

中学校理科における気圧の本質的理解を育む 指導法の開発とその実践

教育学研究科 教育実践創成専攻 教科領域実践開発コース 中等教科教育分野 岡村 好真

1. 問題の所在

理科教育学研究において、気圧の変化の原理を理解させる先行研究はほとんど見られない。しかし、気流と気圧をどのように関係付けているかを調査する研究はいくつかみられる。平山・藤森(2021)は、大学生に「暖気団と寒気団が同じ勢力でぶつかると低気圧が発生する」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た。教科書の意図通りに現象をとらえて説明している回答は101件中2件であり、低気圧の発生理由を上昇気流と関係付けることが困難であると考察している。また、高瀬(1972)は、履修済みの中学校3年生74人に質問紙調査を行い、「低気圧、高気圧に形があるとすれば図を書いて説明しなさい。」「低気圧、高気圧の中心付近の断面図を書いて風の吹き方を説明しなさい。」といった問題を出し、低気圧、高気圧の立体的モデル把握の程度と低気圧、高気圧における気流の把握程度を調査した。その結果、ほとんどの生徒が矢印やうず形で気圧を表現しており、気圧を水平的分布の観点から説明することから、立体的空間関係において把握されていないと指摘した。また、低気圧、高気圧の中心付近の風の吹き方について正答者は10%程度であり、空気の垂直的分布との関係における立体的モデルとして表現することができていないと指摘した。

中学校学習指導要領(平成29年告示)解説理科編では、日本の気象への海洋の影響について、「日本の天気に影響を与える気団の性質や季節風の発生、日本海側の多雪などの特徴的な気象に、海洋が関わっていることを理解させる。」と示されている。具体的には、大陸と海洋のあたたまり方の違いにより、上昇気流や下降気流が発生する場所が変化するため、季節に特徴的な気圧配置になるといったことを理解させる必要がある。こうしたことから、先行研究で明らかになった現状は解決すべき課題であるといえる。

2. 研究の目的

東京書籍(令和6年度改訂)の理科教科書では、大気圧(気圧)を「上空にある空気にはたらく重力が、地球上のものに加える圧力」、気象庁は「大気の圧力。通常、ある地点の気圧はその点を中心とする単位面積上でその上の空気柱の総重量が相当する。」としている。このことから、気圧は空気の重さによって変化すると考えられる。そのため本研究では、気圧を「空気が面を押す力」と定義した。地上においては、「空気が地面を押す力」が発生していると定義した。

低気圧、高気圧における気流と空気が地面を押す力の関係を示す。低気圧においては、単位面積上の空気にはたらく重力と上昇する空気が上空の空気を支える力が生じ、その合力は空気が移動していない場合よりも小さくなる。高気圧においては、単位面積上の空気にはたらく重力と下降する空気が地面を押す力が生じ、その合力は空気が移動していない場合よりも大きくなる。このことから、気流が変化することで空気が地面を押す力が変化し、これにより気圧が変化すると考えられる。

これらの定義をもとに、本研究の目的を、中学校理科において上昇気流や下降気流と気圧変化とを関係付けた理解を促すために、空気の動きに基づいて空気が地面を押す力を考える活動の効果を明らかにすることとした。

3. 研究の方法

3-1. 事前調査

3-1-1. 事前調査の背景・目的

高瀬（1972）は、「従来、天気変化の指導にあたっては、気圧の断面を取った指導はほとんどなされていない。しかし、指導要領の改訂に伴って作成された教科書の中には、多少これを取り入れているものも見られる。」と指摘している。このことから、ほとんどの教科書に鉛直断面図が掲載されている現在と比べて、生徒が学んだ内容は異なっていると考えられる。また、平山・藤森（2021）は大学生を対象とした調査であり、中学生の現状とは異なる可能性が高い。そのため、本研究では、気圧について履修済みの中学校3年生が気流と気圧の関係をどのように理解しているかを明らかにすることを目的として事前調査を行った。

3-1-2. 質問紙による事前調査の方法

本調査の対象は、山梨県内のA中学校第3学年4クラス計146名である。なお、事前調査を行ったA中学校は筆者が所属する山梨大学教職大学院の連携協力校であり、筆者は当該中学校で実習や調査、研究授業を行うことができた。調査は10月頃、授業内の15分程度の時間を使って質問紙により行った。調査内容は、高瀬（1972）をもとに作成し、A中学校理科教員のアドバイスにより加筆修正を行った。出題意図と質問項目を表1に示す。ここで鉛直断面図とは、地上から上空までの空気の上昇や下降を表しているものを指す。

