

季節変化の原因に対する高校生の認識状態の分析

Analysis of Upper Secondary School Students' Recognition of Causes of Seasonal Changes

松 森 靖 夫

Yasuo MATSUMORI

佐々木 智 謙

Tomonori SASAKI

佐 藤 寛 之

Hiroyuki SATO

岩 下 彩 華

Ayaka IWASHITA

季節変化の原因に対する高校生の認識状態の分析

Analysis of Upper Secondary School Students' Recognition of Causes of Seasonal Changes

松森 靖夫

Yasuo MATSUMORI

佐々木 智謙

Tomonori SASAKI

佐藤 寛之

Hiroyuki SATO

岩下 彩華*

Ayaka IWASHITA

1. はじめに

周知の通り、現行の中学校第3学年理科において、季節変化の原因が取り扱われている（文部科学省¹⁾）。また並行して、効果的な学習指導のあり方を求めて、季節変化の原因に対する認識調査が遂行され、認識達成を促す学習指導方策等も提案されてきた。例えば、松森²⁾は、将来の指導に携わる教員志望学生の非常に低い認識状態を明らかにして、我が国の天文教育の危機的状況を憂えている。天文分野を含む科学的資質が不十分な教員の場合、生徒から表出する疑問に答えたり、概念的な矛盾を指摘したりすることが難しく、生徒の認識達成を妨げることにもなりかねないためである（Driver et al.³⁾、松森⁴⁾）。また、同じく松森⁵⁾は、季節変化の原因に関する学習者のプリコンセプションを類型化して、各類型ごとに科学的認識へと変容・再構成するための具体的方策を提案している。

一方、諸外国の学校理科においても、季節変化の原因が取り上げられており、認識調査の結果等が蓄積されている。例えば、学生を対象とした認識調査研究として、Ojala⁶⁾を挙げることができる。この調査研究では、フィンランドの学生を対象にして、地軸の傾き等の気節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。また、Atwood & Atwood⁷⁾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。いずれの認識調査においても、極めて低い認識状態が報告されている。

学生に加えて現職教員を対象にした認識調査研究も挙げられる。まず、Parker & Heywood⁸⁾はイギリスの学生と教員を対象にして、3種類の天文事象（昼と夜、季節変化、および月の位相）が生起する理由に対する低い認識状態を指摘している。また、エストニアのKikas⁹⁾は、季節変化等の諸現象が生じる原因に対する学生と教員の認識状態が大変低く、教員養成や現職教育に対する国家的かつ抜本的な改革を要求している。

ところで、既述したように、我が国における季節変化の原因に対する認識調査研究としては、松森¹⁰⁾が挙げられる程度であり、生徒を対象とした認識調査研究にあっては皆無に近い。加えて、松森¹¹⁾では、調査対象が中学校教育課程を修了して3年以上も経過した教員志望学生を調査対象としたため、低い認識状態の原因が、中学校理科段階で達成された科学的認識が長期記憶に至らなかったためなのか、それとも中学校理科の段階で科学的に認識できていなかったためなのかは判然としない。

そこで、本調査研究では、中学校第3学年理科を終えた直後の高等学校第1学年を対象として、季節変化の原因に対する認識状態を調査して分析を加えるとともに、現在の中学校理科における学習指導のあり方についても検討する。

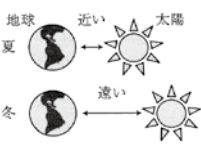
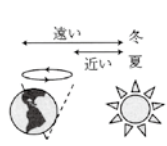
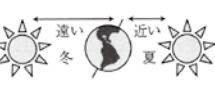
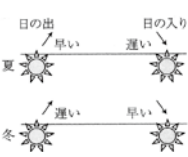
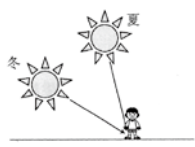
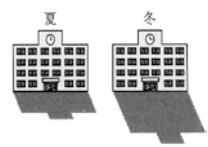
* 山梨大学教育人間科学部 学部生

