

理科授業におけるアクティブ・ラーニングの展開とその評価

教育デザインコース 理科領域 小川 泰明・田代 晴子
川崎市立東柿生小学校 野原 博人
教育学研究科 森本 信也

1. 問題の所在

次期学習指導要領の主要な課題としてアクティブ・ラーニングの実現が指摘されている。本研究の目的は、理科授業におけるアクティブ・ラーニングの具現化にむけ、中教審が挙げる授業改善の視点をもとに、より具体的な教授・学習方略を措定し、実践を通じた検証を行うことである。そこで、教授・学習方略の措定と検証にむけ、先ず、アクティブ・ラーニングのねらいを理科授業の現代的な課題と関連させながら素描する。

中央教育審議会によるアクティブ・ラーニング提唱の背景には、「我が国の子供たちには、判断の根拠や理由を示しながら自分の考えを述べることについて課題」との問題意識がある（中央教育審議会教育課程企画特別部会，2015:6）。この課題解決のためにアクティブ・ラーニングは提唱された。そのねらいは子どもにおける「知っていること・できることをどう使うか」に関わる学習を実現することとその成果として思考力・判断力・表現力を育成することである（中央教育審議会教育課程企画特別部会，2015:11）。

理科授業においてアクティブ・ラーニングを構想する

とき、その前提となる問題意識はここでの指摘と軌を一にする。理科授業を構想するための課題は、文部科学省による27年度全国学力・学習状況調査結果に顕著に示された。表1に示すように小学校・中学校ともにほぼ同じ課題が指摘された（文部科学省・国立教育政策研究所，2015）。表から、理科授業に関わる課題解決において、アクティブ・ラーニングが求める思考力・判断力・表現力を育成するための授業デザインを構想し、実現することが喫緊の課題であることが明らかである。

すなわち、何を調べるのかについて見通しをもって観察、実験を計画し、さらに、観察、実験の結果から得られた事実を分析し、解釈した結果を適切に表現することに課題があることが明らかにされたのである。実際、表2に示すように、27年度全国学力・学習状況調査・児童生徒質問紙調査において、こうした活動へ積極的に取り組んでいる者とそうでない者との間に、平均正答率に大きな差が示され、子どもの理科授業への関わり方が彼らの学習成果へ大きく影響することが明らかにされた。理科授業において思考力・判断力・表現力の育成を志向したアクティブ・ラーニングの実現と、そのための理科授

表1 平成27年度全国学力・学習状況調査（理科）の課題

年度	課題
27年度（小）	・観察、実験の結果を整理し考察して分析した内容を記述することに課題がある。 ・結果を見通して構想したり、実験結果を基に自分の考えを改善したりすることに課題がある。
（中）	・実験結果を数値で示した表から分析して解釈し、規則性を見いだすことに課題がある。 ・実験を計画することに依然として課題がある。

表2 平成27年度調査における理科の正答率の高い小学生と中学生の理科授業に対する意識

質問（番号）	正答率（小学校）（%）	正答率（中学校）（%）
自分の考えを説明する（76）	当てはまる 66.5 当てはまらない 52.5	当てはまる 62.2 当てはまらない 44.8
予想をもとに観察、実験をする（79）	当てはまる 64.7 当てはまらない 48.8	当てはまる 59.9 当てはまらない 43.2
考察している（80）	当てはまる 65.6 当てはまらない 46.1	当てはまる 62.0 当てはまらない 38.6
観察、実験のやり方について振り返る（81）	当てはまる 64.1 当てはまらない 52.7	当てはまる 61.8 当てはまらない 42.1

業デザインが、課題解決のために必須であることが明らかである。

本研究では、こうした理科授業についての問題意識のもとで、理科授業におけるアクティブ・ラーニングの基本的な枠組みとその展開のための教授・学習方略を措定し、その検証を試みた。

2. アクティブ・ラーニングを展開するための枠組とその展開のための方略

2.1 基本的枠組

アクティブ・ラーニングが「思考力・判断力・表現力等」の育成をねらいとすることは既に述べた。その意味するところは次期学習指導要領改定で目指す育成すべき資質・能力の3つの柱である「知っていること・できることをどう使うか（思考力・判断力・表現力等）」を核として、他の柱である「何を知っているか、何ができるか（個別の知識・技能）」、「どのように社会・世界と関わり、よりよい人生を送るか（学びに向かう力、人間性等）」との関連性を視野に入れ、3つを融合した学習を実現することである。さらに、中教審はアクティブ・ラーニングにむけた授業改善の視点として「深い学び」、「対話的な学び」、「主体的な学び」という3つのキーワードを挙げている（中央教育審議会教育課程企画特別部会、2015:17）。

このことを踏まえ、本論ではアクティブ・ラーニングの基本的枠組を捉えるにあたり、ボズニアドゥが提唱する学習環境をデザインする原理に着目し、その援用を図った（Vosniadou, S., 2001）。提唱された原理は以下の3つである。