表1 調査問題の構成

質問番号	出題意図	質問項目
①	気圧について生徒の認識の実態を明らかにすること	気圧とはどのようなものか、文章で説明してください。
②	低気圧と高気圧を鉛直断面図で説明する生徒の割合を明らかにすること	地表付近で発生する低気圧、高気圧について図を用いて説明してください。
③	空気の上昇と気圧の低下をどのように関係付けているか明らかにすること	一般的に、上昇気流が発生しているとき、地表付近の気圧は低くなります。これはどうしてだと思いますか。あなたの考えを、図や文章で説明してください。

3-1-3. 事前調査の結果

ここでは、本研究に関わりの深い質問に対する結果のみを報告する。

質問②では、低気圧・高気圧を天気図などの「平面」で捉えた回答は24%、鉛直断面図を用いた生徒は22%であった。また、回答に矢印を用いた生徒の約55%のうち、34%は気流を、9.2%は圧力を表していた。目立った誤答として、「低気圧で下降気流が、高気圧で上昇気流が発生している」ことを表す図が見られた。これは、鉛直断面図を用いて説明した回答のうち31%であった。

質問③において、「地上付近の空気が上昇気流によって上に行くため地上の空気が少なくなり気圧が低くなる」といった気圧を密度で捉えた回答が16%、「上昇気流にのって気圧が上へ上へ連れていかれてしまうから」といった気圧を空気の塊として捉えた回答が16%見られた。

一方、教科書の意図に近い「上昇気流により、気圧による力が弱まっている」という趣旨の回答は3.8%にとどまった。この回答をした生徒の半数は、質問②で鉛直断面図を用いていた。また、気圧を空気の塊として捉えた生徒も、鉛直断面図を用いて説明する傾向が見られた。

3-1-4. 事前調査の考察

低気圧・高気圧について、教科書の意図に近い説明をした生徒は鉛直断面図で気圧を説明していたことから、高さ方向の気流を捉えさせることが重要であると示唆された。気圧を空気の塊として捉える回答が相当数みられたことから、力が作用している場所が地面であることを明確に示す必要性も示唆された。また、半数が説明に矢印を用いたが、気流を表す矢印と圧力を表す矢印が混在していたことから、指導場面では矢印が表すものを明確にする必要があると考えられる。

3-2. 実践の概要

3-2-1. ワークシートの作成

ワークシート(図1)は、設問1で低気圧・高気圧における気流を知り、設問2で空気が地面を押す力を作図できるようにした。設問2では、空気が停止しているときと上昇しているときと下降しているときを並べ、力の大きさを比較できるようにした。また、設問1と設問2では、気流を矢印で表す項目と力を表す項目を分けることにより、矢印が表すものを明確にできるようにした。設問3では気圧が小さい順に①～③の記号を並べることで空気が地面を押す力と気圧の関係を理解できるようにした。

生徒の作図状況を分析するため、自分の考えは黒で書き、黒板の作図は赤で記述するよう伝えた。授業の最後に、「空気の流れによって低気圧や高気圧が生じるのはなぜだろうか。」という問いに対する考えを記述させ、この内容を分析することにした。

気圧と風 ()組()番 氏名()

目標

①「空気の動き」を矢印で書いてみよう。

地面 高気圧 低気圧 高気圧

②「空気が地面を押す力」を矢印で書いてみよう。自分の意見は同じく、他の人の意見や意見は赤で書き加えよう。

① 空気は停止 ② 空気は() ③ 空気は()

地面

③「気圧が小さい順に記号を並べてみよう。」

小さい順 ()→()→()

○「空気の流れによって低気圧や高気圧が生じるのはなぜだろう。」

図1 作成したワークシート

3-2-2. 教具の工夫

空気は目に見えず、その重さの実感も難しいため、上昇気流が上空の空気を支えるという概念の理解は難しいと考えた。そこで、ブローパイプボールを用い、息によってボールが浮く様子を提示した。これにより、ボールにはたらく重力と、それを支える気流の力が釣り合っていることを視覚的に説明した。また、生徒は力の合力について未修であるため、上昇気流が発生しているときに空気が地面を押す下向きの力が小さくなることを理解しにくいと考えた。そこで、授業のはじめに「上昇するのは地表付近100km程度の空気だけでそれより上の空気はほとんど動かない」ことを説明した。また、地表に上向きの力がはたらくと、地面が浮き上がってしまうことを宙に浮かぶ島に上向きの矢印を加えたAI生成のイラストで示し、あくまで下向きの力が弱まるのだとイメージできるようにした。