2. 調査の概要

2.1 調査の目的

本調査の主な目的は、以下の 2 点である。

表 1：調査内容の概要

6 種類の描画とその説明 (松森 ¹³⁾ から引用)		科学的真偽の判断
説明①	 <p>「夏は太陽が近づくから暑く、冬は遠ざかるから寒い。」</p>	地球は、冬季に近日点付近を、夏季に遠日点付近を通過する。また、太陽から近日点までと、太陽から遠日点までの距離の差は、天文学的な距離スケールからすれば、ごく僅かであることから、 科学的に偽なる説明 である。
説明②	 <p>「地球は傾いていて、コマのように首を振りながら回転しているので、北半球の日本では、地球の傾きだけ近づく夏は暑く、遠ざかる冬は寒い。」</p>	コマのような首振り運動 (地球の歳差運動) の周期は約 2 万 6000 年であり、1 年では僅か約 0.014° しか首を振らない。また、天文学的な距離スケールからすれば、地球の歳差運動による距離の差はごく僅かであるため、 科学的に偽なる説明 である。
説明③	 <p>「地球は傾いていて、北半球にある日本では、地球の傾きだけ近づく夏は暑く、遠ざかる冬は寒い。」</p>	冬季に比べ夏季では、地軸の傾き分の距離だけ地球 (北半球) と太陽間の距離は大きくなるが、天文学的な距離スケールからすれば地軸の傾きによる距離の差はごく僅かであるため、 科学的に偽なる説明 である。
説明④	 <p>「夏は昼の時間が長いから暑く、冬は昼の時間が短いから寒い。」</p>	夏季、地軸の先端 (北半球側の先端) が向いている側から太陽が照射するので、日の出の時刻は早く、日の入りの時刻は遅い。冬季、地軸の先端 (北半球側の先端) の向きとは反対の方向から太陽が照射するので、日の出の時刻は遅く、日の入りの時刻は早い。そのため、夏は昼が長く、冬は短くなり、地面への照射量も冬に比べ夏の方が多くなり、冬は寒く、夏は暑い。 科学的に真なる説明 である。
説明⑤	 <p>「夏、太陽は高く日差しが強いため暑く、太陽が低い冬は日差しが弱いから寒い。」</p>	夏季、地軸の先端 (北半球側の先端) が向いている側から太陽が照射し、冬季、地軸の先端 (北半球側の先端) の向きとは反対の方向から太陽が照射するため、太陽の南中高度は、夏季の方が大きくなる。そのため、夏季の方が単位面積当たりの太陽光の照射量も多くなるので (日差しも強くなるので)、冬よりも夏の方が暑くなる。 科学的に真なる説明 である。
説明⑥	 <p>「日影が少ない夏は暑く、日影が多い冬は寒い。」</p>	本説明には、夏季でも冬季でも、単位面積当たりの照射量が同じであるという非科学的な暗黙の前提がある。また、建物が少なく、影のできない場所では年間を通じて夏季のような暑さになってしまう。さらに、季節ごとの昼の長さの違いについても無視しているため、 科学的に偽なる説明 である。

- (1) 季節変化の原因に対する高校生の認識状態を把握して、分析を行う。
 (2) 上記(1)に基づいて、季節変化の原因に関する現行の中学校理科における学習指導のあり方に検討を加える。

2.2 調査期日及び調査対象

2016年5月下旬に、山梨県内の県立高等学校計3校に在籍する第1学年計106人(男:48人, 女:58人)を対象に実施した。なお、以下、調査対象者を「生徒」と記すことにする。

2.3 調査内容及び方法

2.3.1 調査内容

調査内容には、松森¹²⁾によって抽出された、季節変化の原因を表現する計6種類の描画とその説明文を用いた。具体的には、表1の左半分に示す通りである。説明①～③及び⑥は季節変化の原因に関するプリコンセプション(科学的に偽なる説明)であり、説明④と⑤は科学的に真なる説明に該当する。また、表1の右半分には、各描画とその説明に対する科学的真偽について記した。

なお、説明④と⑤は中学校理科教科書に記載されている季節変化の原因に対する説明であり、説明④は昼の長さの変化を根拠に、説明⑤は太陽の南中高度の変化を根拠にしている。

