

## 中学校理科における生徒の気象概念の構成に関する研究 — 大学生の気象概念に関する質問紙調査を基礎として —

A study on students' construction of the meteorological conceptions  
in junior high school science

— Based on the results from a questionnaire survey  
of the meteorological conceptions of university students —

平 山 将 也

森 藤 義 孝

Masaya HIRAYAMA

Yoshitaka MORIFUJI

福岡教育大学大学院教育学研究科      福岡教育大学理科教育ユニット

(令和2年9月30日受付, 令和2年12月10日受理)

### 抄録

本研究では, 中学校理科の「気象とその変化」の単元に注目し, 当該単元の学習を終えて数年が経過した大学生が構成している気象概念の内容を捉え, 当該単元の学習上の問題点を明らかにすることを目的として, 当該単元の主要な指導内容についての質問紙調査を実施した。その結果, 雲の発生過程について, 多くの学生が, 気温の変化のみと関係づけており, 気圧の変化との関係づけに学習上の困難が生じていることが明らかにされた。また, 低気圧の発生過程について, 半数以上の学生が, 寒気団と暖気団がぶつかり, 暖気団が寒気団に押し上げられることを説明することができるものの, そのことと低気圧の発生過程との関係づけに学習上の困難が生じていることが明らかにされた。これらの調査結果から, 当該単元の学習内容を本質的に理解している学生は少なく, 学習上の困難が生じている実態が浮き彫りにされた。

### 1. はじめに

平成29年改訂の中学校学習指導要領<sup>1)</sup>(以下「新学習指導要領」と略記)では, 第2学年の「気象とその変化」の単元(以下「気象単元」と略記)において, 「気象観測」, 「天気の変化」, 「日本の気象」, 及び「自然の恵みと気象災害」といった気象に関する諸概念について取り上げることが示されている。このうち, 「日本の気象」に関する学習内容は, 平成10年改訂の中学校学習指導要領<sup>2)</sup>では一時的に削除されていたが, 平成20年改訂の中学校学習指導要領<sup>3)</sup>(以下「現行の学習指導要領」と略記)で復活させられたものである。これは, 当該単元の指導において, 生徒に身近な「日本の気象」に関する学習内容を取り上げ, 「日本の気象」の特徴についての概念を

構成することを重視したことによる措置であると考えられる。この措置によって, 温帯低気圧の変化や海陸風などの学習内容が教科書<sup>4)</sup>に記載されるようになり, 現在, 当該単元で取り上げられている学習内容は, 過去と比較してかなり充実していると言える。

これに関わり, 平山・森藤<sup>5)</sup>は気象単元の学習直後の中学生を対象に, 彼らの気象概念の内容を捉える調査を実施した。その結果, 「雲の発生過程」について, 上空での気温の変化を説明する生徒は多いものの, 気圧の変化を説明する生徒が少ないことが明らかにされた。また, 「前線の変化」について, 多くの生徒がその理由を説明することができないことが明らかにされた。さらに, 「日本の気象」について, 多くの生徒が気団の影響だ

けで説明しようとするものが明らかにされた。

そこで、本研究では、現行の学習指導要領に基づく気象単元の学習を終えて数年が経過した大学生を対象として、当該単元の主要な指導内容についての調査を実施することとした。そして、彼らが構成している気象概念の内容を捉え、現行の学習指導の効果と課題を明らかにし、その結果を踏まえながら、新学習指導要領に基づく適切な気象概念の構成を可能とするような授業を構想したいと考えた。

## 2. 研究の理論的背景

本研究では、Osborne,R.ら<sup>6)</sup>の生成的学習モデルを基礎に据えながら、学習者の概念構成を捉えていくこととした。図1は、彼らによって提案された生成的学習モデルの概要をまとめたものである<sup>7)</sup>。図に示されているとおり、学習者は、既有概念を基礎に据えながら、彼らを取り巻く外界の中の学習対象の特定の側面に対して選択的に注意を向ける。そして、学習対象との相互作用によって得られた情報を意味づけ、関係づけ、新たな意味を構成し、既有概念を変容させることとなる。このように、生成的学習モデルを踏まえるならば、学習は、「学習者」と彼らを取り巻く外界の中の「学習対象」との間で生起する相互作用によって進行するものと捉えられる。そして、それらの相互作用によって構成される概念の内容は、学習者の既有概念の影響を大いに受けるものと考えられる。したがって、理科学習において適切な概念を構成するためには、学習者の中に構成されている既有概念の内容を捉え、既有概念と学習対象との相互作用とその帰結に注目していくことが重要であると言える。

ところで、ホワイト<sup>8)</sup>は、学習者の中に成立している概念には、質的に異なる7種類の構成要素が存在すると考えた。表1は、これらの構成要素について、それぞれの定義と代表的な例について示したものである。中山ら<sup>9)</sup>は、これらの要素の中でも、特に、言語的表現である「命題(proposition)」と描画的表現である「イメージ(image)」に注目することが重要であると主張している。そして、これらの構成要素の実態を捉える際に効果的に機能する調査方法として、概念地図法(concept mapping)や描画法(drawing)を取り上げ、それらの活用事例などを報告している。