- ・学習への能動的な関わり

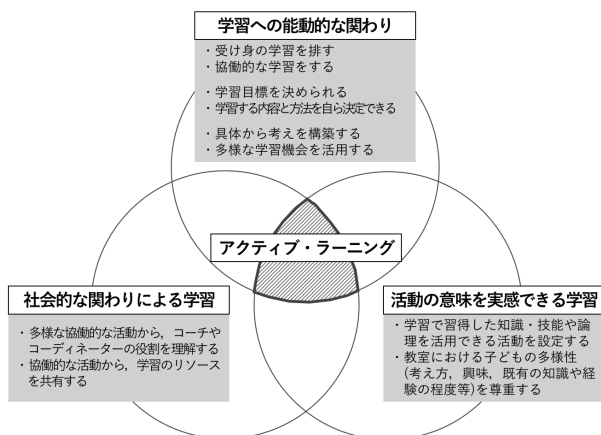


図1 学習環境をデザインする原理

- ・社会的な関わりによる学習
- ・活動の意味を実感できる学習

これら諸原理に基づき学習環境をデザインすることは、自ら学習目標を立て、内容、方法を選択し問題を解決していく「主体的な学び」、他者との協働の中で自分にとって価値ある視点や情報を見極め選択する「対話的な学び」、既存の知識や経験を基に考えを構築し、必要に応じて修正する中で知識を体系化する「深い学び」の過程を求めることである。このような学習過程では、既存の知識や経験が関連付けられ、体系化されることで考えが構築されていき、その意味内容と構築プロセスを学習者は十分に実感することが可能となる。そしてこの実感は新たな学びへの原動力として機能していくのである。

このように、3つの原理に基づく学習環境のデザインにより具現化される学習は、先述した授業改善の3つの視点を包含し、3つの柱の調和的育成の議論とも重なる。すなわち、図1に示すように学習環境をデザインする3つの原理が相互関連し、それら3つの重なり部分として立ち現れる学習をアクティブ・ラーニングとして捉えることができるのである。以上のことから、図1に示される学習環境のデザインをアクティブ・ラーニングを実践するための基本的枠組として措定した。

2.2 実践するための方略

図1を具体的に展開するための教授・学習方略についてボズニアドゥは9つの原理を挙げている。この9つの原理は、階層化できる7つの学習とそれら学習を横断的に貫く2つの基本的な前提として図2のように解釈できる。図2において教授・学習方略として示される階層的な学習の具現化により、図1に示される学習環境を具体的にデザインすることが可能となり、アクティブ・ラーニングが実現されると考えられる。そこで先ず、階層的な学習と学習環境のデザインとの関連を分析する。

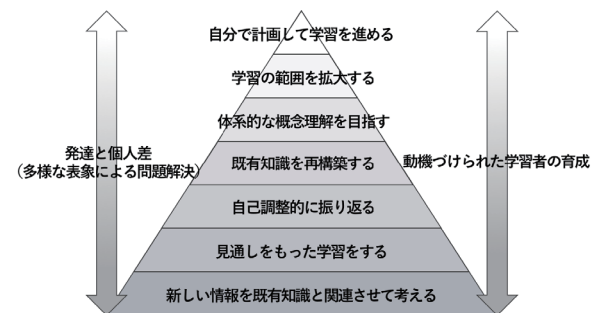


図2 学習環境のデザインのための教授・学習方略

階層的な学習の最初の段階では、「新しい情報を既有知識と関連させて考える」ことから学習が始められる。子どもが既有知識を教師から提示された教材、新規の情報に関連付けることで、「今自分たちは何がわかっていて何がわからないのか」というように、問題意識を持つのである。そして、この問題意識を持つことは次の「見直しをもった学習をする」ことへと繋がっていく。

問題を自覚した子どもは、「どうすれば問題を解決できるのか、どのように取り組めばよいのか」を考え、教師の適切な足場のもと、見直しをもって学習を進めていくことが可能となる。ここまでの段階では教師の支援のもと、子どもが学習目標を立て、学習方法を決定するというように、図1の「学習への能動的な関わり」の側面から主に学習環境がデザインされると捉えられる。

次の段階の学習への移行は、教師が足場を徐々に外すことで、子ども自身が学習に責任をもつよう促すことでなされる。すなわち、学習を「自己調整的に振り返る」ことで自らの学びの状況を評価し、学習を適切に修正しながら進めようとする自律的な学習を求めるのである。子どもによる学習の振り返りを促進するため、教師は図1の「社会的な関わりによる学習」の側面から学習環境をデザインし、子どもが多様な考えに触れ、自らの考えを反省的に捉える機会を保障する。

ここまでの段階の学習が適切になされることで、子どもは「既有知識を再構築する」ことが可能となる。このことは、既有知識の拡大、及び修正による概念構築の学習段階への到達を意味する。ここで構築される概念が子どもにとって有意味であることが、次の学習段階の「体系的な概念理解を目指す」ことへと繋がる。

すなわち、「何が問題となっているのか」という教材の本質の理解のもと概念を構築させるのである。このことは多様な考えを比較、対比させ、類推させる等の教師の支援を通してなされ、子どもは体系的に概念を構築することで意味理解するのである。