2.3.2 調査方法

表1の左側に記した計6種類の描画と説明、及び「その他の考え」を記入する欄を並記した質問紙(A3判1枚)を作成して、図1の文章による指示を与え回答を求めた。要する時間は制限せず、各学生に必要なだけ与えた。各回答記述中に不明確な箇所がある場合には当該生徒に補足説明を求めた。

なぜ夏には暑く、冬には寒くなるのでしょうか。

あなたは、春・夏・秋・冬と季節が移り変わる原因を説明することができますか。
季節変化の起こる原因について、6人の子どもが自分の考えを説明しています(説明①～⑥)。それぞれの説明すべてに、**科学的に正しい**と思う場合は○を、**誤っている**と思う場合は×を、**わからない**場合は△を書いてください。
 またすべての考えについて、○・×・△とした理由を、**子どもたちに説明するつもりで、絵や図や言葉などを用いて詳しく書いてください**(△とした場合には、**どこがわからないか**を書いてください)。6人の考え以外に、季節変化の原因があると思う人は「**その他の考え**」に説明とその理由を書いてください。

図1：質問紙への回答を求める際に生徒に行った指示

3. 調査の結果とその分析

3.1 単純集計と全体的傾向について

表2の通り、科学的に真なる説明④と⑤に、○を付すことができた生徒は、それぞれ約半数程度であることが分かる。また、説明①～③及び説明⑥の各プリコンセプションを、科学的に偽なる説明だと判断して×を付すとともに、説明④と⑤を、科学的に真なる説明として○を付すことができた生徒は計4人(3.8%)に過ぎず、極めて低い認識状態が露呈する結果となった。最低限(説明①～③及び説明⑥の回答の如何に関わらず)、説明④と⑤の双方に○を付した生徒を含み合わせても、計24人(22.6%)にとどまった。以下、各説明に対する生徒の理由記述等を示すとともに、分析を加える。

表2：回答選択肢の単純集計(人)

説明No.	○	×	△
①	23	79	4
②	20	65	21
③	54	26	26
④	53	36	17
⑤	61	29	16
⑥	25	66	15
その他の考え		1	

3.2 各正答選択肢に対する生徒の理由記述の真偽を判断するためのコーディング

表 1 中の各説明①～⑥に対して、正答選択肢を回答した生徒であっても、その理由記述は多岐に及んだ。そこで、正答選択肢に添えられた理由記述に対する科学的真偽の判断結果を示すために、表 3 のようなコーディングを施して使用していく。なお、既述したように、調査対象者となった生徒は、中学校理科終了直後（高等学校理科が開始されたばかりの段階）であったため、中学校理科教科書における記載内容の範囲内での理由記述についても、科学的に真なる理由記述に含めた。

表 3：理由記述のコード

理由記述の種類	コード
・科学的な理由記述（表 1 の右半分に示した各説明に対する科学的真偽の判断）	SC
・不完全な理由記述（表 1 の右半分に示した各説明に対する科学的真偽の判断の一部のみ）	IE
・科学的な理由記述と非科学的な理由記述とが混在する理由記述	SU
・非科学的な理由記述（科学的に曖昧、または判然としない説明も含む）	US
・必要のない余分な情報まで示されている理由記述	YJ
・無回答、分からない、及び判読不能な理由記述	NA

3.3 説明①に対する回答結果と分析

3.3.1 科学的真として判断した生徒について

科学的に真なる説明だと判断した（○を付した）生徒は計 23 人（21.7%）であり、理由記述の多くは、「距離理論 distance theory」に基づくものであった。距離理論とは、「ストーブ（熱源）に近づくると熱くなり、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」のことであり、先行研究においても、その存在が指摘されている（Atwood & Atwood¹⁴）、Kikas¹⁵）、Ojala¹⁶）、Parker & Heywo-od¹⁷）。具体的には、「地球から太陽が近ければ近だけ暑くなると思います。例えば冬にヒーターを付けた時、近づいていけば身体が暖くなるけど、遠ざかる程暖かさが消えていくから。（女 21）」といった回答理由を挙げることができる。