これまでに見たとおり、適切な気象概念の構成を可能とするような授業を構想していくために

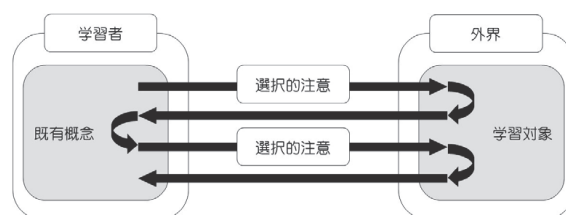


図1 生成的学習モデルの概要

表1 学習者の概念の7種類の構成要素

構成要素	定義	例
ストリング(string)	一つひとつが分離されず、全体としてまとまりを持った形で記憶されているひとつながりのことは、あるいは記号	すべての作用には、これと等しく向きの反対の作用が働いている
命題(proposition)	概念(ことば)の性質あるいは概念間の関連性についての記述	イースト菌は単細胞である
イメージ(image)	感覚についての心的表象	アザミのじょうご形、塩素の臭い
エピソード(episode)	経験あるいは目撃した事象についての記憶	実験室での事故、顕微鏡の組み立て
知的技能(intellectual skill)	心的な課題遂行能力	化学反応式の両辺の収支を計る
運動技能(motor skill)	肉体的な課題遂行能力	ある印まで液体を注ぐ
認知的方略(cognitive strategy)	思考をコントロールする際の概括的・一般的技能	別の解釈を受け入れる、学習目標を決める、学習が成功しそうかどうか判断する

は、学習者の既有の気象概念の内容を詳細に捉えておくことが必要不可欠である。また、その際には、特に、「命題」と「イメージ」に注目していくことが重要であると考えられる。

そこで、本研究では、新学習指導要領において示されている気象単元の内容が、現行の学習指導要領において示されている内容を踏襲していることを踏まえ、現行の学習指導要領に基づく気象単元の学習を終えて数年が経過した大学生を対象として、彼らが構成している気象概念の内容を命題とイメージの観点から明らかにする。そして、当該単元の学習上の問題点を見出し、それを踏まえ、適切な気象概念の構成を可能とするような授業を構想していく上での指針を得たい。

## 3. 調査の実際

### 3-1 調査目的

調査目的は、現在の気象単元の主要な指導内容について、当該単元の学習を終えて数年が経過した大学生が構成している概念の内容を明らかにしていくことである。この調査をとおして、当該単元の学習上の問題点を明らかにすることで、適切な気象概念の構成を可能とするような授業を構想していくうえでの指針を得たいと考える。

### 3-2 調査対象及び調査実施時期

調査は、福岡県内にある A 大学の理学部に所属する 31 名と福岡県内にある B 大学の教育学部（理系）に所属する 45 名の計 76 名を対象とした。彼らのうち、高等学校の理科で地学基礎を履修していたのは 3 名であった。また、大学で地学を専攻していたのは 6 名であった。このことから、多くの学生が中学校理科における気象単元の学習を終えてから気象に関する学習をしていないと考えられる。調査の実施時期は、平成 30 年 12 月中旬である。調査の所要時間は、30 分間であった。

### 3-3 調査内容及び方法

調査は、質問紙形式で実施した。調査問題は、表 2 に示すとおり、問題 1 から問題 9 までの 9 つの問題で構成し、現在の気象単元の主要な指導内容である「雲の発生過程」、「低気圧の発生過程」、「前線の変化」及び「日本の気象」についての大学生の概念の内容を捉えることとした。また、各指導内容についての調査問題は、「当該の指導内容にかかわる特定の情報を何も提示せず、非指示的状況下でその指導内容について説明させる調査問題」と、「当該の指導内容にかかわる特定の情報を提示し、指示的状況下でその指導内容について説明させる調査問題」の二種類の問題を設定することとした。調査では、これらの調査問題に対して、言語的表現と描画的表現を用いて説明させることで、現在の気象単元の主要な指導内容についての大学生の概念の内容を詳細に捉えることとした。

問題 1、問題 2 及び問題 3 では、「雲の発生過程」についての概念の内容を捉えることとした。まず、問題 1 では、特定の情報を提示せず、「上空にある雲はどのようにしてできたのか」につい

て回答させた。次に、問題 2 では、「空気が上昇すると、雲ができる」といった情報を提示した上で、「なぜ、空気が上昇すると、雲ができるのか」について回答させた。そして、問題 3 では、「雲は、上昇気流によってできる」といった情報を提示した上で、「上昇気流のでき方」として知っているもののすべてを回答させた。