このように概念が有意味に構築されることで、子どもは学習内容を抽象化、一般化し、「学んだことが何を意味するか」を理解することができる。そしてこのことは構築した概念を他の文脈で使い「学習の範囲を拡大する」学習段階への到達を意味する。教師は子どもの学習の深化に対してフィードバックを与えることで、子どもが学習過程を捉え直し、その意味を実感できるよう支援することが必要であると考えられる。このように、子どもが

活動の意味を実感しながら概念を構築し、それらを活用し学習を拡大させる機会を保障することで、図1の「活動の意味を実感できる学習」という側面から学習環境がデザインされると捉えられる。

上述した階層的な学習が子どもにとって有意味になされた結果として、子どもにおける「自分で計画して学習を進める」姿が具現化される。すなわち、一連の階層的な学習が子どもにとって定常化し、自律的に学習を進めていくことが可能になると考えられる。この段階ではまさに、他者との社会的な関わりの中で活動の意味、概念の意味を実感しながら能動的に学習に関わっていく子どもの姿を見ることが出来る。これらをアクティブ・ラーニングの内実として捉えられる。

このような階層的な学習を通じた学習環境のデザインは、子どもによる考えの自由な表現の保証とその価値付け、あるいは多様な問題解決の保証という「発達と個人差」の考慮、教師による現実的な目標の設定、パフォーマンスの向上を価値付けるフィードバック等を通し、子どもに学習を達成したという実感をもてるように支援する「動機づけられた学習者の育成」という視点が常に求められる。それにより、子どもは自らの学習に自信をもち、安心して学習を進めていくことができると考えられる。

以上のように、教授・学習方略と学習環境のデザインとの関連を記述したが、これは代表的な関連部分の抽出に過ぎない。なぜなら、すべての学習の階層は繋がっており、個別の階層における学習は学習環境をデザインする3つの原理を少なからず包含していると捉えられるからである。重要なことは、階層的な学習が全体として機能するとき、学習環境をデザインする3つの原理が重なり合い、融合した学習としてアクティブ・ラーニングが具現化されると考えられることである。次に、この教授・学習方略を理科授業において解釈していく。

2.3 理科授業におけるアクティブ・ラーニングを展開するための方略

ボズニアドゥが提唱した9つの原理による階層的な学習を理科授業において解釈するとき、図3のように示すことができる。以下、順を追って説明する。

理科授業において、教師が提示する教材や情報に子どもが既有知識を関連付けること、それは彼ら自身が解決の必要性を感じとれる学習問題の生成を意味すると捉え

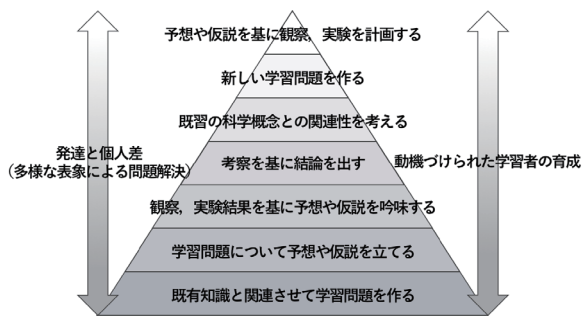


図3 理科学習環境のデザインのための教授・学習方略

られる。その結果、「既有知識と関連させて学習問題を作る」ことで、子どもは有意義な問題解決を展開する契機をつかむことができると考えられる。

次の段階は、学習問題を解決するための見通しをもつこと、すなわち「学習問題について予想や仮説を立てる」ことと捉えられる。すなわち、子どもが問題に対する予想や仮説を立てることは「何をどのように検証するのか」を明確化することであり、観察、実験の計画と連動させながら、この後に具体的に展開される問題解決の方向性と内容の質を規定すると考えられる。そして、実際に計画した観察、実験が行われることで次の学習の段階が現れる。

すなわち、「観察、実験結果を基に予想や仮説を吟味する」ことが可能となるのである。これは理科授業における考察にあたり、観察、実験結果という確かな根拠を基に予想や仮説が支持されるのかをモニタリングし、適宜説明の仕方や表現方法を修正する等、自己調整的に考えを振り返りながら学習を進めていくと捉えられる。

このような考えの吟味が適切になされることで、子どもは既有知識の再構築、すなわち「考察を基に結論を出す」ことができるようになると捉えられる。このような解釈を踏まえると、自らの予想や仮説が観察、実験とその結果の吟味により、どのように変容したかを踏まえ、その成果を学習問題に対する結論として適切な表現方法により記述し、科学概念としてまとめあげると考えられる。

これまでの一連の科学概念構築のプロセス、すなわち既有の知識と経験を基にした予想や仮説の問題解決を通じた拡大と修正が適切になされたとき、子どもは新たに構築した科学概念と「既習の科学概念との関連性を考える」ことが可能になると捉えられる。それは、科学概念がどのような状況で、どのように説明するかを子どもが自覚するとき、他の科学概念との繋がり、あるいは差異