3.3.2 科学的偽として判断した生徒について

科学的に偽なる説明として判断できた生徒は、計 79 人（74.5%）であった。表 4 を見ると、その約三分の二の 47 人（コード SC）が、科学的な理由を記していることが分かる。また、1

表 4：説明①に対して正答選択肢「×」を付した生徒の理由記述の該当コード（人）

コード	SC	IE	SU	US	YJ	NA	US&YJ
	47	11	1	15	1	3	1

人を除く 46 人が、中学校理科教科書中の記載内容「太陽を中心にして円軌道上を公転する地球」に依拠して、「…<前略>…地球と太陽自体の位置関係は変わらない…<後略>…。（男 33）」と述べていた。残りの 1 人は、未履修である高等学校理科で取り上げられる地球の公転の楕円軌道やその近日点・遠日点を彷彿とさせる「夏は太陽が近づき、冬は太陽が遠ざかるのではなくて、夏は太陽に近づき、冬は太陽から遠ざかるから。（男 5）」と記していた。コード IE に含まれる 1 人の生徒も、地球の公転軌道の離心率に関わり、「温度が変わるほど距離は変わらないと思う。（男 6）」と記していた。一方、コード US には、「太陽ではなく、地球が近づいたから…<後略>…。（女 27）」のように、説明文や描画表現自体に対する指摘にとどまっており、距離理論の適用を容認している生徒も 3 人含まれていた。

3.4 説明②に対する回答結果と分析

3.4.1 科学的真として判断した生徒について

真と判断した生徒は計 20 人（18.9%）であった。主な回答理由としては、「その通りだと思うから、

地球は傾いていて、軸を中心にして自転していて、それと関係していると思ったため。(男14を含む7人)、「この説明のように地球が傾いて回っていて、太陽も一定の速度で回っているので、太陽の位置が遠くなったり近くなったりするので夏には暑く、冬は寒くなる。(男3を含む4人)」,及び「地球は年周運動をしているから。(男15)」を挙げることができる。前者二つの回答理由は、中学校理科教科書には記載されていない地球の歳差運動に関わるものであるが、その周期を1年と誤って認識していることが分かる。また、3番目の回答理由からは、「地球の自転」と「年周運動」とが混同されていることを読み取ることができる。

3.4.2 科学的偽として判断した生徒について

計65人(61.3%)の生徒が、科学的に偽(×)と判断できていた。そのうち、理由まで正しく記述できた生徒はコードSCに該当する54人(50.9%)であった(表5参照)。具体的には、「地

表5：説明②に対して正答選択し「×」を付した生徒の理由記述の該当コード(人)

コード	SC	IE	SU	US	YJ	NA	US&YJ
	54	2	2	3	0	4	1

球はコマのように首を振りながら回転していないから。一定に傾いたまま、太陽の周りを公転するから。(男1を含む27人)」のように、中学校理科教科書に記載されている地軸に対する内容(地球の歳差運動は未記載)に依拠した回答理由を挙げることができる。1人のみではあるが、「…<前略>…傾きは少しのものだから、そこまで影響はないよ。(男26)」というように、天文学的な距離スケールに関わる科学的に真なる理由記述も存在した。また、コードIEには、「振っていたら、多分みんな立ってられない。(男48)」といった理由づけがあり、地球の歳差運動の周期に対する誤解釈が認められた。

3.5 説明③に対する回答結果と分析

3.5.1 科学的真として判断した生徒について

計54人(51.0%)の生徒が該当し、22人がトートロジー的な理由づけを行っていた。例えば「地球は傾いていて、北半球にある日本が太陽に近くなるから暑くなる。(女50)」というように、説明③中の文章による説明と類似した説明を記載していた。また、11人が「地球に近づくほど暑くなるから。(女58)」といった理由を記していた。いずれの記述理由にも共通していることは、説明①・②でも表出した距離理論が適用されていることと、天文学的な距離スケールが正しく適用されていないことである。さらに、1人ずつであるが、「日本は南半球の国に比べて太陽に近いから。(女21)」や「冬の場合は軸が回ってかげになる部分が多いため(女14)」といった科学的に誤った知識の適用も散見された。

