、次期改訂ではこの提案に近い科目構成になる可能性があり、今日から振り返るとより将来を見据えた提案であったといえる。ただし、その内容、とりわけ〈理科2分野〉の地学の内容についてはこれからの検討事項として具体的には示されていない。現在早急に求められているのはこの具体的な内容である。

総合的な科目を必修にする考え方は、ほぼ同じ頃に日本化学会からも提案されている(佐野, 1996; 伊藤, 1997)。佐野(1996)は化学分野の内容として5章を提案しているが、実際にはこのうちの3章を選択するというもので、選択制度を取り入れているのが大きな特徴である。

同じ頃、物理教育関係者の間でも同様な検討が行われ、唐木(1996)は「高校1年までは全員共通の理科教育を授けるようにする」べきであるという主張を展開し、増子(1996)はさらに踏み込んで4単位程度の必修の総合的な科目の物理分野の内容構成の一部を例示している。

これらの団体、他学会の動きを見ても、4単位程度のコンパクトな必修総合科目の中の地学分野の内容として提示できるものを、地学教育関係者が次期改訂に向けて準備しておく必要がある。しかし、ここで明らかになったように、従来の科目にもカリキュラム研究にもそのまま利用できるものはない。早急に適切なカリキュラム案を作る必要がある。

3. 必修総合科目の地学内容の提案

(1) 求められる条件と対応の方針

A. 地学の全体を扱う

地学を選択する生徒以外は、この科目が地学分野の学習の最終段階になると予想される。したがって、必修総合科目の内容の選定に当たっては、国民が共通に身につけておくべき地学の内容を完成できるものであるという条件が求められる。

この条件は、地学の専門家の間でも各自の専門や社会の要請をどのように見るかによって様々に解釈できる。したがって、そのうちのいずれかの立場を採用するのではなく、どのような解釈に立っても支障のないように、広く解釈するのが望ましい。このような立場からは、知識としては、地球とそれを取り巻く宇宙を空間的にも歴史的にも大きく扱い、欠ける部分の生じないように、また探究の方法に関しては、地学の各専門分野の探究方法を一通り取り入れられるようなものであるという条件である。そこで、地学のほぼすべての内容が網羅されている現行の選択「地学Ⅰ」の中項目の内容を、この条件でふりにかけて選択することで、具体的な内容を選定できると考えられる。

しかし、実際にこれを行ってみると、「地学Ⅰ」の中項目レベルの内容はいずれも、もし削除してしまうと、地球とそれを取り巻く宇宙を空間的にあるいは歴史的に理解するのに大きく欠けた部分が生じることになる。また、探究の方法に関しても、削除した内容の背景にある専門分野の独特の探究方法に触れさせることが困難になる。したがって、現行の選択「地学Ⅰ」の各中項目の内容を思い切ってスリム化することで、地学の基本的な内容をすべて取り扱えるような構成にすることが最善の方法であると考えられる。このような方法は果てしなく内容が膨張するという危惧から、従来の学習指導要領では認められなかった。しかし、平成11年告示の現行学習指導要領では、「地学Ⅰ」と「地学Ⅱ」の関係において、扱いのレベルを変えることで内容の完全な重複が実質的に初めて認められた。この

背景には、総合的な科目の選択必修化により、従来から選択者数の少なかった地学が、生徒にとってさらに選択しにくくなり、なかでも「地学Ⅱ」はほとんど開講されない状況になることが予想されたからである。もし、地学でも物理・化学・生物のようにⅠを付した科目とⅡを付した科目に内容を分割してしまえば、Ⅱに含められた内容はほとんどの生徒が事実上学習できなくなる。学習指導要領を作成した当時の地学部会では、このことの深刻さが真剣に議論され、当時の三輪教科調査官の尽力もあって、学習指導要領の歴史上かつてない「総二階建て方式」、すなわちすべての内容について「地学Ⅰ」で基礎的なレベルで扱った後に「地学Ⅱ」で発展的に扱うことが認められた。次の改訂で総合的な科目が必修として現在より確実に実施されるならば、逆に選択「地学」の置かれる立場は現行の「地学Ⅰ」よりも悪くなり、「地学Ⅱ」に近づくことになるであろう。したがって、総合的な科目の地学分野と選択「地学」の内容が、現行の「地学Ⅰ」と「地学Ⅱ」のように、内容的にはほぼ完全に重複していて、取扱いのレベルが大きく違うというスタイルと同様にすることは許容されると考えられる。したがって、本稿では総合的な科目の内容として地学の内容の一部を取り上げ、残りを選択「地学」で扱うという方針をとらず、思い切って内容を圧縮するが、地学の基本的な分野やそこでの探究方法を一通り扱えるようにするという考え方で構想する。

B. 多様な教科書を作るように系統的な内容表示する

前述のように、「理科総合B」では内容項目を「地球の移り変わり」というように表現して、ストーリー性を背景に地学の広い範囲の内容を扱えるようにという工夫がなされていた。これは、地球と宇宙を現在の科学で重視されているように、総体的あるいは系統的にとらえることを推進する上で効果的であった。しかし、「…、地球の変遷を、特にプレートの動きによる世界の大山脈の形成などの大地の変動の観点からたどり、…(文部省、1999)」というような魅力的ではあるが特定のストーリーを採用することには、他のストーリーによる展開を難しくするという欠点もある。必修科目であれば多数の出版社から教科書が発行されることになるが、どれもが同じストーリーで展開されると言うよりは、いろいろな見方や考え方に基づく斬新なストーリー性が出されて、選択の幅が広がるのがよいことは言うまでもない。したがって、ストーリー

表4 新しい必修の総合的な科目の地学分野の内容と要素分析

○大きく扱われる分野
△補助的に入ってくる分野

中項目	小項目	分野性					地学の特長	
		地質・岩石・古生物	固体地球物理	気象	海洋	天文	総合性	歴史性
惑星としての地球	太陽系の中の地球 太陽系の概観		△ 地球の形状			○	○ 空間的(太陽系)	△ 太陽系の歴史
	惑星表面の様子 地球の特徴を比較惑星学的に理解させる	△ 地表の岩石	△ 地球の大地形	△ 地球の大気	△ 海洋の存在	△ 太陽放射・季節	△ 分野横断的	○ 惑星の歴史
地球の姿	海洋の姿		△ 海底地形	△ 相互作用	○		○ 空間的(水圏)	△ 海洋の歴史
	大気の構造		△ 海陸分布	○	△ 相互作用	△ 太陽放射	○ 空間的(気圏)	○ 大気の歴史
	地球の内部構造	△ 岩石	○				○ 空間的(地球内部)	△ 地球の初期の歴史
地球の変動	地球内部の活動 プレートテクトニクス&ブルームテクトニクス	△ 地質・岩石	○		△ 海洋底の地形		○ 分野横断的	○ 地球の歴史
	火山と地震	○	○				△	△ 変動帯の歴史
	地球と生命の歴史	○	△ テクトニクスの環境	△ 地域の気候・気象環境	△ 海進・海退、高潮・津波	△ 季節や気候への影響として	○ 分野横断的	○ 地域の自然史

性をより推進するという意味では、ストーリーの素材として扱うべき内容はむしろストーリー性を排除して系統的に提示することがよいのではないかと考えられる。また、ストーリーに引きずられて内容に偏りや欠落が生じることは好ましくなく、ストーリーを超えて扱われるべき内容には共通性が求められる。このためにも学習指導要領においては、系統的に列挙することが望ましい。

(2) 新「基礎理科」の地学分野の内容の提案

上記のような考え方に立って、次の改訂における必修の総合的な科目の地学分野の内容として表4の左側の欄のような中項目と小項目を提案する(大項目は地学分野全体を包括するもので、物理・化学・生物との関係で適切に定めればよいと考えているので、ここでは示していない)。