問題 4 及び問題 5 では、「低気圧の発生過程」についての概念の内容を捉えることとした。まず、問題 4 では、特定の情報を提示せず、「性質の異なる気団がぶつかり、何が起こるか」について回答させた。次に、問題 5 では、「暖気団と寒気団が同じ勢力でぶつかり、低気圧が発生する」といった情報を提示した上で、「なぜ、暖気団と寒気団が同じ勢力でぶつかり、低気圧が発生するのか」について回答させた。

問題 6 及び問題 7 では、「前線の変化」についての概念の内容を捉えることとした。まず、問題 6 では、「暖気団と寒気団がぶつかり、前線ができ、前線上では低気圧が発生する」といった情報を提示した上で、図 2 に示す前線の変化を表した 4 枚の絵を不適切な順番で提示し、適切な順番を回答させた。また、その順番で前線の変化が起

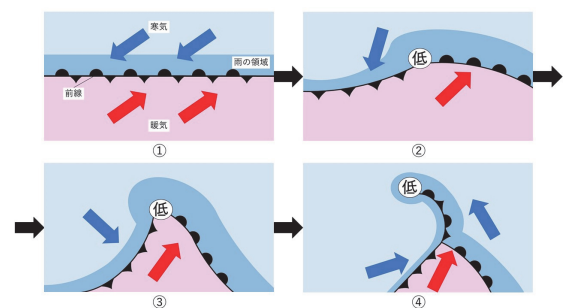


図 2 問題 6 及び問題 7 で提示した前線の変化

表 2 調査問題の構成

調査内容	問題番号	調査問題
雲の発生過程	問題 1	非指示的状況下で雲の発生過程について説明させる問題。
	問題 2	「空気が上昇すると、雲ができる」といった情報を提示し、指示的状況下で雲の発生過程について説明させる問題。
	問題 3	「雲は、上昇気流によってできる」といった情報を提示し、上昇気流のでき方について説明させる問題。
低気圧の発生過程	問題 4	非指示的状況下で性質の異なる気団がぶつかり合うことによって生じる現象について説明させる問題。
	問題 5	「暖気団と寒気団が同じ勢力でぶつかり、低気圧が発生する」といった情報を提示し、指示的状況下で低気圧の発生過程について説明させる問題。
前線の変化	問題 6	「暖気団と寒気団がぶつかり、前線ができ、前線上では低気圧が発生する」といった情報を提示し、前線の変化が起こる順番を回答させ、その順番に変化が起こる理由について説明させる問題。
	問題 7	前線の変化が起こる順番を提示し、その順番に変化が起こる理由について説明させる問題。
日本の気象	問題 8	夏の季節風と冬の季節風について、日本付近の地図の中に風向を描かせ、そのように風が吹く理由について説明させる問題。
	問題 9	春と秋に日本の天気が周期的に変化する理由について説明させる問題。



この理由を回答させた。次に、問題7では、図2に示す前線の変化を表した4枚の絵を適切な順番で提示し、「①から②の前線の変化」、「②から③の前線の変化」及び「③から④の前線の変化」について、それぞれの前線の変化が起こる理由を回答させた。

問題8及び問題9では、「日本の気象」についての概念の内容を捉えることとした。まず、問題8では、「日本列島はユーラシア大陸と太平洋にはさまれているため、夏と冬に季節風が吹く」といった情報を提示した上で、それぞれの季節風について、日本付近の地図の中に風が吹く向きを回答させた。また、その向きに季節風が吹く理由を回答させた。次に、問題9では、「春と秋に小笠原気団とシベリア気団の勢力が弱まると、日本の天気が周期的に変化する」といった情報を提示した上で、その理由を回答させた。

#### 4. 調査結果及び考察

本研究では、大学生の回答を、教科書<sup>10)</sup>の意図どおりに現象を捉えて説明しているか否かを基準として、「科学的説明」、「準科学的説明」、「非科学的説明」及び「その他」の4つの回答カテゴリーに分類することとした。表3は、各回答カテゴリーの定義の詳細を示したものである。ここでは、これらの回答カテゴリーを基礎として、調査結果についての考察を進めていくこととする。

##### 4-1 雲の発生過程について

「雲の発生過程」について問う問題である問題1では、まず、特定の情報を提示せず、「上空にある雲はどのようにしてできたのか」について回答させた。次に、問題2では、「空気が上昇すると、雲ができる」といった情報を提示した上で、「なぜ、空気が上昇すると、雲ができるのか」について回答させた。表4は、問題1及び問題2の回答を、前述の回答カテゴリーによって分類し、それぞれに含まれる代表的な記述例とその人数分布を示したものである。

表に示されているとおり、問題1では、「科学的説明」を提出した学生は76名中7名（全体の9%）であった。このことから、多くの学生は、「雲の発生過程」について説明することができないことが指摘できる。そこで、これ以外の説明として最も多くなされた説明を見ると、それは、「空気が上昇すると、気温が下がる」ことを説明した回答であった。このような回答を提出した学生は、76名中38名（全体の50%）であった。こ