を捉えられるようになり、子どもの保持する概念体系の一部として機能するようになると考えられるからである。

このように科学概念が体系的に理解されていくことで更なる体系化、適用範囲の拡大が志向されるようになると考えられる。このことは、問題解決の過程で見出された新たな疑問やそれに関する考えを足場に「新しい学習問題を作る」学習段階として捉えられる。

理科授業の最終段階は、新たに作られた学習問題に対して「予想や仮説を基に観察、実験を計画する」ことができる自律的な学習者像の想定と捉えられ、このような解釈をもとに次の学習段階を構想する。すなわち、予想することで学習の見通しを立て、実験によりその妥当性を検証することで考えを深化させ、最終的に体系的な科学概念を構築するという、問題解決過程の意味を子どもが理解し、その意義を十分に実感できるときに初めて到達することができると考えられる。

ここまで理科授業における学習の階層を主に子どもの学習の立場から述べてきたが、同時にこれは教師の教授の視点でもある。図3に示される階層的な学習を理科授業において子どもと教師が協働的に作り上げていくことで図1に示される学習環境がデザインされ、理科授業におけるアクティブ・ラーニングが実現するのである。

付言すれば、図3に示す教授・学習方略の具現化の鍵は対話的、つまりクラス一人ひとりの子ども同士の協働的な学習の実現である。教師と子ども双方が授業において、常に想起すべき視点である。3.において示されるプロトコルには明示されていないが、こうした点への留意を図りながら実践は進められた。

3. 理科授業におけるアクティブ・ラーニングの実践計画

3.1 対象

川崎市内の公立小学校第6学年29名

表3「呼吸の働き」の学習指導計画

教授・学習方略	時間
場面1. 既有知識と関連させて学習問題を作る	8
場面2. 呼吸の働きについての予想や仮説を立てる	
場面3. 吸う前の空気と吐き出した空気の違いについての観察・実験結果をもとに予想や仮説を吟味する	
場面4. 考察をもとに結論を出す	
場面5. 既習の科学概念との関連性を考える	
場面6. 新しい学習問題を作る	
場面7. 実験計画を立てる	

3.2 単元名

小学校 理科「人の体のつくりと働き」

3.3 実施期間

平成28年5月～6月

3.4 学習指導計画

単元「人の体のつくりと働き」の「呼吸の働き」の指導計画を表3に示す8時間で実施した。図3に示した教授・学習方略を基にして計画した。

4. 実践の結果と考察

(1) 「既有知識と関連させて学習問題を作る」場面

表4に場面1における談話を示す。ここは教師から提示された教材や新規の情報について、子どもに既有の知識や経験と結び付けて考えさせる場面である。子どもは既有の知識や経験と結び付けたり関連性を考えたりすることで、そこに問題を見出していくと考えられる。

表4 既有の知識と関連させて学習問題を作る場面

T1	じゃあ、とりあえず何から調べていこうか。
C1	いっぱいある。
T2	何からいこうか？じゃあ。
C2	吸い込んだ空気とかから。
T3	どうして？この仕組み？
C3	吸い込んだ空気と吐く空気の差。
T4	<u>要するにここがちょっとわからなくてどうしたらいいかなってことなんでしょ。吸い込んだ空気と出す空気の差を調べたらいい？</u>
C4	吸い込んだ空気は酸素があるけれど、出した空気は酸素がない。
T5	どうして。
C5	使っちゃってる。
C6	水っぽくなってる。
C7	酸素も。
C8	水蒸気だろ。
T6	<u>じゃあ、ちょっとこのあたりが一番疑問？ここ？</u>
C9	空気が吸うところがわかるともしかしたら食べるところが分かるかもしれない。
T7	C3さんが言ったことがってことね。なるほど。 <u>じゃあということは、まずここ空気を吸って、C9さんが言ってくれたみたいに空気を吸って吐いてみたいなことを調べてみようってこと？</u>
C10	足りなかったものが分かる。
T8	<u>じゃあ次の時間の問題は？</u>
C11	吸い込んだ空気はどうなるのか？
T9	ちょっと待ってね。今考えているのここね。まだまだ。言ってくれたのでいいか。反応がない。C11さんもう一回言ってみよう。
C12	吸う前の空気と吸って出した空気にはどんな違いがあるのか。
T10	うん。じゃあ次ここね。

教師の支援の視点でもある。具体的には、表4に示す子どもと教師による談話にその事例を見出すことができる。T9「吸い込んだ空気と出す空気の差」という問題提起に対して、C4～C8に示されたように、子どもは既習の知識や経験を披瀝しあいながら、問題の焦点化を図るところから学習を始めた。

学習問題を作る中で、子どもはC4～C5のように「吸い込んだ酸素は使われてしまうので、出るときにはなくなる」という学習問題に対する予想も考えていた。教師はこの発話をT6で焦点化させ、クラス全体の問題として広げていった。こうした教師の働きかけにより子どもは、問題に対する見通しを持ちながら、学習を進めていることがわかる。つまり、子どもが「今、自分たちがわからないところ」を明らかにすることは、これから行う学習活動の意味を実感しながら学習を進めていく契機となると考えられる。