4. 提案のカリキュラムについての議論

表4の提案では、前述した従来の総合的な科目の分析に基づいて、それらの持っていた欠点も克服するように工夫した。すなわち、各小項目には現在の科学研究の場面において見られる学際性をできるだけ取り入れて、一つの事象をできるだけ多くの学問分野の視点から扱うようにした。また、その多面的な見方を総合

して見ることをねらいとした項目名を用いた。これらの工夫が明確になるように、本提案についても表4の右側の欄には、表1～3に示したのと同様な観点からの分析結果を示した。

例えば、「基礎理科」に欠けていた「分野横断的な総合性」は、分野性の欄を横に見ると、いずれの小項目においても2つ以上の専門分野に主要な内容として入ってくることを示す○または補助的な内容として入ってくることを示す△がついており、分野横断的な総合性が全体にわたっていることが読み取れる。特に「惑星の表面の様子」と「地球と生命の歴史」の2小項目はほとんどすべての専門分野に関わる内容で、高い学際性を含む。これらの学際的な項目を設定したのは、複数の学問領域が共同で取り組むことによって、従来型の個別の学問領域内での努力では到達し難い、大きな飛躍につながることを最も効果的に学習させられると考えたからである。

また、「基礎理科」だけでなく「理科I」でも乏しかった地学の特長のうちの歴史性(自然史)は、すべての項目に含まれるようにした。特に、「惑星表面の様子」、「大気の構造」、「地球内部の活動」、「地球と生命の歴史」の4つの小項目では非常に大きく扱われるようになっている。ほとんど一義的な因果律で進む変化

で自然を描こうとする物理学や化学に対して、また、現在の生き物を探究することを通して生物界を理解しようとする生物学に対して、計り知れない数の偶然が決定的な役割を果たして現在の姿に至っている太陽系や地球や生命の進化を、その歴史に即して理解しようとする地学独自の自然の見方を十分に学習できるようになっている。地学関係者以外の間では、このような自然史的な見方の重要性がしばしば見落とされ、地学分野を欠いた物理・化学・生物だけによる総合化がこれまでも何度も提案されている。このような考え方に対して、これらの自然史的な内容は、物理学や・化学の応用で理解されてしまうようなものではなく、地学を学ぶことの意義を示すものとして、地学分野から提案するものとしては効果的である。

「総合理科」に見られた抽象的用語を使用したため、教科書作成段階で発生した具体的内容の非共通性・ばらつきは、具体的な内容項目を系統的に表現したことで回避されている。これまでの歴史を見ても、いわゆる「読み替え」などを教育現場で起こさせずに、必修理科を定着させるには、大学入試においても必修あるいはそれに準じる形で採用されるかどうかが大きく影響する。入試科目として使われるかどうかは、高等教育から見たときの基礎として価値があるかどうかにかかっている。表4に示した8個の小項目は、地学の最も重要な部分であるという意味だけでなく、広く選択の物理・化学・生物・地学の基礎にもなるという意味で、大学入試の内容としても適切なものと見てもらえないのではないかと考えている。

さらに「理科総合B」における特定のストーリーを採用することから発生する問題も、前述のように系統的内容表示によって避けられており、逆に多様なストーリーによる展開ができるものになっている。また、このような系統的内容表示が物理・化学・生物からもなされれば、それぞれの分野からの要求を満たしつつ、より壮大なストーリーを組み立てられる可能性も高まる。ストーリーを優先するとストーリーに引きずられて登場する物理・化学・生物・地学の内容は、本来の物理・化学・生物・地学が求めているものと大きくずれてしまいやすいが、系統的内容表示はこれを防止できる方法でもあると考えられる。

5. おわりに

次期学習指導要領において、総合的な科目が必修になることは、時間数は少なくともすべての生徒を対象

にした地学の教育を実現できる機会であろう。地学を専門的に学んだ教員が小・中学校には極めて少ない中で、このことにより国民全体への地学教育の質が飛躍的に向上することは疑いない。また、高等学校での地学教員の採用がほとんどない状況が続いている中で、地学の内容をきちんと教えることが必要になり、それができる地学の教員の需要が回復することを期待したい。これは地学教員の職場確保というような次元からではなく、バランスの取れた自然認識が国民の間に広がるのが、近年ますます重視されるようになってきた自然環境の保全や防災に関する教育の基盤となるという理由からである。地学的自然観の基盤なしには、これらはすべて事後対応になってしまうからでもある。

本研究は「教科「理科」関連学科協議会」において、次期学習指導要領の改訂に向けての研究が進められているのに呼応して、地学教育学会の教育課程を検討する小委員会での議論のたたき台として、著者らの研究と見解をまとめたものである。この研究は、従来の総合的な科目の設置に関わった多くの方々の方々の努力と、先行するカリキュラム研究の成果、さらには地学教育学会内での従来からのこのテーマに関するシンポジウム等にも大きく依存している。非常に多くの方々がこの研究に関わってきたので、個々に氏名を挙げることはできないが、ここにすべての方々に対して謝意を表す。

引用文献

- 馬場勝良・松川正樹・藤井英一・林 慶一・相場博明・坪内秀樹・田中義洋・平山勝美 (1994): 地学は学校教育の中でどのように扱われてきたのか—地学教育の目標や理念の歴史—。地学教育, 47, 21-30.
- 浜田隆士 (1983): 地球科学のディシプリン—マクロ自然システムの時空解析。科学と実験, 1月号, 23-29.
- 林 慶一・松川正樹 (1994): 地学教育の目標の具体化—小・中・高校と次第に拡大されていく自然観。地学教育, 47, 31-42.
- 林 慶一・松川正樹 (1996): 理科の2教科への分割と必修化。日本学術協力財団 (編), 日学選書3『21世紀を展望する新教育課程編成への提案—理科教育, 技術教育, 数学教育, 情報教育』, 日本学術協力財団, 東京, 469-489.
- 伊藤 卓 (1997): 次期教育課程における高等学校「理科」試案。日本学術協力財団 (編), 日学選書9『21世紀の教育内容』にふさわしいカリキュラムの提案』, 日本学術協力財団, 東京, 214-223.
- 神奈川県高等学校教科研究会理科部会地学カリキュラム