3.5.2 科学的偽として判断した生徒について

偽と判断できたのは計26人(24.5%)であり、30%に満たなかった。さらに、表6に示したように、コードSCに該当したのは僅か6人(5.9%)のみであった。6人の記述理由はいずれも類似しており、天文学的な距離スケールに依拠するものであった。例えば、「傾きの分の距離だけでは、気温は決まらないから。(男5)」を挙げることができる。

表6：説明③に対して正答選択肢「×」を付した生徒の理由記述の該当コード(人)

コード	SC	IE	SU	US	YJ	NA
	6	4	0	5	0	11

コードIEには計4人(3.8%)が該当するが、「それじゃ地球は1年間に一回しか回っていないことになるよ…<後略>…。(男8)」のように、本説明中の描画自体に対する指摘にとどまり、季節変化の原因について直接的に言及するには及んでいない生徒が含まれていた。また、コードUSの回答記述としては、夏季に地球が公転軌道上の近日点付近を通過することを前提にした上で、さらに昼の長さや日照時間とを混同している「夏に太陽と地球の距離が近いと、日照時間が変わるから。(男15)」等を例示することができる。

一方、選択肢(△)を付した生徒は計26人(24.5%)にも及び、科学的誤りもしくは不完全な記述内容が6人、「分からない」が15人、及び判読不能な回答が5人を占めた。

3.6 説明④に対する回答結果と分析

3.6.1 科学的真として判断した生徒について

科学的に真なる説明として、○を付すことができた生徒は計53人(50.0%)であった。しかしながら、中学校理科教科書中に掲載されている『冬季と夏季の昼の長さの違いの原因』に言及している生徒は、

表7のコードSCに該当する2人(1.9%)のみであった。いずれも、地軸の傾きを引き合いの出しながら「地球は傾いているので、夏は太陽が当たっている時間が長く、冬は短いため…<後略>…。(女32)」と記述していた。地軸の傾きには触れずに、表1中の説明④の描画に添えた吹き出し文「夏は昼の時間が長いから暑く、冬は昼の時間が短いから寒い。」をトートロジー的に記述した生徒が36人(34.0%)にも及び、現象論的認識にとどまっていることが判明した。また、コードSUの1人には「…<前略>…冬は日光によって温められない。(男33)」,及びコードUSの1人には「夏は太陽が真上を通るから…<後略>…(女45)」等の非科学的知識が散見された。

3.6.2 科学的偽として判断した生徒について

偽と判断した生徒は、計36人(34.0%)に達し、そのうちの15人は昼の長さや季節変化とは無関係であると考えていた。例えば、「昼が長くても短くても、太陽の温度は変わらないから…<後略>…。(女21)」を挙げることができる。また、6人が太陽の南中高度の変化のみに固執しており、「太陽の光が当たる角度で暑さが決まるから(男2)」といった理由づけも認められた。他の説明文と同様、日照時間と昼の長さを混同した「日照時間と、気温は関係していないから。(男26)」といった記述内容も2人存在した。1人のみであったが、「…<前略>…夏は太陽が高いところであって、私たちを広く照らしてくれるから…<後略>…。(女4)」というように、「光を放射する懐中電灯のアナロジー」も適用されていた。なお、既述したように、説明④は中学校理科の既習内容であったにもかかわらず、回答選択肢(△)を付した生徒は計17人(16.0%)に達した。

3.7 説明⑤に対する回答結果と分析

3.7.1 科学的真として判断した生徒について

真として判断できた生徒は、計61人(57.5%)であった。しかしながら、図1の指示「…<前略>…子どもたちに説明するつもりで…<後略>…」が影響したものと推察されるが、理由記述の中に

「単位面積当たりの太陽光の放射量の違い」を明記した生徒は皆無であった。僅かながら、表8のコードSCに該当する4人の理由記述中に関連する表記が認められる程度であった。例えば、「夏の太陽は高い位置にあり、光が1つのところに集中して集まり暑く、冬の太陽は低い位置にあり、光が横から入って全体に当たり寒いから。(女29)」を挙げることができる。