表3 回答カテゴリーの定義

回答カテゴリー	定義
科学的説明	教科書の意図どおりに現象を捉えて説明をしている回答
準科学的説明	教科書の意図どおりではない、もしくは教科書の意図とは異なるが、科学的に適切な説明をしている回答
非科学的説明	科学的に適切な説明をしていない回答
その他	説明をしていない回答

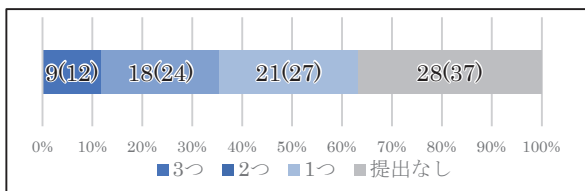
表4 「雲の発生過程」についての回答カテゴリーに含まれる代表的記述例とその人数分布（n=76）

回答カテゴリー	代表的記述例	問題1	問題2
科学的説明	・空気が上昇すると、気圧が低くなり、気温が下がるから。	7 (9)	12 (16)
準科学的説明	・空気が上昇すると、気圧が低くなるから。 ・空気が上昇すると、気温が下がるから。	4 (5) 38 (50)	4 (5) 43 (57)
非科学的説明	・空気が上昇するから。 ・水滴が集まるから。 ・水が蒸発するから。	16 (21) 5 (7) 5 (7)	0 (0) 4 (5) 1 (1)
その他	・その他 ・分からない ・無回答	1 (1) 0 (0)	8 (11) 4 (5)

注 単位は人、( )の数字は%

のことから、半数の学生が、「空気が上昇すると、気温が下がり、雲ができる」ことを捉えていると考えられる。問題2では、「科学的説明」を提出した学生は76名中12名（全体の16%）であった。前述の情報が提示されたことによって、「科学的説明」や「空気が上昇すると、気温が下がる」ことを説明した回答を提出した学生が多くなるものの、「空気が上昇すると、気圧が低くなる」ことを説明した回答を提出した学生は少ないままで変化しない。これらのことから、多くの学生が、「雲の発生過程」を「気温」の変化のみと関係づけており、中学校理科の教科書に記載されている断熱膨張の実験が示すような「気圧」の変化との関係づけに学習上の困難が生じている可能性がある。

問題3では、「雲は、上昇気流によってできる」といった情報を提示した上で、「上昇気流のでき方」として知っているもののすべてを回答させた。図3は「科学的説明」を提出した数をまとめたものである。図に示されているとおり、「科学的説明」を最も多く提出できた学生の提出数は3つであり、そのような学生は76名中9名（全体の12%）であった。また、「科学的説明」を1つ以上提出できた学生は76名中48名（全体の63%）であった。このことから、半数以上の学生が、上昇気流のでき方を捉えられていると言え



注 単位は人, ( ) の数字は%

図3 「上昇気流のでき方」についての「科学的説明」の提出数 (n=76)

表5 「上昇気流のでき方」についての回答カテゴリに含まれる代表的記述例と各記述例における人数 (n=76)

回答カテゴリ	代表的記述例	人数 (割合)
科学的説明	・低気圧の中心部。	23 (30)
	・空気が山腹にそって上昇する。	22 (29)
	・寒気団と暖気団がぶつかる(前線付近)。	21 (27)
	・海と陸の暖かい方 (海陸風, 季節風)。	11 (14)
準科学的説明	・地表の一部が強く熱せられる。	7 (9)
	・空気が暖められる。	6 (8)
	・暖かい海の海面 (赤道付近)。	5 (7)
	・風と風がぶつかる。	5 (7)
	・上空に寒気があり, 地表に暖気があるとき。	3 (4)
	・反時計回りに風が吹き込む。	2 (3)
非科学的説明	・谷底に風が吹き込む。	2 (3)
	・気温が高い地表から気温が低い上空へ空気が移動する。	5 (7)
その他	・その他	19 (25)
	・分からない	
	・無回答	
	・解読不能	6 (8)

る。表5は、問題3の回答を、前述の回答カテゴリに分類し、それぞれに含まれる代表的な記述例とその人数分布を示したものである。表に示されているとおり、問題3では、「低気圧の中心部」、「空気が山腹にそって上昇すること」、及び「寒気団と暖気団がぶつかる」ことを説明した学生は、それぞれ、全体の約30%であった。一方、「海と陸の暖かい方 (季節風, 海陸風)」及び「地表の一部が強く熱せられる」ことを説明した学生は少ないことが明らかになった。

#### 4-2 低気圧の発生過程について

「低気圧の発生過程」について問う問題である問題4では、まず、「性質の異なる気団がぶつかり、何が起こるか」について回答させた。次に、問題5では、「暖気団と寒気団が同じ勢力でぶつかり、低気圧が発生する」といった情報を提示した上で、「なぜ、暖気団と寒気団が同じ勢