- 委員会 (1996): 次期高等学校理科カリキュラムへの提言. 地学教育, 49, 95-97.
- 木村捨雄 (1995): セッション3 総合討論. 日本学術会議科学教育研究連絡委員会報告書「科学教育: 次の教育課程はどのような内容を扱うべきか」, 筑波出版会, 茨城, 82-83.
- 木村捨雄 (1996): 社会・産業構造, 学問体系の変容と新しい科学技術教育の構築・研究の確立に向けて. 日本学術協力財団 (編), 日学選書3「21世紀を展望する新教育課程編成への提案—理科教育, 技術教育, 数学教育, 情報教育」, 日本学術協力財団, 東京, 7-31.
- 小林 学 (1977): 高等学校地学の変遷とその総合化. 地学教育, 30, 73-82.
- 牧野 融 (1978): システム地学から地学システムの科学へ—環境科学としての地学の教育体系開発についての提言. 地学教育, 31, 83-87.
- 増子 寛 (1996): 高校での必修に総合化は可能か? 教科「理科」関連学会協議会, シンポジウム「次期教育課程に向けて—教科「理科」関連学会間の相互理解のために—」講演要旨集, 55-58.
- 松川正樹・林 慶一 (1994): 地学とはどのような科学か?—地学教育の目標を考えるために—. 地学教育, 47, 3-9.
- 松川正樹・林 慶一 (1996): 他領域を取り組んだ地学に基づく総合科学の教育課程. 日本学術協力財団 (編), 日学選書3「21世紀を展望する新教育課程編成への提案—理科教育, 技術教育, 数学教育, 情報教育」, 日本学術協力財団, 東京, 386-398.
- 松川正樹, 田中義洋, 斎藤 茂, 根岸 潔, 林 慶一, 米澤正弘, 山本和彦, 藤井英一, 坪内秀樹, 宮下 治, 相場博明, 馬場勝良, 青野宏美, 榎原雄太郎 (1997a): 自然科 (高等学校の総合化理科の新しい教育課程) の試み. 地学教育, 50, 45-53.
- 松川正樹, 中西克爾, 田中義洋, 林 慶一, 斎藤 茂, 根岸 潔, 米澤正弘, 山本和彦, 藤井英一, 坪内秀樹, 宮下 治, 相場博明, 馬場勝良, 青野宏美, 榎原雄太郎 (1997b): 高等学校の総合化理科の新しい教育課程の試み: 自然科. 日本学術協力財団 (編), 日学選書9『21世紀の教育内容』にふさわしいカリキュラムの提案」, 日本学術協力財団, 東京, 194-208.
- 文部省編 (1999): 高等学校学習指導要領解説, 理科編理数編. 大日本図書, 東京, 310 p.
- 佐野博敏 (1996): 高校での必修に総合化は可能か?—高校「理科」と「化学」試案. 教科「理科」関連学会協議会, シンポジウム「次期教育課程に向けて—教科「理科」関連学会間の相互理解のために—」講演要旨集, 59-60.
- 特定研究システム班 (1976): 中等教育における地学教育のカリキュラム研究第2部 高校地学カリキュラム III: システム地学カリキュラム (その1, その2およびその3). 地学教育, 29, 29-41; 63-76; 93-103.
- 特定研究ヒストリカル班 (1975): 中等教育における地学教育のカリキュラム研究第2部 高校地学カリキュラム (1): ヒストリカル地学カリキュラム (その1およびその2). 地学教育, 28, 43-61; 79-91.
- 唐木 宏 (1996): カリキュラム編成の変遷と教育の現代的課題. 日本学術協力財団 (編), 日学選書3「21世紀を展望する新教育課程編成への提案—理科教育, 技術教育, 数学教育, 情報教育」, 日本学術協力財団, 東京, 61-65.
- 渡部景隆 (1966): 地学教育体系試論—自然の構造と初等教育における地学教育. 地学教育, n. 66, 57-67.

林 慶一・三次徳二: 高等学校理科の総合的な必修科目にふさわしい地学分野の内容の検討 地学教育 58 巻4号, 133-143, 2005

〔キーワード〕 高校理科, 総合科目, 地学, カリキュラム, 学習指導要領, 総合性, 歴史性

〔要旨〕 次期学習指導要領では, 高等学校理科に総合的な科目が必修として設置される可能性がある. この科目の地学分野の内容として, 過去の総合的科目の内容が適切であるかどうかを, 分野間のバランスや地学の特性である総合性や歴史性が出ているかどうかという観点から検討した. その結果, 理科総合Bが最も適していると考えられるが, 特定のストーリー性を採用したことのデメリットがあり, 必修科目としての選択地学との内容の重複を克服する方策が未検討であることが課題となることがわかった. そこで, これらの問題を, 内容を系統的に表示することと, 重複の合理性を説明する論理を構築することで解消し, 新しいカリキュラムを提案した.

Keiichi HAYASHI and Tokuji MITSUGI: Discussion on Geoscience Contents for the Expected Obligatory Subject of General Science in Senior High School Education. *Educ. Earth Sci.*, 58(4), 133-143, 2005

~~~~~  
お 知 ら せ  
~~~~~**財団法人下中記念財団**  
第 44 回下中科学研究助成金募集のお知らせとお願い

財団法人下中記念財団は、昭和 37 年 6 月、平凡社創業者 故 下中彌三郎翁の業績を記念し、科学技術教育の奨励を目的として創設されて以来、全国の小・中・高校の先生方の真摯なご研究の発展の一助となるべく、下中科学研究助成金事業を行ってまいりました。

当財団は本年も、第 44 回（平成 17 年度）下中科学研究助成金の募集を行います。当財団のホームページ (<http://www.shimonaka.or.jp/>) から標記助成金の「応募要領」・「申請書」・「申請書記入要領」を取り出せますので、是非ご利用下さいますようお願い申し上げます。

報 告

平成 17 年度大学入試センター試験の問題に関する 評価・意見

日本地学教育学会では、平成 17 年度大学入試センター試験における問題の出題方法・内容・程度等を、大学および高等学校地学担当教員等の意見・評価をもとに検討を行った。以下はその意見・評価をまとめ、大学入試センターへ提出したものである。

科目 地学 IA 本試験

1 前文

この科目として最後の試験となったが、環境との関連が深く、次年度の理科総合 B につながる内容を含んでいる。そこで、地学分野からの総合的かつ科学的な思考力を問うものであるかが評価されるであろう。問題数を確保する点から環境や身近な科学現象に関する知識を単に問うことも否定しないが、科学に対する意欲や態度面を量るものとなるように期待する。

2 試験問題の程度・設問数・配点・形式等

易しい問題と難しい問題のバランスや全体の量は適当なものと思われる。しかし、質的には総合的かつ科学的な思考力を問うものであるかを再検討していただきたいものもある。

必答問題

第 1 問 A 大気形成過程と地球環境の問題を述べたリード文を読んで答えるものである。自然の変化と人間による影響を関連させた良い素材である。

問 1 基本的な問である。

問 2 成層圏にオゾン層があり、その高さを知識として知っているかを問うもので易しい。

問 3 選択肢の文章を確実に読めば易しいが、知識の理解が浅い者には判断しにくい設問である。

第 1 問 B 大気環境の問題を述べたリード文を読んで答えるものである。

問 4 基本的な問いであろうが、④と⑤で迷うところである。知識を問うものになってしまい、汚染物質の発生過程に関連させて解答する者は少ないと思われる。

問 5 地学現象と関連していて良い素材である。しかし、他の選択肢と迷うことなく易しい設問となっている。

問 6 酸性雨の基礎知識を問う設問である。知らなくても排他法的選択で容易に答えられよう。

第 1 問 C 気候変動について、自然と人間活動による時間的スケールの差をリード文とグラフを用いて比較させた問いである。この素材と切り口はたいへんに評価できる。

問 7 グラフを観察できれば易しい設問である。

問 8 知識と知識の関連を押さえていないと答えにくいという点で良問といえる。

問 9 オーダーをとらえる計算が苦手な受験生は多いだろう。しかし、このように厳密でなくとも数量的に押さえてグラフを読みとる能力は、地学で培われる理解力を試すものとして良い方向であろう。

選択問題

第 2 問 A 海底地形図をもとに考えさせる素材である。この図の等高線が陸付近のみ不等間隔で補助線があり、全体的に単純化していると思われるが、かえってわかりにくいものになっている。

問 1 ①と④で迷う設問である。図を見ないで答えた方が選びやすいところが残念である。

問 2 海底谷が続く深さから判断する設問で適切なものであろう。

問 3 等高線から地形が容易にイメージできるため、易しい設問である。

第 2 問 B 石灰岩やその他石材の基本事項を問う問題で易しい。

問 4 基本的な設問である。

問 5 基本的な設問である。

問 6 石材名は覚えていない受験生もいるだろうが、この科目として基本事項の範囲であろう。

第 2 問 C モースの硬度計は最近扱われにくくなってきたので、かえって新鮮に感じられる。ただ、その分受験生にとっては難しく感じられたことである。

う。

問7 知らなければできない基本知識を問うものである。

問8 ③を「地上で冷えた時点でダイヤモンドが生成される」と読んでしまったことで④を選ぶ者も出ている可能性もある。

問9 鉱物資源が身近なIT技術と結びついていることに気づいているかを問う点で良い素材である。

第3問A 天体の位置の表し方に関する基本的な内容の問題である。

問1 春分点に関する基礎的な知識を問う設問である。

問2 恒星の赤経・赤緯に関する基礎的な知識をもとに、図を使って思考力を問う良問である。しかし、冬の大三角として有名なため、知識のみの問いとなっていることが残念である。