3-2-3. 授業実践

授業は山梨県内のA中学校第2学年4クラス123人のうち、欠席・別室を除いた104人に各1時間行った。生徒は中学校1年生の時に、力を矢印で表すこと、授業実践の一週間ほど前には圧力の求め方を学習している。そこで、本授業においては、地球上では、様々な要因で空気が上昇するところや下降するところがあること、空気が上昇・下降することで空気が地面を押す力が変化すること、空気が地面を押す力を力の矢印で表すことを扱うことにした。力の矢印を用いることで、生徒は、「どこに」「どれくらいの大きさで」「どの向きに」力がはたらいているか考えることができる。これにより、空気が地面を押していることを明確にし、押す力の大きさと気流とを関係付けることができるようにした。

3-2-4. 授業実践の結果

3-2-4-1. ワークシートの作図状況の分析

作図の状況は、生徒の考えを書いた黒字を消して赤字だけを残している生徒がいることから消した跡なども含めて分析している。また、矢印の長さについては、上記のような背景もあり、判然としないことから分析の対象外とした。この結果を図2に示す。

空気が「下降」している場合では、約90%の生徒が作用点・向きともに正しく作図することができた。一方、空気が「上昇」している場面において、正しく作図できた生徒は全体の約38%であった。誤答の内容を詳しく見ると、空気が上昇している場合において約60%の生徒は矢印の向きを正しく作図できていなかった。

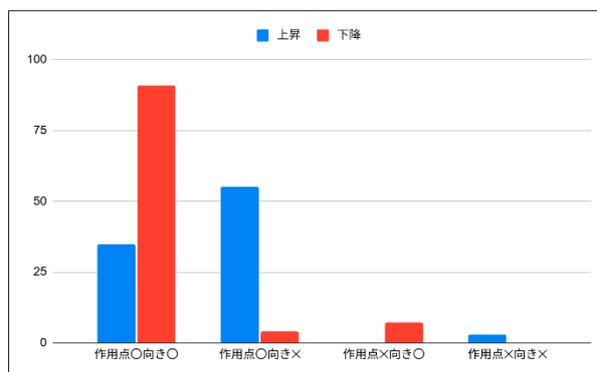


図2 作図状況

3-2-4-2. ワークシートの記述の分析

ワークシートの記述には、多様な考えが見られた。そこで、全体の傾向をつかむため、生徒の記述内容をもとに表2に示すカテゴリを作成した。その結果を表2と図3に示す。

表2 記述内容の分類カテゴリとその人数分布(n=104)

No.	内容	人数
1	空気が地面を押す力と空気の上下運動の両方に着目した説明	32
2	上昇気流・下降気流モデル(空気の上下運動 → 気圧が変わる)	20
3	空気が地面を押す力(圧力)に注目した説明	18
4	空気の流れ(高気圧→低気圧)を循環として説明	10
5	気温による上昇・下降(暖かい→上昇 / 冷たい→下降)に注目	3
6	風の流れ・気温・量など(その他要因中心)	7
7	記述不明 / 意味が取りにくい / 不完全	6
8	その他の特殊な説明(誤概念を含む)	8

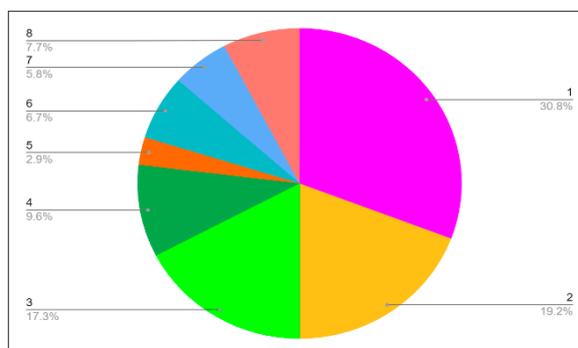


図3 各カテゴリの人数分布

最も多かったのは「空気が地面を押す力と空気の上下運動の両方に着目した説明(32名)」であり、次いで「空気の上下運動により気圧が変化する(20名)」、「空気が地面を押す力に注目した説明(18名)」であった。空気が地面を押す力に注目して記述できた生徒は全体の48.1%であった。また、気流を気圧変化の要因として記述した生徒は30.8%見られた。全体として、76.9%の生徒が気圧変化の要因について科学的に妥当な説明を行うことができていた。

3-2-4-3. 気流と空気が地面を押す力を関係付けることができたか

目的に照らして、「空気の動きに基づいて空気が地面を押す力を考えることができたか」を明らかにするために、気流と空気が地面を押す力を関係付けて記述できているかを分析した。加えて気圧についても触れていた記述は別に集計した。その結果を図4に示す。