表6 「低気圧の発生過程」についての回答カテゴリに含まれる代表的記述例とその人数分布 (n=76)

回答カテゴリ	代表的な記述例	問題4	問題5
科学的説明	・暖気団が寒気団に押し上げられ, 空気が上昇する。	18 (24)	26 (34)
	・暖気団が寒気団に押し上げられる。	25 (33)	6 (8)
	・前線ができ, その中心に低気圧が発生する。	2 (3)	1 (1)
	・前線ができる。	8 (10)	1 (1)
準科学的説明	・低気圧が発生する。	5 (6)	0 (0)
	・高気圧である暖気団と寒気団の間には低気圧の部分がある。	0 (0)	2 (3)
	・暖気団が冷やされて雨が降る。	7 (9)	0 (0)
	・寒気団が暖気団に押し上げられる。	3 (4)	3 (4)
非科学的説明	・暖気団は上に行き, 寒気団は下に行くので, 対流が起こる。	2 (3)	2 (3)
	・その他	4 (5)	17 (22)
その他	・分からない	2 (3)	18 (24)
	・無回答		

注 単位は人, ( ) の数字は%

力でぶつかり、低気圧が発生するのか」について回答させた。表6は、問題4及び問題5の回答を、前述の回答カテゴリによって分類し、それぞれに含まれる代表的な記述例とその人数分布を示したものである。

表に示されているとおり、問題4では、「科学的説明」を提出した学生は76名中18名 (全体の24%) であった。このことから、多くの学生は、「低気圧の発生過程」について説明することができないことが指摘できる。科学的説明の18名 (24%) と準科学的説明のうち25名 (33%) を合わせた43名 (全体の57%) の学生は、「暖気団が寒気団に押し上げられる」ことを説明していた。このことから、半数以上の学生が、「暖気団が寒気団に押し上げられる」ことを捉えていると考えられる。

問題5では、「科学的説明」を提出した学生は76名中26名 (全体の34%) であった。このことから、前述の情報が提示されたことによって、「科学的説明」を提出した学生が問題4と比べて増加しているように見える。しかし、科学的説明の26名 (34%) と準科学的説明のうち6名 (8%) を合わせた32名 (全体の42%) の学生は、「暖気団が寒気団に押し上げられる」ことを説明していた。このことから、「暖気団が寒気団に押し上げられる」ことを説明する学生は問題4と比べて減少していると言える。そこで、これ以外の説明として、問題4と比べて増加している回答カ

テゴリーを見ると、それは、「非科学的説明」に分類されるその他の説明や、「その他」に分類される回答であった。このことから、半数以上の学生は、「寒気団と暖気団がぶつかると、暖気団が寒気団に押し上げられる」ことを説明することができるものの、そのことと低気圧の発生過程との関係づけに学習上の困難が生じている可能性がある。

### 4-3 前線の変化について

「前線の変化」について問う問題である問題6では、まず、図2に示す前線の変化を表した4枚の絵を、不適切な順番で提示し、適切な順番を回答させた。この問題に対して、適切な順番を回答することができた学生は、76名中75名（全体の98%）であった。このことから、ほとんどの学生は、前線の変化について、少なくとも変化の順番については適切に捉えていると考えられる。表7は、その順番に並べた理由についての回答を、前述の回答カテゴリーによって分類し、それぞれに含まれる代表的な記述例とその人数分布を示したものである。

表に示されているとおり、「科学的説明」を提出した学生は、76名中4名（全体の5%）であった。このことから、ほとんどの学生は、「前線の変化」について説明することができないことが指摘できる。そこで、これ以外の説明として最も多くなされた説明を見ると、それは、「寒冷前線が温暖前線よりも速く進む」ことを説明した回答であった。このような説明を提出した学生は76名

表7 「前線の変化」についての回答カテゴリーに含まれる代表的記述例とその人数分布（n=76）

回答カテゴリー	代表的な記述例	人数 (割合)
科学的説明	・低気圧が発生することで寒気と暖気が反時計回りに移動し、寒冷前線が温暖前線よりも速く進むため、やがて温暖前線に追いつく。	4 (5)
準科学的説明	・寒冷前線が温暖前線よりも速く進む。	23 (30)
	・低気圧が発生することで寒気と暖気が反時計回りに移動する。	2 (3)
非科学的説明	・寒気団が暖気団の下にもぐり込み、暖気団が押し上げられる。	7 (9)
	・暖気の範囲が狭くなっていく。	4 (5)
	・地表の寒気の範囲が広がっていく。	3 (4)
	・矢印の向きが次第に同じになる。	2 (3)
	・その他	14 (19)
その他	・分からない ・無回答 ・解読不能	17 (22)