問3 方位に関する基礎的な知識を問う設問である。しかし、北から測る場合も一般的なため、正しいとする選択肢①の文には疑問がある。

第3問B 月の満ち欠けに関する基本的な内容の問題である。

問4 月の満ち欠けの周期に関する基礎的な知識を問う設問である。

問5 月の見かけの動きに関する基礎的な知識を問う設問だが、③と④は注意深く判断しなければ誤答してしまうだろう。

問6 日食と月食に関する基礎的な知識を問う設問である。知識を暗記する学習では答えにくい点は良い。しかし、選択肢①の「でも」と選択肢④の「必ず」という表現について、地学の場合は特に限定的な表現は誤りとなることが多いので、作問上留意しなければならないだろう。

第3問C 天体の動きに関する基本的な内容の問題である。赤道儀に取りつけられた望遠鏡を使用して天体観測を行った体験の有無で差が出たと思われる。

問7 日周運動に関する基礎的な知識を問う設問である。

問8 自転周期に関する基礎的な知識を問う設問である。

問9 観測点の緯度と北極星の高度に関する基礎的な知識を問う設問である。

第4問A 化石燃料を中心としたエネルギー資源に

関するやや深い内容の問題である。

問1 どの選択肢にも正しい部分と誤った部分を含んでいるため難しい。正答の④にも「熱に・・・さらされ・・・」とある点がこれを選びにくくしているのであろう。教科書の精読と自ら調べるなどの積極的学習が必要である。

問2 問題の意味を理解して表とグラフを読み取れば容易に答えられる。地理に近い内容である。

問3 問2に増して理科の問題としては疑問が残る設問である。素材は良いが科学としての切り口を期待する。加えて、図1はどのような量で比較した割合なのか示されていない。

第4問B 鉱床についての基本的な内容の問題である。ただ、知らなければ答えようがない設問で、思考の発展性が見られない。やはり、結晶分化の考え方を学習していない前提では、このような問いになるのであろうと推察される。

問4 基礎的な知識を問う設問である。

問5 基礎的な知識を問う設問である。

問6 基礎的な知識を問う設問である。

第4問C リモートセンシングの基本的な内容の問題である。リード文は問7のためだけのものである。

問7 人工衛星周回方向と探査法の基礎的な知識を問う設問である。

問8 人工衛星に関する物理的理解を要する設問である。

問9 与えられた写真が可視画像とあるため、排他法で④を選ぶことになる。白黒写真を用いているのでもう少し大きく鮮明な印刷をしてほしい。また、「明るい部分は・・・」とあるがIR画像のように反転することもあるのでその注意書きも施してほしい。「雲がないとき」とあるものの白黒ではやはり雲に見える。

第5問A 火山噴火に関する基本的な内容の問題である。リード文だけの単純な形式である。

問1 受験生にとっては意外と難しいかもしれない。水蒸気よりも硫黄化合物を連想してしまうからだが、その類の選択肢がないのでしっかりと学習している者ならば正答を選ぶことができたと思われる。

問2 基礎的な知識を問うもので、地学的な理解があれば易しい設問である。

問3 基礎的な知識を問うもので、地学的な理解が

あれば易しい設問である。

第5問B 地震活動とその災害についての基本的な内容の問題である。

問4 具体的な地震名をあげて地震のタイプ分けをさせている設問である。できるだけ地域を広く取っている配慮が感じられる。

問5 基礎的な知識の理解を問う設問である。誤っている内容の選択肢中なのでここでは問題にならないが、地震発生の間隔について「周期」という用語を使うことには注意が必要である。

問6 選択肢②が適当で、③は不適当とするのは一般的に問題ないが、「・・・ことが多い。」というのは入試問題として曖昧であると思われる。個々の地震動の特性や被害やその原因分類の定義などをできるだけ意識して作問していただきたい。

第5問C 梅雨とそれに関わる災害の基本的な内容の問題である。簡潔ながら学習の程度が現れる良い問である。

問7 基礎的な知識を問うもので、地学的な理解があれば易しい設問である。

問8 基礎的な学習をしていれば易しい設問である。

問9 基礎的な知識を問うもので、地学的な理解があれば易しい設問である。

科目 地学 IA 追試験

1 前文

追試験で採用された素材は本試験と似ているが、教科書も2種しか発行されていないこの科目の避けがたい特性ともいえよう。そのために切り口で工夫が見られるが、本試験での意見・評価と同様、地学分野からの総合的かつ科学的な思考力を問うもの、科学に対する意欲や態度面を量るように工夫していただきたい。

2 試験問題の程度・設問数・配点・形式等

基本的な問題が多く、答えやすい形式である。その一方、科学的なグラフがなく、知識として直接知らないと難しい問が含まれている。設問の量は適当と思われる。

必答問題

第1問A 地球環境の形成過程を述べたリード文を読んで答えるものである。その仮説のイメージを科

学的に理解していることが要求されている問題である。

問1 基本的な知識を問うものである。

問2 縞状鉄鉱層を知識として知らなくても化学的な思考で正答できる点で良問である。

問3 基本的な知識と理解があれば易しい問である。

第1問B 大気環境の短期的な変化を述べたリード文を読んで答えるものである。

問4 基本的な問いである。化学の基礎知識があればとても易しいだろう。

問5 基本的な易しい問である。

問6 地球の全周が4万kmであることを知っていれば簡単に計算できよう。その全周は常識として知っていただきたい数字である。

第1問C 大気環境の人間活動による変化を扱った問である。

問7 ppmの単位について知らないで計算できない。また、%の計算に比べて慣れていないために計算する意欲さえも持てない受験生がいたと推察される。

問8 選択肢②が常識的な内容であるから易しいが、他の選択肢を読むと惑わされる者もいたであろう。グラフ等の資料もなく、知らないで答えにくいという点もある。

問9 これも常識的に選択肢②を選ぶしかないが、南極の水が過去の大気を保存していることを知っていたことで惑わされる者もいよう。学習の量が多いことが逆に不利とならない選択肢を設定していただきたい。

選択問題

第2問A 地形図をもとに地形について問うものである。4枚の地形図は、日本の広い範囲から選ばれていて常識的な設問である。ただし、地理で扱うような切り口で理科としては物足りない。

問1 基本的な常識問題である。

問2 川の蛇行に関する基本的な常識問題である。

問3 基本的な常識問題である。ただし、地形の成因を単純に分類するものという感じがする。日本でのカール形成期に海面変動が連動したことをイメージした受験生には不利となる。