気流と力だけを関係付けることができた生徒は、8.7%程度であった。具体的には、「上昇・下降によって、地面を押す力が変わるから。」、「空気が上昇して下降して力が強くなったり弱くなったりするから。」といったものを気流と力を関係付けることができた記述とした。気流と空気が地面を押す力を関係付けることができた生徒のうち70%程度は気圧も関係付けることができていた。一方で、力と圧力を同義のものとして記述している例や、圧力が変化する要因のみを列挙している記述も見られた。

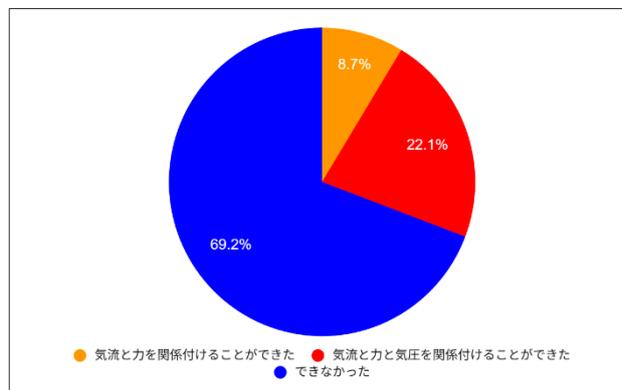


図4 気流と力を関係付けた人数分布(n=104)

3-2-4-4. 気流と気圧変化を関係付けることができたか

研究の目的である「上昇気流や下降気流と気圧変化とを関係付けた理解を促す」ことができたかを明らかにするために、気流と気圧を関係付けて記述できているかを分析した。ここでも、空気が地面を押す力について触れていた記述は別に集計した。その結果を図5に示す。

気流と気圧を関係付けることができた生徒は、51%程度であった。具体的には、「上昇気流や下降気流があってその空気の流れによって気圧の差が生じるから」といったものを気流と気圧を関係付けることができた回答とした。残りの半数は、気流や力、圧力という語句を使用しているものの、それぞれの因果関係を説明できていない傾向が見られた。

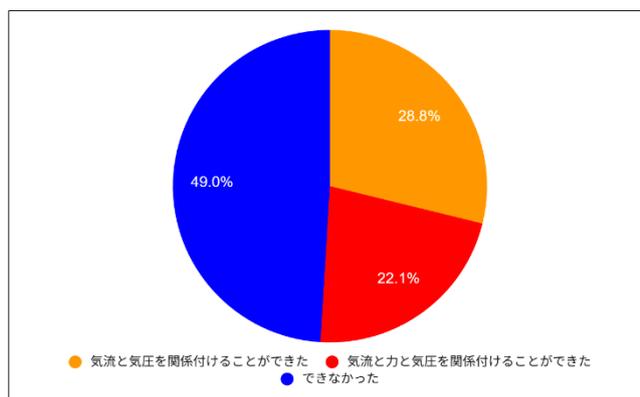


図5 気流と気圧を関係付けた人数分布(n=104)

3-2-4-5. 典型的な誤概念がみられたか

低気圧・高気圧における気流の向きを問う問題は、学力調査でも出題されることがある。事前調査では、低気圧で下降気流が、高気圧で上昇気流が発生している様子を図で説明している回答が複数見られた。このことから、本ワークシートの記述にも同じ誤概念がみられるか検討した。その結果を図6に示す。

低気圧では下降気流、高気圧では上昇気流が発生しているといった誤概念がみられた生徒は全体の4.8%、5件であった。具体的には、「低気圧が生じるのは、下降する空気が重力を含めて地面を押しているからで、高気圧が生じるのは、上昇する空気が地面を押す力が小さいからである。」「空気がたまっているところでは上昇気流が発生し、やがて下降気流となって戻ってくるため、下降気流が戻ってくるとまた空気がたまって低気圧、空気が一部に溜まって低気圧、空気が一部に溜まってしまっていて低くなっているところでは高気圧が生じる。」といったものを誤概念とした。

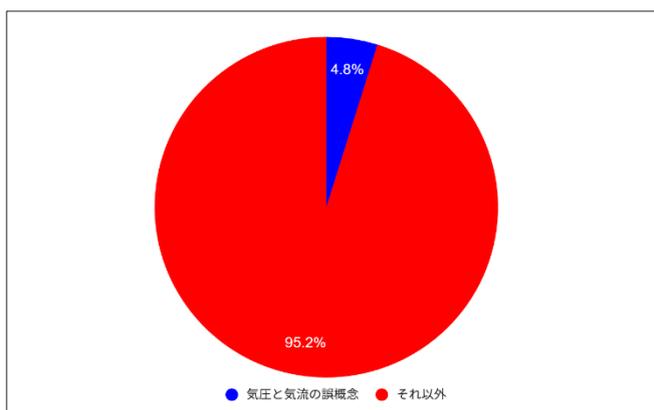


図6 誤概念が見られた人数分布(n=104)