中23名（全体の30%）であった。このことから、寒冷前線と温暖前線の進む速さの違いに注目し、「寒冷前線が温暖前線に近づき、間隔が狭くなる順番に変化する」ことを説明する学生が多いと考えられる。

次に、問題7では、図2に示す前線の変化を表した4枚の絵を、適切な順番で提示し、「①から②の前線の変化」、「②から③の前線の変化」及び「③から④の前線の変化」について、それぞれの前線の変化が起こる理由を回答させた。

表8は、「①から②の前線の変化」についての回答を、前述の回答カテゴリーによって分類し、それぞれに含まれる代表的な記述例とその人数分布を示したものである。表に示されているとおり、「科学的説明」を提出した学生は76名中11名（全体の14%）であった。彼らは、「低気圧の周りでは反時計回りの風が吹くことによって、寒冷前線と温暖前線が発生する」ことを捉えていると考えられる。一方、「その他」に分類される学生は76名中42名（全体の55%）であった。このことから、半数以上の学生は、①から②の前線の変化を説明することができないことが指摘できる。そこで、これら以外の説明として最も多くなされた説明を見ると、それは、「暖気と寒気の矢印の方向へ進行する」ことを説明した回答であった。このような説明を提出した学生は76名中6名（全体の8%）であった。このことから、彼らは、①から②の前線の変化を図から読みとり、「暖気の進行方向に温暖前線ができ、寒気の進行方向に寒冷前線ができる」ことを説明していると考えられる。また、その次に多くなされた説明を見ると、それは、「暖気が上昇しようとし、寒気が下降しようとする」ことを説明した回答であっ

表8 「①から②の前線の変化」についての回答カテゴリーに含まれる代表的記述例とその人数分布（n=76）

回答カテゴリー	代表的な記述例	人数 (割合)
	・低気圧の周りでは反時計回りの風が吹く。	11 (14)
科学的説明	・コリオリの力で反時計回りの渦が生じる。	2 (3)
	・前線がゆがみ、反時計回りの低気圧ができる。	2 (3)
非科学的説明	・暖気と寒気の矢印の方向へ進行する。	6 (8)
	・暖気が上昇しようとし、寒気が下降しようとする。	5 (7)
	・その他	8 (10)
その他	・分からない ・無回答	42 (55)



た。このような説明を提出した学生は76名中5名（全体の7%）であった。このことから、彼らは、①から②の前線の変化を鉛直方向の暖気と寒気の移動と関係づけて説明していると考えられる。

表9は、「②から③の前線の変化」についての回答を、前述の回答カテゴリーによって分類し、それぞれに含まれる代表的な記述例とその人数分布を示したものである。表に示されているとおり、「科学的説明」を提出した学生は76名中17名（全体の23%）であった。彼らは、「寒冷前線が温暖前線よりも速く進む」ことを捉えていると考えられる。一方、「その他」に分類される学生は76名中37名（全体の48%）であった。このことから、約半数の学生は、②から③の前線の変化を説明することができないことが指摘できる。そこで、これら以外の説明として最も多くなされた説明を見ると、それは、「①から②の前線の変化」でも見られた「暖気が上昇しようとし、寒気が下降しようとする」ことを説明した回答であっ

表9 「②から③の前線の変化」についての回答カテゴリーに含まれる代表的記述例とその人数分布 (n=76)

回答カテゴリー	代表的な記述例	人数 (割合)
科学的説明	・ 寒冷前線が温暖前線よりも速く進む。	17(23)
準科学的説明	・ 反時計回りに進む。	1(1)
非科学的説明	・ 暖気が上昇しようとし、寒気が下降しようとする。	3(4)
	・ 暖気が上昇して寒気の範囲が広がる。	2(3)
	・ 暖気と寒気の矢印の方向へ進行する。	2(3)
	・ その他	14(18)
その他	・ 分からない ・ 無回答	37(48)

表10 「③から④の前線の変化」についての回答カテゴリーに含まれる代表的記述例とその人数分布 (n=76)

回答カテゴリー	代表的な記述例	人数 (割合)
科学的説明	・ 寒冷前線が温暖前線に追いつく。	17(23)
準科学的説明	・ 反時計回りに進む。	1(1)
	・ 寒冷前線が温暖前線よりも速く進む。	1(1)
	・ 暖気の下に寒気がもぐりこみ、暖気が上昇する。	4(5)
非科学的説明	・ 寒気と暖気の勢力が拮抗して停滞前線になる。	3(4)
	・ その他	9(12)
その他	・ 分からない ・ 無回答	41(54)