第2問B 火成岩の基本的事項を岩石の写真を与えて問うもので易しい。

問4 組織に関する基本的な設問である。

- 問5 基本的な設問である。
- 問6 基本的な設問である。
- 第2問C ダイヤモンドと石英を取り上げた鉱物の問題で、本試験のモースの硬度計と比べると答えやすいものである。
- 問7 基本的知識を問うもので地学の常識的な設問である。
- 問8 本試験に類似題があり、それに比べてはるかに易しい。
- 問9 鉱物利用の基本知識を問うもので常識的な設問である。
- 第3問A 惑星の運行に関する基本的な内容の問題である。話題性のある素材を使っていることは好感が持てる。
- 問1 惑星の日面通過に関する基礎的な知識を問う設問である。
- 問2 内惑星の見かけの形に関する基礎的な知識を問う設問であるが、難問に感じる者もいよう。
- 問3 火星の視運動に関する知識を問う設問である。火星の大接近について十分な理解が必要である。特に選択肢①の正誤を判断できる者は少ないであろう。
- 問4 火星の大接近のほかに、黄道に関する基礎的な知識を問う設問である。
- 第3問B 暦に関する基本的な内容の問題である。
- 問5 暦に関する基礎的な知識を問う設問である。
- 問6 太陰太陽暦に関する基礎的な知識を問う設問である。
- 問7 うるう年に関する基礎的な知識を問う設問である。正答の選択肢③は他の選択肢文と比べて違和感があるように思われる。
- 第3問C 時刻に関する基本的な内容の問題である。
- 問8 時刻に関する基礎的な知識を問う設問である。一見正しいような選択肢文を並べているので落ち着いて解答しなければならない。
- 問9 時差について、基礎的な知識をもとに思考力を問う設問である。ただし、ハワイ旅行の経験者には有利な内容である。解答する上に余計なことではあるが、サマータイムは考えないことを断る必要はないであろうか。
- 第4問A 本試験と同様の図を用いたエネルギー資源に関する問題である。本試験の図は割合で示したのに対して絶対量を単位付きで示していることは具体的に良い。ただし、ほとんど同じ素材を用いた点
- はセンター試験として疑問が残る。問4～6は単純な設問である。
- 問1 易しい設問である。地理分野の設問に近い。
- 問2 石油の生成過程はきちんと解説した教科書や参考書は少なく、学習しにくい分野である。この設問は、常識から容易に答えられる。
- 問3 日本の炭坑では、坑道を深く掘ってまで採掘するとその炭質に加えて採算が合わないために閉鎖されてきたことから、この正答の選択肢③は少々気に掛かる。地理分野の設問に近い。
- 問4 エネルギーの源を問う基礎的な正誤問題である。
- 問5 太陽電池に関する基礎的な知識を問う設問である。
- 問6 核エネルギーに関する基礎的な知識を問う設問である。
- 第4問B 海底資源と陸上の資源の環境問題（公害）を結びつけた内容の問題である。リード文は読む必要がほとんどなく、問9の参考にややなる程度である。
- 問7 基礎的な知識を問う設問である。②と迷う者がいたであろう。
- 問8 基礎的な知識を問う設問である。資源問題に注意を払って地学を学習している者にとっては容易に答えられる点で良い問である。
- 問9 足尾銅山の公害を学習していれば易しい問である。
- 第5問A 地盤災害について単純な形式で問う問題である。
- 問1 基礎的な知識を問う設問である。
- 問2 基礎的な知識を問うもので、地学的な理解があれば易しい設問である。
- 問3 基礎的な知識を問うもので、地学的な理解があれば易しい設問である。
- 第5問B 地震とその災害についての基本的な内容の問題である。
- 問4 基礎的な知識を問うもので、地学的な理解があれば易しい設問である。
- 問5 基礎的な知識を問うもので、地学の学習をしていれば常識的で易しい設問である。
- 問6 誤っているものとして選択肢④を正答とされているが、地下水を含まなくても液化は起こることもある。よって、地下水がないからこそ起こるというようなより限定的な表現を用いるべきで

あろう。

第5問C 台風による気象災害に関してリード文、図、衛星写真を用いた設問で、良い構成と感じられる。

問7 基礎的な知識を問うもので、地学的な常識があれば易しい設問である。

問8 台風の風の吹き方、経路と災害を関連させ、本科目のねらいに則した良い設問である。

問9 可視画像と赤外画像の基礎的な知識を応用した難しい設問である。もう少しヒントとして赤外画像の意味に関する記述をリード文に含ませる形も考えられるであろう。

科目 地学 IB 本試験

1 前文

大問の構成が定着していて受験生には準備しやすい面があり、出題分野に偏りが無い点で評価される。地学に関して論理的思考力と物理、化学や生物の素養も必要とする良質な問題がある一方、知識を問うだけの単純な問もある。それは、「地学I」では削減された内容が今回出題されているが、出題範囲が限定される来年度以降において理科として問題の質が低下しないことを期待したい。

物理や化学の基礎科目と違い、自然の歴史性や幅広い空間性を総合的に理解するという独特で現代に不可欠な教養として、この科目の試験が基本的知識の理解と論理的思考能力を問うものであって欲しい。今回の試験には、この観点で評価が分かれる設問が混在している。

2 試験問題の程度・設問数・配点・形式等

簡単に答えられる易しい問と一見難しいと受験生が感じる問があるが、基本的な学習をしていれば確実に答えられるものであろう。問題の量も適切である。

すべて必答問題

第1問A 宇宙の形成過程をリード文で示し、天体について問う基本的な設問である。その流れは自然で、答えやすいものであろう。

問1 恒星の種族に関する知識を問う設問である。

問2 太陽のスペクトルに見られる重元素に関する知識を問う設問である。

問3 恒星の進化に関する知識を問う設問である。HR図の学習をしてそれと結びつけられれば容易

に答えられよう。

第1問B 超高密度の天体に関する内容の問題である。知識の理解の度合いを問う良問である。

問4 中性子星の半径に関する計算問題である。やや難しいが、理数的な思考能力があれば簡潔に導けるという点で良問である。

問5 ケプラーの第三法則に関する知識を問う設問である。式の変形だけで計算はする必要がなく、理解の度合いがわかる。計算力のない生徒がこれから増えることと予想されるが、このような出題は一方法として歓迎したい。

問6 天体から放射される電磁波に関する知識を問う設問である。地学Iでは削減されるウィーンの変位則の設問ともとれるが、身近な現象にも関連した重要な事項である。

第2問A 大気の温度について熱収支の観点から解説したリード文を示し、基本的な内容を問う設問である。リード文は難しく思うられるが、解答する上でその理解をそれほど要していないのは残念である。

問1 水蒸気が赤外線吸収に重要な影響をもたらすことを学習時に見落としていた者も多いことであろう。良い着眼の設問である。

問2 これは単に知識を問うだけになっている。

問3 これも、5.5 kmの倍の高さでは気圧が半分の半分になるという関係の理解さえしていれば容易に答えられる。リード文中の下線部だけ読んで単純に答えれば良い。

第2問B 潮汐の原理の理解を問う設問である。学習をしていないと難しいが、基本を押さえた者にはリード文は読む必要がないであろう。

問4 現実的に基本的な知識を問う問題である。リード文から初めて理解して正答した者は配点通り、高い得点を与えるべきである。しかし、ほとんどは知識として持っていた者であろう。