3-2-5. 授業実践の考察

3-2-5-1. ワークシートの作図状況の分析

空気が下降している場合の作図においては高い正答率が得られたことから、空気が地面を押す力を考えることができたといえる。一方で、空気が上昇しているときの作図については、生徒にとって難易度が高かったことが示唆された。生徒は力の合力について未修であるため、上昇する空気によって、空気が地面を押す力が弱まるという考え方をすることが難しかったと推察される。今後の指導においては、正答率の高かった空気が下降する場合を先に扱ったり、不等号を用いて力の大小関係を整理させたりするなどの方法が考えられる。しかし、その際も、どこに力がはたらいているかを明確にする工夫が必要である。

3-2-5-2. 気流と空気が地面を押す力を関係付けることができたか

結果より、気流と空気が地面を押す力を関係付けることができている生徒の多くは、気流と力と気圧を一体的に関係付けていることが分かった。一方で、関係付けができなかった生徒の記述には、力と圧力を同義のものとして記述している可能性があるものや、単に現象を列挙しているものが見られた。

このことから、気流の変化が力の変化を生み、それが気圧として観測されるという因果関係を、より丁寧に指導する必要性が示唆された。質問項目が、「圧力が変化する要因」を問うものであったことから、圧力に触れない回答が得られたことも留意すべきである。

3-2-5-3. 気流と気圧変化を関係付けることができたか

半数の生徒が気流と気圧の関係を記述できたことは本研究の成果と言えるが、残りの半数は、「高気圧から低気圧へと空気が送り出されて上昇気流や下降気流になる。地面を押す力が長いほど気圧が高くなる?と思った。」といった現象の記述にとどまり、それぞれが独立していて関係性を説明することができていない傾向があった。このことから、気流と気圧を関係付けて理解できるさらなる工夫が求められる。

3-2-5-4. よくある誤概念がみられたか

本実践において、典型的な誤概念の出現数が4.8%とごく少数であったことは大きな成果であると考ええる。これは、気圧変化の要因を単なる現象の暗記ではなく、空気の重さが地面を押す力がはたらいているという納得感のある理屈で現象を捉えることができたためと考えられる。しかし、授業直後の記述であり、記憶が新しく間違えにくかったということも考えられるため、留意が必要である。

4. おわりに

本研究では、気圧を空気が地面を押す力と捉えなおし、その大きさを力の矢印で作図する活動を通して、上昇・下降気流と気圧変化とを関係付けた理解を促すことを目的とした。実践の結果、直前に学習した圧力の概念と関連を持たせ、目に見えない気圧を力として可視化したことで、多くの生徒が気圧変化の要因について科学的に妥当な説明をできるようになった。特に、典型的な誤概念の定着を防ぎ、気圧変化の要因を理解させる効果があったことが示唆された。一方で、空気が上昇する場合に、空気が地面を押す力が小さくなることへの理解や気流・力・気圧の三者の関係づけには課題が残った。今後は、これらの要因を関係付けるための指導の工夫や改善が必要である。

中学校理科において、気象分野の気圧には物理分野の力や圧力といった内容が含まれており、分野横断的な指導が求められる。それゆえに、分野の異なる学習内容の関係づけが学習効果に大きく影響すると考えられる。

本研究の成果が示すように、低気圧・高気圧の指導に力学的な視点を導入することは、生徒が気圧変化の要因に対する理解を深めるだけでなく、自然現象を論理的に説明する力を養うことにもつながると考える。本実践が、学校現場における低気圧・高気圧の指導の一助となり、理科教育の充実に寄与することを期待する。

6. 引用文献

- 平山将也・藤森義孝(2021),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-,福岡教育大学紀要,第70号,第4分冊,pp.265-273
- 梶田隆章ほか(2021),新しい科学2,東京書籍
- 気象庁(2026),気圧配置 気圧・高気圧・低気圧に関する用語,
https://www.jma.go.jp/jma/kishou/knownow/yougo_hp/haichi1.html (閲覧日:2026年1月8日)
- 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,pp.92-98
- 高瀬一男(1972),理科教育における時間・空間概念の育成に関する研究,茨城大学教育学部紀要,(22),pp.17-25