た。このような説明を提出した学生は76名中3名（全体の4%）であった。

表10は、「③から④の前線の変化」についての回答を、前述の回答カテゴリーによって分類し、それぞれに含まれる代表的な記述例とその人数分布を示したものである。表に示されているとおり、「科学的説明」を提出した学生は76名中17名（全体の23%）であった。彼らは、「寒冷前線が温暖前線に追いついて閉塞前線になる」ことを捉えていると考えられる。一方、「その他」に分類される学生は76名中41名（全体の54%）であった。このことから、半数以上の学生は、③から④の前線の変化を説明することができないことが指摘できる。そこで、これら以外の説明として最も多くなされた説明を見ると、それは、「暖気の下に寒気がもぐりこみ、暖気が上昇する」ことを説明した回答であった。このような説明を提出した学生は76名中4名（全体の5%）であった。このことから、彼らは、③から④の前線の変化における寒冷前線と温暖前線の交わりを暖気と寒気の交わりとして捉えていると考えられる。

#### 4-4 日本の気象について

「日本の気象」について問う問題である問題8では、「日本列島はユーラシア大陸と太平洋にはさまれているため、夏と冬に季節風が吹く」といった情報を提示した上で、それぞれの季節風について、日本付近の地図の中に風が吹く向きとその向きに季節風が吹く理由について回答させた。

表11は、「夏の季節風が吹く向き」と「冬の季節風が吹く向き」についての回答を、「適切」、「不適切」及び「無回答」に分類し、クロス集計し、それぞれの人数分布を示したものである。表に示されているとおり、夏と冬の両方について、季節風が吹く向きを適切に捉えている学生は76名中40名（全体の53%）であった。このことから、半数以上の学生が、夏には南東の季節風が吹き、冬には北西の季節風が吹くことを捉えていると考えられる。

表11 夏と冬の季節風が吹く向きについての回答の人数分布 (n=76)

	冬の季節風		
	適切	不適切	無回答
夏の季節風	適切	40(53)	3(4)
	不適切	6(8)	13(17)
	無回答	0(0)	14(18)

注 単位は人、( )の数字は%

図4は、「夏と冬に季節風が吹く理由」についての回答を、前述の回答カテゴリーによって分類し、それぞれに含まれる代表的な記述例とその人数分布を示したものである。図に示されているとおり、夏の季節風と冬の季節風の両方について「科学的説明」を提出した学生は76名中11名(全体の14%)であった。そこで、これ以外の説明として最も多くなされた説明を見ると、それは、それぞれの季節に発達する気団を説明した回答であった。また、冬の季節風については、「西高東低の気圧配置」になることから、「高気圧から低気圧へと風が吹く」ことを説明した回答が増加していることがわかる。これらのことから、季節風が吹く理由を気団と関係づけたり、季節に特有の気圧配置を記憶したりしている学生が多く、中学校理科の教科書に記載されているような海陸風が吹く理由に基づく説明に困難が生じていることが指摘できる。そのため、夏と冬の季節風が吹く理由に対して異なった概念を適用し、両者が一つの概念で統一的に説明できることが適切に捉えられていないものと推測できる。

問題9では、「春と秋に小笠原気団とシベリア気団の勢力が弱まると、日本の天気が周期的に変化する」といった情報を提示した上で、その理由について回答させた。表12は、「春と秋に日本の天気が周期的に変化する理由」についての回答を、前述の回答カテゴリーによって分類し、それ

ぞれの代表的な記述例とその人数分布を示したものである。

表に示されているとおり、春と秋の日本の気象について、「科学的説明」を提出した学生は76名中で皆無であった。このことから、春と秋の日本の気象について教科書の意図どおりに説明できる学生は見られないことが明らかにされた。このように、春と秋の日本の気象についての概念は、夏と冬の日本の気象についての概念と比較し、十分に捉えられていないことを指摘できるであろう。ただし、この結果は、問題8で季節風に関する情報を提示したことによるものである可能性がある。そこで、今後は、これらの内容についての概念の実態を、より詳細に明らかにしていきたい。

表12 「春と秋に日本の天気が周期的に変化する理由」についての回答カテゴリーに含まれる代表的記述例とその人数分布 (n=76)

回答カテゴリー	代表的な記述例	人数 (割合)
科学的説明	・ 偏西風が吹いているため、高気圧と低気圧が交互に通過する。	0 (0)
準科学的説明	・ 高気圧と低気圧が交互に通過する。	16 (21)
	・ 偏西風が吹いている。	4 (5)
	・ 移動性高気圧が通過する。	2 (3)
非科学的説明	・ 気圧配置が不安定	3 (4)
	・ その他	18 (24)
その他	・ 分からない	33 (43)
	・ 無回答	