問5 物理的な素養を要しており、やや難しい問である。選択肢②の文が適当でないことを確認するには図1を用いた思考が必要で、受験生を悩ましたことであろう。

問6 これも基本的な内容の設問であるが、潮汐を十分に学習していない者には難しくも感じられたことであろう。

第3問A 地球の形について解説したリード文を示し、その穴埋めを課した基本的な内容を問う設問で

- ある。知識として持っているかを量る単純なものである。学習している者ならば得点できることを評価する。
- 問1 偏平率の定義式を問うもので発展性がない設問である。それを使う意味を問わないのでは素材として不適切であると思われる。
- 問2 基本知識を問うだけになっている。リード文中で「ほとんど」一致するとあるのは元々の定義としてとらえている者にはひっかかるところもある。
- 問3 これも、基本知識を問うだけになっている。
- 第3問B ハワイ諸島・天皇海山列をイメージしたプレート運動に関する設問である。教科書によく取り上げられている素材で基礎的なものである。
- 問4 基本的な名称を問うものである。
- 問5 図から読み取る問題で、ハワイ諸島・天皇海山列の例を学習していれば容易である。ただし、その例とは微妙に速度が異なっていて結果だけを思い出しても選択できない点は工夫されている。
- 問6 基本的な内容の設問であるが、島が海山になるまでは、選択肢①の侵食が大きな要素であるから、惑わされた受験生もいたことであろう。
- 第4問 地質図を用いてそれをリード文で説明し、基本的な内容を問う恒例の設問である。難しくなりすぎないように地質図は工夫されているが、その分どうしても不自然になっている。様々な設問のために色々盛り込んだ複雑さもある図である。リード文を読んで地質図が押さえられれば簡単な設問だが、それが受験生には難しいところであろう。なお、リード文中の「垂直に貫入した」とは平地の地表に対して垂直の意味だろうから、ここでは「鉛直に貫入した」と表現することが適切であると思われる。
- 問1 地質図を理解して判断しなくてはならず、基本的な良問である。
- 問2 地質図を観察して基本知識を当てはめて判断させる設問である。
- 問3 化石について、基本知識を問うだけになっている。毎年出題される種類が限られているが、受験生の負担にならない程度に切り口での工夫をお願いしたい。
- 問4 地質図の見るべき部分を抑えていれば易しい問である。だが、自信をもって正答できる者は多くない設問であろう。
- 問5 鍵層について基本的な理解を問う設問であ

る。

問6 地質の基本的な関係を理解していれば、図から容易に読み取ることができる設問である。

第5問A マグマの生成過程を状態変化図を用いて解説したリード文を示し、設問されている。図を詳細に読み取らなくてもすべての設問に答えられる設問である。

問1 地殻と上部マントルについての基本的な知識を問う設問である。

問2 中央海嶺においてマグマの生成を問う設問で、沈み込み帯のイメージしかない者にはわかりにくいところもある。図にも水の関与が示されているので惑わされてしまう内容である。リード文や図を見ない方が正答をしやすくなるように思われる。

問3 ここで、沈み込み帯を問うのは混乱を誘う設問の仕方である。

第5問B 高校生には見慣れない地球化学図をもとに答えさせる設問である。短いリード文であるが、それら図の理解は容易である。基本的な知識を応用すれば難しくはなく、生きた知識の理解を試す良問である。

問4 地質図と地球化学図を見比べれば良い単純な設問だが、地学に対する関心と意欲を間接的に試すことになる。

問5 鉱床についての基本的な学習に触れていれば容易に正答できる。地学IAのように細かい鉱床に関する知識を問うものより意味がある良い設問である。

問6 塩基性岩に多く含まれる元素が問われていることを図の比較から読みとる設問である。その上である程度の地球化学的な知識を要するものでやや難しい。しかし、大学入試の問題である以上、この程度の設問がいくつか出題されるのは当然のことであろう。

科目 地学IB 追試験

1 前文

追試験は本試験よりも図が簡潔で設問も基礎的で自然な構成で作られている。しかし、いくつか問題文等に不適切と思われる今少し吟味してほしい問題も見られる。素材としては評価できるものも多く含まれているので追試験としても十分な練り上げを要望したい。

2 試験問題の程度・設問数・配点・形式等

与えられているものは簡潔だが、難しい設問も含まれている。一方で単純な知識を問うものもある。分量と分野のバランスは妥当である。

すべて必答問題

第1問 天体の距離を求める方法についてリード文で解説し、それに関係して天体の全般を問う問題である。

問1 年周視差と分光視差という名称を問う設問である。分光視差という語を知らなくても排除法で解答が易しい。

問2 年周視差の基本的な理解を問う設問である。

問3 スペクトル型とHR図に関する知識を持っていないとやや難しい設問である。

問4 恒星の種族に関する基礎的な知識を問う設問である。

問5 セファイドに関する知識を問う設問であるが、選択肢の文は図1を見て判断するように意図されたもので問題としての工夫が評価できる。

問6 グラフをもとに天体の距離を求める設問である。等級と距離の関係は公式として学習することが多いが、この設問では、公式の意味を理解しているか、対数グラフを読み取ることができるかを試すことが意図されている。恒星に関する基礎知識の理解と思考力を問う良問である。

第2問A 気温と高度の関係について現実的なその分布図を与えて設問されたものである。素材とその切り口に工夫が見られて評価できる。

問1 知識としての平均的な気温減率をそのグラフに当てはめることができるかを試す、工夫された設問である。

問2 対流圏から成層圏にかけて、原因の異なる気温勾配の逆転を示すことで知識の理解を試す工夫された良い設問である。ただ、温暖前線とはいえ、それが上空にあるのに放射冷却が強く起こるほどによく晴れていることは不思議に思える。

問3 図とは直接関係ない一般的な安定・不安定に関する設問である。問題の流れ方として一考を要するところと思われる。

第2問B 海流について、流れの物理に関わるリード文から問う設問である。物理的な原理には触れていないが、図もなく、現象を文のみで表しているため

わかりにくい設問に感じられよう。

問4 基本的な知識を問う穴埋め問題である。海面の高さと流れの関係を理解するのはやや難しい扱い方であり、工夫を要する。

問5 基本的な知識を問う設問である。

問6 基本的な知識を問う設問である。選択肢①の具体的な数字の正誤は知らない者も多く、やや難しい。ただし、排除法で解答できる。

第3問A 地球の形と重力について問う基本的な問題である。リード文も短く、知識として持っていれば答えられる安易な作問である。

問1 基本的な知識を問う設問である。

問2 基本的な知識を単に問う設問である。本試験では偏平率の定義式が出題されているが、他の天体との比較等に用いられることもなく、理科として問う意味は同様に薄いと思われる。

問3 地磁気の基本的な知識を問う設問である。

第3問B 地震波形を示し、リード文で説明した問題である。この波形は、一成分のみでそれが南北・東西・上下のどれかは示されていない。多くの教科書の扱いも同様なために入試問題としてこのようになるのも当然であろうが、学問的な立場として改善をお願いしたい。また、問4から問6の脈絡が感じられない断片的な知識を問うものになっていることは残念である。

問4 他にも見られるが語句だけを問うのは好ましくない。特に「初期微動継続時間」は教科書に載って有名な語句であるものの専門家の間では一部疑問も上がっている。この現象の意味や理解を問う設問であってほしい。

問5 P波・S波の基本的振動を問う設問である。図ははっきりとわかりやすいものである。

問6 プレート運動と関連させて地震断層のタイプを問う設問である。

第4問 ルートマップを示して、基本的な内容を問う設問である。簡潔ながらもよく考えないと解答できない全体として良い問題といえよう。

問1 等高線と層理面の走向傾斜を把握できれば簡単に解答できるが、空間的な問題を不得手とする受験生も多く、そのような者にはこの程度の設問も難しく感じることであろう。

問2 基本知識を問う設問である。選択肢①の「安定同位体」とは、受験生を惑わせるだけの表現に感じる。注意深くないと見落とすような表現を使

うことには留意していただきたい。

問3 示準化石についての理解を試す工夫が見られる設問である。ただ、化石名がX, Y, Zでは残念である。

問4 堆積の上位下位を判断する方法を問う基本的な設問である。この種の作問には、注意が必要である。実際的には多くの観察事項から判断することから、選択肢にあげられた一般的な表現では必ずしも判定に使われないものとは言い切れないであろう。もっと具体的な表現にしていきたい。

問5 正答を得るには凝灰岩層の地質図を描かなくてはならない難しい設問である。断層があることも難しくしている。そこまで確認せずに答えた者が少なくないものと想像する。

問6 断層を挟んでいても層路面の傾斜が変わっていないことから、鍵層の上位と下位の泥岩層の厚さの差を断層の両側で読みとらなければ正答できない難しい設問である。これもひとつひとつ確認して正答を導くには時間を要したであろう。