(2) 「学習問題について予想や仮説を立てる」場面

表5に場面2における談話を示す。これは、学級で導出した学習問題の解決へと向かう見通しを持たせるために、予想や仮説を立てていく場面である。

また、図4は、教師が子どもとの対話の中で、考えを可視化しながら「予想や仮説」を学級の中で確認していった板書である。図を用いてイメージとして捉えることで、互いの考えを共有することができ、学級の中で共通で理解している「予想や仮説」を立てていた。

表5のC2、C6、C7では、子どもの「調べてみたい」という思いから、実験に対する意味を実感しながら学習を進めていることがわかる。すなわち、(1)「学習問題を作る場面」の教師による「この学習で何を調べていくのか」を繰り返し子どもに意識させていたことが、次の段階の(2)「予想や仮説を立てていく場面」では、子どもから「調べてみたい」という能動的な学習への取り組みへとつながっていたと言える。

また、C7、C8では実験方法に関わる発話では、調べたい内容が子どもの中で明確になっていたため、「こうやって実験したら、自分たちの調べたいことがわかりそうだ」という観察、実験の計画を見通した学習が進められていった。

つまり、学習問題を意識させ、子どもに「何を調べていくのか」という活動への意味や実感を持たせることに

表 5 呼吸の働きについての予想や仮説を立てる場面

C1	肺のところに酸素が入って、でも酸素が入ってくる代わりに二酸化炭素とかいらぬものができちゃうから、いらぬものは送り返して、いるものは中へ。
T1	こうゆうこと。ちょっと待ってよ。話の流れでいくと吐いた息は二酸化炭素で考えてる？
C2	何が入ってるかを調べたい。
C3	窒素。
C4	窒素と酸素と。
C5	酸素はいるけど、全部は取り込んでない。
T2	え、じゃあ何調べればいいのか？
C6	吐いた息にはどんなものが含まれているのか。
T3	うん。
C7	比べるんだったら、吸う前の空気も調べたい。
T4	C7さんすごい。今聞いた？比べるんだったら、吐いた息だけじゃなくて。
C8	吸う前の空気。
T5	うん。吸う前の空気。そうだね。もともとの空気。
C9	そんなのわかる機械あるの？
T6	あるんだよ。

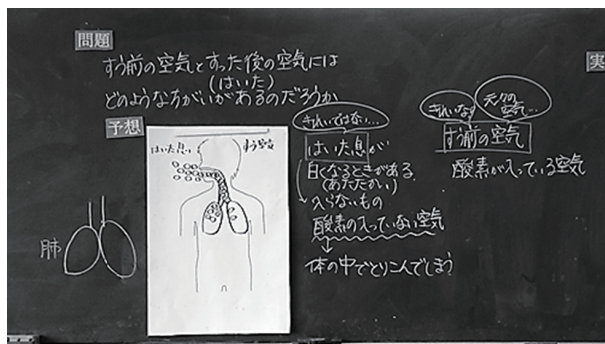


図 4 学習問題について予想や仮説を立てる場面の板書

よって、観察、実験による検証の方法を見通した、能動的な学習の実現が図られるのである。

(3) 「観察、実験結果を基に予想や仮説を吟味する」場面

表 6 は場面 3 における談話である。観察、実験結果から、自らが立てた予想や仮説は支持されたのか、そうでなければこれまで持っていた考えの修正を図っていくのである。その際に自らの学習を振り返る手立てが「予想や仮説」である。子どもは観察、実験結果から得た事実と自らの既有知識と照らし合わせながら、観察、実験結果から導き出される考察を吟味していく。

場面 3 では、呼吸の際に呼気は温かいという自己の経験から「熱によって酸素は二酸化炭素に変換されるのではないか」という「温かい説」が登場し、この話題から考察は始まった。「酸素が減少し、二酸化炭素が増加した」という結果から、子どもは「酸素が二酸化炭素に変わっ

たのではないか」と考えていった。そこで、教師は「なぜ変換されたのか」という点について考えを深めていくために T3 で工場から出る煙を喩えて挙げた。すると子どもは C7, C8 に見られるように「排出されるということは、人の体にとって不要なものである」という考えを導いていった。

次に教師は C9 の「酸素はエネルギーに変換される」という考えに焦点を当て、これまでの「酸素が二酸化炭素に変換されている」という考えとは別の視点であることを強調した。すると、子どもは C15 の発話に見られるように「酸素はエネルギーを生み出す物である」という説を構築していった。この際に、教師は T10 で確認しているように (1) 「既有知識と関連させて学習問題を作る」際に、「人が生きていくためにはエネルギーが必要」とであるというクラスで構築した考えを寄りどころとしながら、学習を進めていった。このように学習が階層的に進められていることがわかる。

学習を進める中で、子どもに自分が持っていた既有知識だけでは事実を説明できないという葛藤が起きてくる。T12 で教師が価値づけているように、直観的な表現のみの説明が、他者と関わることで説明がより精緻化されていった。こうして子どもは、自分の考えだけではなく、他者の考え方も取り入れることで、自分が観察した事実について説明したいという思いを実現しようとしていったのである。