確固たる科学的な理由を持ち合わせていないために、コードIEに該当する20人(18.9%)もの生徒が、表1中の説明⑤の描画に添えた吹き出し文をトートロジー的に記述していた。また、説明④に対する記述理由と同様、コードUSの6人には、「太陽が高いほど、日差しが当たる面積が多くなって暑くなる。(男18)」のような「光を放射する懐中電灯のアナロジー」の適用も認められた。

3.7.2 科学的偽として判断した生徒について

計29人(27.4%)の生徒が偽と判断した。そのうち、半数以上の16人(15.1%)が日差しの強弱と季節変化との連関を否定していた。十分な科学的根拠を伴うものではないが、「太陽の高さで日差しの強さは変わらないから。(男15)」,「日差しの強さは関係ないから。(女60)」,及び「太陽の日差しの強さは変化しないと思う。(男21)」等を挙げることができる。また、1人のみであるが、日差しの強弱によ

表7：説明④に対して正答選択肢「○」を付した生徒の理由記述の該当コード(人)

コード	SC	IE	SU	US	YJ	NA
	2	36	1	9	0	5

表8：説明⑤に対して正答選択肢「○」を付した生徒の理由記述の該当コード(人)

コード	SC	IE	SU	US	YJ	NA
	4	41	1	12	0	3

る本説明を偽と判断している一方で、「夏は、一定面積に受ける光量が多く、逆に冬は少ないため。(女27)」と科学的な理由づけを行っていた。

ところで、「日差し」は、「太陽の光の射し方」以外にも、「太陽光」や「日光」等を指し示す用語でもある。本説明に対して偽を判断する生徒が、どのような意味内容で用語「日差し」を用いているのかを、さらに調査する必要があるものと考えられる。

尚、説明④と同様、本説明も中学校理科の学習内容であるが、計16人(15.1%)が選択肢(△)を回答していた。内訳は、科学的に誤った記述理由が1人、残りの15人は判読不能な記述理由であった。

3.8 説明⑥に対する回答結果と分析

3.8.1 科学的真として判断した生徒について

本説明に対して真と判断したした生徒は、計25人(23.6%)であった。そのうちの20人(18.9%)の判断理由は、「…<前略>…、日影が少ない夏は暑く、日影が多い冬は寒いと思う。(女14)」などのように、表1中の説明⑥の描画に添えた説明文をトートロジー的に記述されたものであった。また、影を“涼しさの象徴”としてとらえて「基本的、日影はすずしいから、冬は多いと思う。(女51)」と記述している生徒や、天文学的な距離スケールの認識を持ち合わせていないために「太陽との距離に関する(女27)」と記している生徒が各1人存在した。尚、残りの3名の回答理由は判読不能であった。

3.8.2 科学的偽として判断した生徒について

科学的な偽として回答できた生徒は、計66人(62.3%)であったが、そのうち表9のコードIEに含まれる計31人(29.2%)は、「日影の量は関係ないから。(男5)」のように、影が季節変化の原因ではないことに言及するにとどまっていた。同じくコードIE中の6人は「日影は関係ない。気温の問題。(女54)」などのように、影が関係しない理由や、気温が関係する理由について説明するまでには及ばなかった。

一方、コードUSに該当する生徒中の4人が「…<前略>…夏は影が長く、冬は短くなる。(女56)」、1人が「夏も冬も日影は変わらない…<後略>…。(男43)」などと記述しており、季節変化と影の長さとの関係自体を誤って認識していることも判明した。コードNAに含まれる1人であるが、自らの認識不足を余所にして、「…<前略>…なぜ日影が少ないと暑い、多いと寒いかを科学的に説明してくれるとよかったです。(男11)」と記述しており、調査者側に更なる科学的説明を要求する生徒まで表出した。

科学的な説明を施すことができた生徒は、僅かながら4人(3.8%)のみであった。「建物の大きさで日影の量は変わるから。(女21)」のように、いずれの生徒も、表1中の説明⑥の「科学的真偽について」に記載されている反証事例の一部を挙げていた。