第5問A 火山活動とその噴火過程を問う問題で、素材として工夫が見られる。

問1 火成岩に関する基本的な知識を問う設問である。

問2 火山体の膨張と噴火過程をグラフで表現した良問である。ただし、火山によって複雑な変動が見られるのも多いので、考え方の示唆を加えるなどの作問上の工夫が必要と思われる。

問3 溶岩の性質と火山体の形成を問う基本的な設問である。

第5問B 造岩鉱物に関する単純に知識を問う、リード文のみの安易な問題である。

問4 ケイ酸塩の四面体構造の基本を問う設問である。

問5 有色鉱物の具体例を問うだけの単純な設問である。

問6 固溶体とは何かを問うだけの単純な設問である。

科目 総合理科 本試験

1 前文

高校理科の4分野を融合した科目として、ひとつの大問の中にそれらの分野を盛り込んだ設問で構成され

ている。融合のパターンとして物理と地学、化学と生物を組み合わせるように見えるが、その傾向は当然であろう。また、総合理科である以上、単純な事項を問うことで短絡的な解答をさせる設問はできるだけ避けてほしい。また、科学として不適切な問題になる危険性がないように配慮していただきたい。次年度からの新科目「理科総合A・B」の作問に向けて、これらのことに関する検討を切にお願いするものである。

2 試験問題の程度・設問数・配点・形式等

全体的によく考えないと答えられない難しい問題が含まれている。全体の量は適当であろう。物理・化学・生物・地学を学ばずに総合理科だけを学んでいる者には高度な問題と思われる。

すべて必答問題

第1問 宇宙旅行を想定して、燃料やエネルギー、力学的な設問と地学的な内容を含めた構成になっている。

問4 太陽定数の概念に従い、エネルギーが距離の自乗に反比例する関係を用いる設問である。基本的なものである。

問5 仮想の天体と地球の物理的な比較をする設問でやや難しい。酸性雨の知識として二酸化炭素がpHを低くすることを知らないと答えにくい。

第2問 夏祭りに出かけたという想定で様々な分野の設問が含まれている。設問と設問の関係はほとんど無く、「総合」という意味のとらえ方を検討していただきたい。

問1 海陸風に関して陸と海の熱容量の違いを問う設問である。

第3問 病院を訪れたという想定で様々な分野の設問が含まれている。前大問同様に設問と設問の関係はほとんどない。

問3 相対湿度の意味を理解した上で解ける計算問題である。計算を伴うだけに難しく感じられる設問である。

第4問 学校の近くにある川や湖で遊んだり、調べたりしたときという想定で地学、生物、物理分野の設問が含まれている。この想定は大学入試問題を受ける年齢層に対しては疑問である。

問1a 地質に関する基本的な設問である。花こう岩と石灰岩が断層を挟んでいても接するという設定はいささか不自然と思われる。リード文からの情報だけでは岩石を識別できないが選択肢を見れば

ば単純に答えられる易しい問である。

問1b 化石に関する基本的な設問である。ただ、確かにフズリナは古生代後期の中で細かく時代を決められる代表的な示準化石であるものの、「古生代の示相化石」でも通じるところがある。よって、「古生代後期を示す示準化石」と表現する方がより適切な設問となったのではないだろうか。「総合理科」の趣旨に沿って、ひとつの化石が示準化石であって示相化石ではないという一面的なとらえ方にならない作問をお願いしたい。

第5問 身のまわりの物や身近な自然現象を科学的に探究する実験や観察の方法とその結果に関する問いとして物理・化学・地学・情報・生物の分野から設問されている。

問1 気圧変化と雲のでき方を実験で確かめるもので、地球物理の基本的な設問である。

問3 知識として持っていれば答えられる常識問題である。リード文の説明から導いて「4分」という数字を得ることができる受験生ならば、おそらく元々知っている数字であろう。

科目 総合理科 追試験

1 前文

理科の様々な分野に関する問題を多く並べ、総合理科としての興味・関心をも評価しようとする工夫された試験である。ただし、ひとつひとつの解答のためには、問題設定を説明する長いリード文をその都度読むことが必要となる。それだけに、受験者にはイメージを切り替えながら次から次へと答えていかななくてはならない困難さを感じられる。また、大問において農村とか家庭とかの設定をして続く問いをまとめるのもひとつのやり方ではあるが、それが高校卒業程度の受験生段階に適したものであるかは今少し考慮していただきたい。

2 試験問題の程度・設問数・配点・形式等

全体の量は適正で概して易しいが、いくつか難しい問も含まれている。よって、すべて同じ配点というのは検討の余地があると思われる。

すべて必答問題

第1問

問1 土器の製作を通して粘土の性質を問う設問である。理科総合の素材として評価できる。

問2 天然資源に関する設問で、簡単に知識を問うだけのものである。

問3 原油精製物に関する設問で、沸点の高低の正しいイメージを持っていれば見当がつくであろう。

第2問

問1 断層運動と堆積層の形成を関連づけて推論する設問である。リード文で考え方をていねいに説明しているので容易に答えられそうだが、地表の段差を形成した最後の断層運動を見逃しやすい。よって、やや難問である。

第3問

問4 庭石の観察から火成岩に関する基本的な知識を問う設問である。マグマが地表で結晶した場合は、石基はほとんどガラス質になろう。ここでは一般的な内容を問うものであるから良いが、スケッチを付す方が親切であったであろう。

第4問

問5 地球型惑星と木星型惑星に関する基本的な知識を問う単純な設問である。

第5問

問1 緯度と太陽の影に関して、日本とオーストラリアでの条件の違いから思考させる設問である。3行半の文の中で夏至から12月下旬と設定を変えて混乱させている。やや難しい。

問2 陽炎という現象を物理で説明させる設問である。

問3 緯度別の太陽放射と地球放射を示した熱収支に関する設問である。そのグラフは、データが離散したもので測定点も太陽放射吸収量が地球放射量の片方のみのところがある。さらに緯度間隔が等間隔でわかりにくい。厳密な言い方をすれば、「熱収支の緯度による違い」はなく、この図の見かけ上の差は大気の流れと海流が熱を運んで補っているというべきであろう。

問4 太陽光を例にして電磁波と色に関する設問である。自然現象や日常の身近な現象に関わる良い素材である。波長の差ととらえる物理的な見方と色という生理学的な見方を並べると難しくなりやすいが、リード文や図による説明が適切であったと思われる。

科目 英語 本試験**1 前文**

日本地学教育学会は英語の問題に対して直接評価する立場にない。しかし、問題の素材について地学的なものが使用される場合が多いことから今回例外的に意見を述べる。地学分野の素材が取り上げられることは歓迎しており、地球環境の時代に地学の教養と地学的な視野を持つことは現代社会の若者に必要とされている現れと考えている。それだけに英語の能力を試すとき、科学として適切な素材と設問になっているかを吟味されることを要望する。

2 具体的な指摘

第5問C 寒冷前線が北東から南西に向かうような図を正答とするものである。6つの選択肢のうち、2

つは北半球として自然な配置であり、2つは南半球として自然な配置となっている。残りは、どちらでも不自然な配置である。あり得ない配置ではないものの、地学を学んだことで不利にならないような作問がなされるように願うものである。

検討・評価担当者

清水政義（東京都立多摩工業高等学校）

宮嶋 敏（埼玉県立本庄高等学校）

南島正重（東京都立小石川高等学校；文責）

この評価・意見は上記3名のほか、本学会運営によるメーリングルスト「genet」やその他からのご意見をもとにまとめさせていただきました。ここにお名前を挙げられなかった協力者の皆さんに御礼申し上げます。