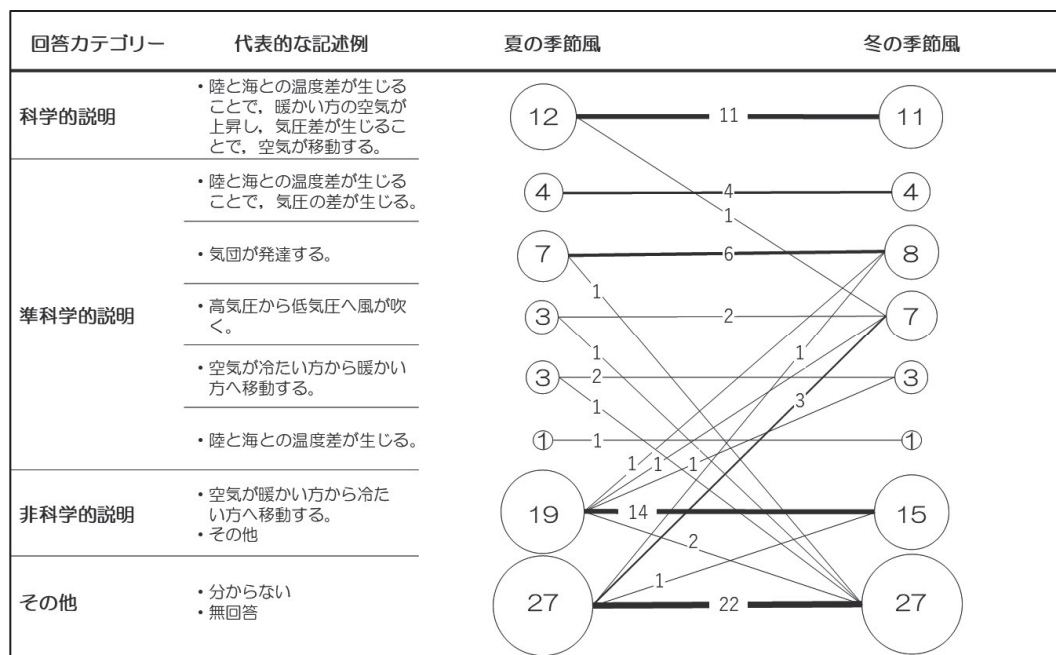


図4 「夏と冬に季節風が吹く理由」についての回答カテゴリーに含まれる代表的記述例とその人数分布 (n=76)



## 5. 今後の課題

本研究で示した調査結果から、現在の気象単元の主要な指導内容を本質的に理解していると捉えられる学生は少なく、中学校理科における学習上の困難が生じている実態が浮き彫りにされた。しかし、この結果は、学習者の気象概念と質問紙調査で提示した情報との相互作用によって構成されたものであるため、提示する情報を変更すれば、異なる概念が構成される可能性もある。

今後は、本研究の調査結果や気象分野の認識に関する浅利らの先駆的な研究成果<sup>11) 12)</sup>をも踏まえながら、適切な気象概念の構成を可能とするような授業を構想し、それを実践していきたい。そして、構想した授業を実践していく中での生徒の概念の変容をモニターし、実践授業の効果を反省的に捉え、さらなる授業改善を実現していきたい。

## 6. 参考文献及び註

- 1) 文部科学省 (2018)「中学校学習指導要領 (平成 29 年告示) 解説理科編」, 学校図書
- 2) 文部科学省 (1998)「中学校 学習指導要領 (平成 10 年 12 月) 解説-理科編-」, 大日本図書
- 3) 文部科学省 (2008)「中学校学習指導要領解説 理科編」, 大日本図書
- 4) ここでは、以下の教科書を参考にした。  
有馬朗人他 (2017)「新版 理科の世界 2」, 大日本図書
- 5) 平山将也・森藤義孝 (2020)「中学校理科における生徒の気象概念の構成に関する研究」, 福岡教育大学紀要, 第 69 号, 第 4 分冊, pp.201-207
- 6) Osborne, R. and Wittrock, M. (1983) Learning Science: A Generative Process, Science Education, 67 (4), pp.489-508
- 7) 森藤義孝 (2012)「構成主義の学習論 - その影響と課題 -」, 理科の教育, Vol.61, No.724, pp.5-8
- 8) ホワイト (堀哲夫・森本信也訳) (1990)「子ども達は理科をいかに学習し、教師はいかに教えるか - 認知論的アプローチによる授業論 -」, 東洋館出版社, pp.40-64
- 9) 中山迅・稲垣成哲編 (1998)「理科授業で使う思考と表現の道具 - 概念地図法と描画法入門 -」, 明治図書, pp.15-24
- 10) ここでは、以下の教科書を参考にした。  
・前掲書 4)  
・霜田光一他 (2016)「中学校 科学 2」, 学校図書  
・細谷治夫他 (2016)「自然の探究 中学校理科 2」, 教育出版  
・塚田捷他 (2016)「未来へひろがる サイエンス 2」, 啓林館  
・岡村定矩他 (2016)「新編 新しい科学 2」, 東京書籍
- 11) 浅利圭 (2011)「動的かつ因果的な理解を目指す気象学習に関する一考察 - 「天気の変化」の説明方略の変容に注目して -」, 日本理科教育学会全国大会要項 (61), p.234
- 12) 浅利圭 (2013)「気圧概念の理解における環境的視点と力学的視点の統合・変換の試み」, 日本理科教育学会全国大会要項 (63), p.241