尚、回答選択肢(△)を付した生徒は計15人(14.2%)に及んだが、いずれも「わからない。(女41)」のように、判断を保留するものであった。

3.9 「その他の考え」に対する回答結果の分析

1人のみが該当し、「太陽の差し込む場所が変わると、季節が変わる。(女49)」と記述していた。「太陽の差し込む場所が変わる科学的理由」、及び「太陽の差し込む場所が変わると、季節変化が生じる科学的理由」については触れられておらず、日常的現象を現象論的に認識している生徒であると判断できる。次章では、本章の調査結果とその分析結果に基づきながら、調査の総括を行うとともに、生徒に対する今後の指導のあり方について検討を加える。

表9：説明⑥に対して正答選択肢「×」を付した生徒の理由記述の該当コード(人)

コード	SC	IE	SU	US	YJ	NA
	4	46	0	11	0	5

4. 調査の総括, 及び今後の指導のあり方を巡って

本調査を通して, 表 1 の計 6 の説明 (説明①~⑥) すべての科学的真偽とその回答理由を正しく回答できた生徒は皆無であった。回答理由の一部には, 中学校理科では扱われていない天文学的知識等も含まれていたために, 無理からぬところだとも解釈できる。しかしながら, 中学校理科で学習済みである季節変化の 2 つの原因 (表 1 中の説明④: 昼の長さの変化, 及び説明⑤: 太陽の南中高度の変化) について真と判断するとともに, それぞれの理由を正しく記入できた生徒も皆無であった。この憂えるべき結果の背景には, 生徒に内在するプリコンセプション (距離理論の適用, 天文学的な距離スケールを無視した解釈等) を軽視した授業展開を挙げることができる。換言すれば, このような授業にあっては, 提示した季節変化の原因に対する科学的知識と相矛盾する生徒のプリコンセプションとの集合体とも言える, ミニ理論群 (Claxton¹⁸⁾) を構成したに過ぎないのである。

このような理科授業の今日的状況を鑑みる時, 2 通りの対応策が挙げられるように考える。まず, 季節変化の原因に対する学習を中学校理科から高等学校理科に移行することである。既述したように, 季節変化の原因に対する科学的認識を志向するとすれば, 高等学校理科の内容も盛り込まなくてはならないからである。もう一つは, さらに中学校理科において, 天文学的な距離スケールについての学習を深化させるとともに, 季節変化の原因を認識するために不可欠な天文学的知識 (地球の公転軌道と近日点と遠日点, 地球の歳差運動とその周期等) を, 教師側からの足場づくり (scaffolding) として生徒に提示することである。提示した科学的知識は, 生徒が有するプリコンセプションに対する反証事例となるものであり, 季節変化の原因の科学的認識の達成にも繋がるものと考えられる。今後は, 両対応策の有効性を検討するための授業実践を遂行していく必要があり, 自らの課題としたい。

註

- 1) 文部科学省:『中学校学習指導要領』68-69, 東山書房, 2008.
- 2) 10) 11) 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－」日本地学教育学会誌『地学教育』第58巻, 第4号, 113-132, 2005.
- 3) Driver,R., Asoko,H., Leach,J., Mortimer,E. & Scott,P. (2004): Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, 23, 5-12.
- 4) 松森靖夫:「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』第3巻, 第1号, 8-10, 明治図書, 2003.
- 5) 12) 13) 松森靖夫:『学びなおしの天文学－基礎編－』149-188, 恒星社厚生閣, 2007.
- 6) 16) Ojala,J. (1992): The third planet.*International Journal of Science Education*, 14(2), 191-200.
- 7) 14) 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.
- 8) 17) 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.
- 9) 15) Kikas,E. (2004): Teacher's Conceptions and Misconceptions Concerning Three Natural Phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*. 41(5), 432-448.
- 18) Claxton,G.L. (1993): Minitheories: a preliminary model for learning science, In Black, P.J. and Lucas, A.M.(eds), *Children's informal ideas in science*, Routledge, 45-61.