学会記事

第6回 常務委員会議事録

日時：平成17年4月6日(水) 午後6時45分～午後8時30分

場所：日本教育研究連合会 会議室

出席者：下野 洋・馬場勝良・渋谷 紘・濱田浩美・相場博明・南島正重・高橋 修

議題：

1. 前回議事録の承認

前回(第5回常務委員会)議事録の承認がなされた。

2. 役員選挙結果について

選挙管理委員会から、日本地学教育学会役員選挙の結果、評議員(任期平成17年度～平成19年度)照井一明(北海道東北)・荒井 豊(関東)・江藤哲人(関東)・山本和彦(関東)・遠西昭寿(中部)・田結庄良昭(近畿)・野瀬重人(中国四国)・田中基義(九州沖縄)、監事(任期平成17年度～平成18年度)小川忠彦、それぞれが選出されたことが報告され、承認された。

3. 平成18年度以降の大会について

茨城大会の進捗状況が報告された。8月5日(金)夕刻から茨城大学において評議員会を開催することが決定した。また、第2次案内が次号(58-2)の「地学教育」誌に掲載される予定であることが報告された。

4. 平成16年度事業報告(案)および会計報告(案)について

平成16年度事業報告(案)および会計報告(案)について、庶務および会計から報告があり、それぞれ原案が承認された。

5. 平成17年度事業計画(案)および会計予算(案)について

平成17年度事業計画(案)および会計予算(案)について、庶務および会計から報告があり、それぞれ原案が承認された。

6. 総会について

平成17年度総会を、平成17年4月23日(土)午後1時から、東京学芸大学二十周年記念会館で開催することが決定した。

7. 入会者・退会者について

今回は入退会者ともに該当がなかった。

8. その他

- 1) 教科「理科」関連学会協議会において、次期教育課程に関して検討する委員会が発足することになり、本学会からの参加が議論されたが、次回までの保留となった。
- 2) 地質科学関連学会協会連合について
地質科学関連学会協会連合について、本学会は正式加盟をすることを決定した。

報告：

1. 各種常置委員会から

- 1) 編集委員会から58-2号の編集状況について報告があった。会議方法をインターネットを利用して行うことの報告があった。

2. 寄贈交換図書

- ・日本理科教育学会(2005):理科教育学研究, 54.
- ・日本理科教育学会(2005):理科の教育, 631-633.
- ・東京地学協会(2005):地学雑誌, 113-6.
- ・日本地理学会(2005):新地理, 52-3.
- ・産業技術総合研究所地質調査総合センター(2005):地質ニュース, 605, 606.
- ・立正地理学会(2005):地域研究, 45-2.

3. その他

- 1) 日本学術会議の新しい体制のあり方について、その原案が下野会長から報告された。評議員会で改めて紹介することになった。

第1回 常務委員会議事録

日時：平成17年5月18日(水) 午後6時30分～午後7時30分

場所：慶應幼稚舎 会議室

出席者：下野 洋・馬場勝良・渋谷 紘・松川正樹・濱田浩美・高橋 修

議題：

1. 前回議事録の承認

前回(第6回常務委員会)議事録の承認がなされた。

2. 平成18年度以降の大会について

本年度茨城大会の進捗状況が報告された。また、次年度(平成18年度)静岡大会は運営委員会が組

織され、後援の依頼および国際シンポジウム開催に向けて動き始めたことが報告された。

3. 学術奨励賞について

奨励賞審査委員会メンバーを設定し審議中である。

4. 入会者・退会者について

今回は入会者4名、退会者6名が承認された。

入会者：藤原 靖・大場 司・浅倉 努・張 恩叔

退会者：松本芳也・鏡 敏治・間島信夫・近貞純一・平岡由次・西村正史

報 告：

1. 各種常置委員会から

- 1) 編集委員会から58-3号の編集状況について報告があった。通巻300号に向けて、特集号を組む予定である旨報告があった。
- 2) 地球惑星科学連合(5月25日)に代表出席した南島委員から、連合についての説明と参加の状況について報告があった。
- 3) 教科「理科」関連学会協議会での議論について、

馬場副会長から説明があった。

2. 寄贈交換図書について

- 兵庫県立人と自然の博物館(2005): 人と自然, 15.
- 兵庫県立人と自然の博物館(2004): 兵庫県におけるハバチ類の種多様性, 1.
- 兵庫県立人と自然の博物館(2005): Nature and Human Activities, 9.
- 産業技術総合研究所(2005): 地質ニュース, 607.
- 東京地学協会(2005): 地学雑誌, 114, 1.
- シップアンドオーシャン財団(2005): 人と海洋の共生をめざして.
- 千葉県総合教育センター(2005): 科学技術教育, 216.
- 高知大学(2005): 高知大学学術研究報告(自然科学編), 53.
- 日本地学研究会(2005): 地学研究, 53-4.
- 熊本地学会(2005): 熊本地学会誌, 138.
- 東京学芸大学大学院連合学校教育学研究科(2005): 学校教育学研究論集, 11.

編集委員会より

電子メール化により編集委員会を進めておりますが、このシステムでは一堂に会して議論する機会がありませんので、チェック機能が甘くなる可能性があります。印刷間に不備が発見されることもあります。引用文献の書き方など、投稿規定でチェックされていれば防げるケースもありますので、投稿される際にはご注意ください。

論文の投稿件数が昨年に比べて、少なくなっております。現在ですと、掲載までの待ち時間は短くなります。

学会費納入のお願い（会計）

学会は皆様の会費によって運営されております。まもなく皆様のお手元に今年度の会費の請求書を発送させていただきますのでお振込みをお願いいたします。

なお、今年度以降、VISA、MASTER、JCBのマークのついたクレジットカードによる支払いが可能となりました。クレジットカードでのお支払いは、会員の方々に手数料のご負担なく、安全・確実に、年会費のお振込みを行っていただくことが可能です。是非ともご利用下さい。カードにて支払い希望の方は、以下の情報を学会会計濱田までFAX、お電話、封書にてご連絡いただきますようお願いいたします。

- ・クレジットカード番号：（例：45*—****—****—****）16桁の数字
- ・有効期限：カード記載のとおり（月/年）
- ・カード記載のお名前（例：NIHON CHIGAKU）
- ・ご登録の電話番号

ご連絡先：263-8522 千葉県稲毛区弥生町1-33 千葉大学教育学部理科教育教室

濱田浩美

TEL: 043-290-3682

FAX: 020-4624-6516

または043-290-3682

ご請求書をお使いにならない場合の会費振込は郵便局に備えつけの振込用紙にて東京00100-2-74684 日本地学教育学会宛お願いいたします。

地学教育 第58巻 第4号

平成17年7月20日印刷

平成17年7月25日発行

編集兼 日本地学教育学会
発行 者 代 表 下 野 洋

〒263-8522

千葉県千葉市稲毛区弥生町1-33

千葉大学教育学部理科教育教室内

電話 & FAX 043-290-3682（濱田）

振替口座 00100-2-74684

印刷所 株式会社 国際文献印刷社

169-0075 東京都新宿区高田馬場3-8-8

電話 03-3362-9741~4

EDUCATION OF EARTH SCIENCE

VOL. 58, NO. 4

JULY, 2005

CONTENTS

Originals

A Crisis Situation of Astronomical Education in Japan; Based on Preservice Elementary Teachers' Recognition of Seasonal Changes and the Alteration of Their Recognition Yasuo MATSUMORI...113~132

Discussion on Geoscience Contents for the Expected Obligatory Subject of General Science in Senior High School Education
.....Keiichi HAYASHI and Tokuji MITSUGI...133~143

Announcements (144)

Proceeding of the Society (145~156)

All communications relating this Journal should be addressed to the
JAPAN SOCIETY OF EARTH SCIENCE EDUCATION

c/o Faculty of Education, Chiba University; Chiba-shi, 263-8522, Japan