また教師は T12 で、実験結果をクラスで共有した際に子どもから出ていた「吸気の酸素と二酸化炭素の和と、呼気の酸素と二酸化炭素の和は大体同じになる」という発言を子どもたちに戻し、改めて吟味させている。すると C19 の発話によって、やはり「体にとって不要なものは排出しようとする働きがある」というクラスの考えを構築していった。

この談話を基に、自分の考察を記述した。その際の子どものワークシートが図 5 である。予想の場面ではこの子どもは発表の際に「(胸のあたりの器官を指して) ここの器官で、ぐるぐる回り、食物と合成して血になる。だいたい空気は鼻や口に戻るが、戻って来ないものは下へ下がり、いずれ出ていく」という発話をしていった。ワークシートの記述からも、子どもはこれまでの既有知識や経験などを基に「必要なものを体は取り込み、不要なものを排出する」、「食べ物や酸素は体に必要なものである」という考えは持っていることがわかる。

表 6 観察、実験結果を基に予想や仮説を吟味する場面

C1	チェンジ。
T1	チェンジしてる。どこでチェンジするの？
C2	体の中で。
C3	吸った酸素が。
C4	二酸化炭素マン。
T2	二酸化炭素マン。酸素マンから二酸化炭素マンに変身かい。
T3	おもしろいこというな。
C5	じゃあ工場の話で言うのと二酸化炭素が出てきて、煙が出てきてって話でしょ？じゃあ、何のために煙を出すの？
T4	ものを燃やすために。
C6	ものを燃やすための？
T5	火とかから、こんな煙が。
C7	出すんだよね。つまり、煙はいらないものなんだよね。
T6	で、その出てるのに二酸化炭素が含まれてる。じゃあ、自分たちが吐いた息ってのは、それと同じってことが言いたい？じゃあ、酸素は二酸化炭素に変形したと。
C8	チェンジ。
T7	チェンジしたんだよ。酸素マンがな。
C9	それとも、酸素がエネルギーに変換させる。
T8	ちょっと待って。今なんて言った？酸素が？
C10	エネルギーに変換される。
T9	じゃあ、話が違う。酸素がエネルギーに変換されるのね。
C11	生きる活力になってる。
T10	その話したね。どこでしたっけ？
C12	エネルギーが必要。
C13	で、そのエネルギーで吐いたのが二酸化炭素。
C14	エネルギーを生み出す熱。
C15	エネルギーを生み出す酸素。
C16	じゃあ、そのエネルギーを使ったやつは、いらなくなったから二酸化炭素になるってこと？
T11	C17さん何か言いたい？
C17	昨年の自然教室で空気を中に入れたらたくさん火が燃えるようになった。それも人間に喩えると、何か食べ物を消化するために体が燃やそうとして、その燃やそうとするのに酸素が必要。その酸素を燃やしたから、その酸素で消化したから二酸化炭素に変わる。
T12	どう今の話。C18さんが直感的に言った温かい説をC17さんが論理的に説明してくれて温かい説が成立した瞬間なんですよ。この前、またC18さんの話になっちゃうんだけどさ、この前なんか言ってたよね。
C18	出てくる量は同じでしょ。
C19	酸素の一部をかじりとってるだけ。上はいらなくて、もう使い終わりました。つまりは、中身は空っぽです。だから、他のものにして返します。みたいなもんじゃん。
T14	今の話おもしろくない？かじっちゃうんだって。じゃあこれは人間の体にとっては？
C20	いらない。
C21	空気を吸うごとに空気中にあった二酸化炭素を出すから、だからいらなくなったものプラスその二酸化炭素で。
T15	吐いた息の中にも入ってる訳だね。吸った息も、これで説明つくかこの図で。

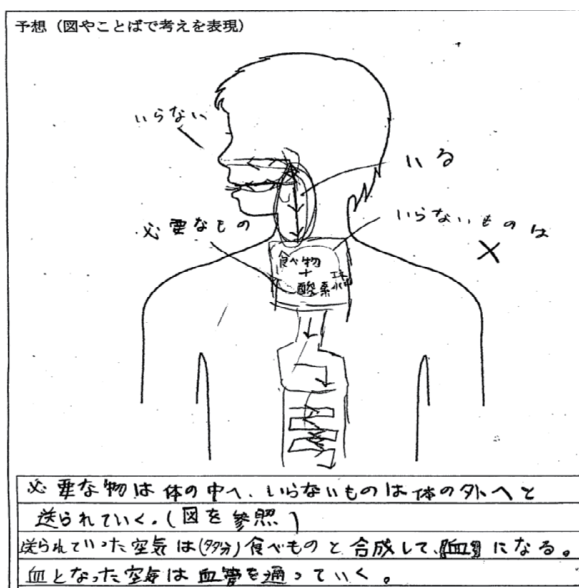


図 5 予想場面での子どものワークシート

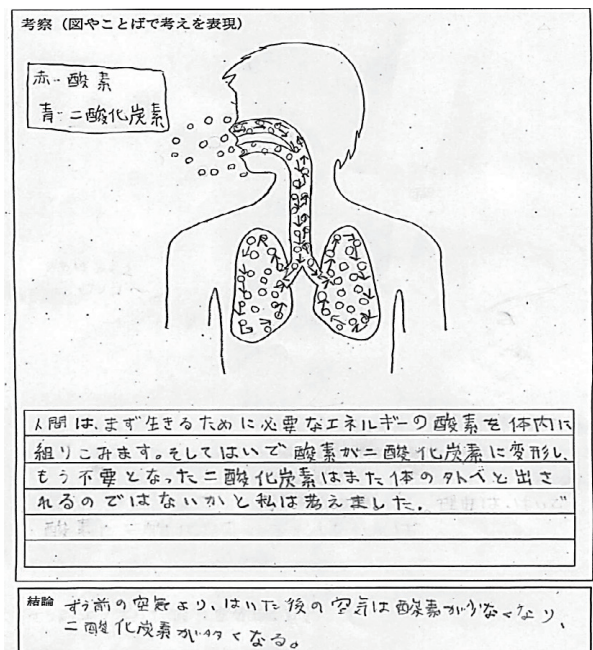


図 6 考察場面における子どものワークシート

図 6 は考察場面における子どものワークシートである。この子どもは授業を通して、クラスでの話し合いを自分の考えに取り込みながら、「肺で酸素は体にとって不要なものである二酸化炭素に変形し、排出される」と図 6 のように考えを変容させた。この子どもだけでなく、表 7 に示す通り、教室の半数以上の子どもが教室での「体内に取り込まれた酸素は体にとって不要な二酸化炭素に変換され、排出される」という対話を自分の中に取り込み、考えを変容させていった。

表7 予想と考察の記述の変化した人数と割合

変化した人数	18人/29人中(62%)
--------	---------------

このような子どもの思考の変容が起きたのは、図3のように学習が階層的に行われることによって、子どもは目的意識を持ち、学習を進められたためだと考えられる。すなわち「見通し」を持った学習が進められてきたことによる成果である。

(4)「考察を基に結論を出す」場面

表8に場面4の談話を示す。考察の吟味をする中で自らの既有知識と新たな情報とを照らし合わせ、知識の再構築を行っていく、つまり結論を導き出す場面である。教師は何人かの子どもに考察の発表をさせる際に「それぞれ表現は違うけれども、共通して言っているところが結論である」というように、子どもに「友達の発表の中に共通しているものを探していく視点」を与えた。これはT6での発話でも繰り返し強調されていた。

C4の発話にも見られるように、子どもは結論の表現を吟味している様子がわかる。このことは、子どもがこだわりを持って学習を進める姿、つまり学習の意味を実感しながら取り組んだ姿と読み取れる。

C6～T9までの対話から、教師は子どもの表現を洗練させながら結論を導いている様子がわかる。C6の発話に対し、吐いた後の空気の成分の割合の変化について着目させるために、教師はT7で「空気の？」と問い返すことで、空気の成分の割合に着目した子どもの発話を引き出そうとしていた。するとC8では呼気と吸気の酸素と二酸化炭素の割合の変化についての表現へと変化していった。

また、教師はT9に見られるように、子どもと結論の表現を吟味しながら作り上げていった。子どももC10では「結論は問題に対する答えである」という考えのもと、学習問題の「吸う前の空気と吐いた後の空気にはどのような違いがあるのだろうか」に対する答えを示していると納得していた。このように子どもと表現を吟味しながら教師と子どもの双方が納得した解を構築していったことがわかる。

教師はT13にあるように、結論を導くだけでなく、現在何がわかっていないのか、どんなことを調べていきたいのかを明確にしていた。こうした子どもの疑問を積み重ねていくことは、次に新たに学習を始めていく際の学習問題を作るきっかけになり、子どもは学習がつながっていることを実感できると考えられる。

表8「考察を基に結論を出す場面」

T1	なるほど。今日のところで結論出ます？これについて。
C1	違いがある。
T2	吸う前の空気と吸って出した空気にはどのような違いがあるのだろうか。これに対する結論はなんて言う？どうしようか。
C2	吐いた後の酸素が吸う前より少なく、二酸化炭素が多い。
T3	ってことだよ。その理由まで考えられたね。その考えられた理由は？どうやって考えればいいのか？
C3	吸う前の空気より、吸って出した空気のほうが酸素が少なく二酸化炭素が多い。
T4	吸う前より吐いた後の酸素が少なく、二酸化炭素が多い。問題に対する結論はこれで十分ですか？C4さん。
C4	酸素が多くて二酸化炭素が多いというのは、言葉的には二酸化炭素の方が少ないってなっちゃう。酸素は元々、二酸化炭素より多くて、吐いた空気に二酸化炭素が酸素の一部が使われて、何%かが二酸化炭素に変わる。
T5	そしたらちょっと変えようか。酸素が？
C5	酸素の一部が二酸化炭素になって、使わなかった酸素と吸ったときにあった二酸化炭素が。
T6	みんなで発表したことをまとめていけば結論になるんじゃないの？8人くらい発表したよね。その人たちの話を整理すれば結論出るんじゃないの？
C6	吸う前の空気が、酸素の一部が二酸化炭素となってそれが吐いた後の空気になる。
T7	空気の？
C7	二酸化炭素になって、他のものと一緒に。
C8	吸う前の空気よりかは、吐いた後の空気の方が二酸化炭素が多く酸素が少し少なくなっている。
T8	多くなって、ってことだよ。吸う前の空気より吐いた後の空気は。吐いた後の空気は酸素が減って、
C9	酸素が少なくなり二酸化炭素が多くなる。
T9	少なくなり、二酸化炭素が多くなる。これでいい？多くなる。ここまでのいい？それで？これでいいのか。でもみんなが考えたことが結論に入っていない。エネルギーとか。
C10	問題的には。
T10	問題的にはこれでいい？
C11	ここの結果を入れるんだしたら。
T11	ここの結果を通してわかったことを書くとしたら、何を書けばいい？どうしてこうなったかってことを書いたんでしょ。ていうのは。そうかキーワードがあったね。エネルギーと、みんな同じような言葉使ってたね。
C12	問題としてはいいけど、なぜ酸素が二酸化炭素になるのかっていうのが。
T12	じゃあ結論はとりあえずこれでいいか。
C13	とりあえず。
T13	暫定として。それでみんなが考えていることは何かかって言うと、酸素が
C14	どうして二酸化炭素に変化するのか。
T14	ということだね。あと血液の問題と。
C15	エネルギー。
T15	エネルギーとしてどうやって使われてるかってことだよ。OK。じゃあ、そこは次に残しておこうか。

(5) 「既習の科学概念との関連性を考える」場面

表9は場面5の談話である。これまでの段階での学習を踏まえ、既存の概念体系に新しく学習した呼吸の概念を取り入れていく場面である。まさに子どもが学習活動を意味あるものとして捉え、能動的に科学概念を新たに体系化していく姿である。

(1) 「既有知識と関連させて学習問題を作る」場面では、体を動かすために必要な物としての「空気」という理解であったが、表9のT1～T5の教師と子どもの対話から「体を動かすには酸素が必要で、いらなくなったものとして二酸化炭素が排出される」というように「呼吸」についての理解が深まっていた。

さらに、教師はT5で呼吸の学習と関連させて「消化」についても考えていけそうだという見通しを子どもに持たせていた。つまり、既存の知識（呼吸の学習）との共通点を見出そうとしていたのである。C8で「出てきた量は同じだった」というように呼吸と吸気の酸素と二酸化炭素の和は同じだったことを想起させ、その結果、呼吸の学習を消化の学習へ子どもにとって意味ある形でつなげていった。

C10では「栄養も取れるし」というように、消化に関して呼吸の時と同じように考えようとする様子が見られた。子どもは呼吸と消化の学習との差異点を探しながら学習を進めていた。このように、次の学習へと移行する際にこれまでの学習を用いて考えていくことができそうかを吟味していくためには、これまでの学習が子どもにとって「自分なりに学習の内容を咀嚼している状態」になっている必要がある。

森本(2013)は、実験で得られた裏付けとなる情報は、子どもなりに咀嚼されなければ科学概念構築には至らないとしている。ゆえに、「自分の言葉で説明できる」ということ、本当に子どもがその事象を理解しているということであり、子どもは学習を自分の概念体系へ組み込むことが可能となるのである。ここでの学習はこうしたことを示唆した。

(6) 新しい学習への移行

(5) までの呼吸の学習を基にして、子どもは新たに消化の学習へ移行していった。その時、子どもは表9に示されたように、呼吸の学習と同じ視点であるエネルギー摂取により、消化についても学習問題を設定して活動に取り組んでいった。(1)～(5)までの学習方法

表9「既習の科学概念との関連性を考える」場面

T1	今まで、人にとって必要なものは何かってエネルギーの話をしてきて空気の話をしてきたんだよね。空気は体の中に入るじゃないですか。出しますよね。体の中に空気を入れたり出したりすることっていうのをもうみんなが知っている通りにその動作を何て言うかという。
C1	呼吸。
T2	そう。呼吸です。吸ったり吐いたりする。その呼吸することによって人はどんなものを取り入れているかという、空気の中のエネルギーである？
C2	酸素。
T3	酸素を取り入れているんだよね。それで、吐くときは？
C3	二酸化炭素。
C4	エネルギーをとった
T4	エネルギーをとった
C5	いらぬ二酸化炭素
T5	いらぬ二酸化炭素が出てくるってことだったんだよね。余った酸素も出てくるってことがわかったじゃないですか。ひとまずそこで問題は解決しました。次、食べ物について考えていきたいと思うんですよ。食べ物も人にとってのエネルギーですか？エネルギーですね。食べ物は空気の呼吸と同じように考えたら必要なものを入れるわけだよね体の中にね。いらぬもの出しますね。尿や糞で出てきますね。まあそういった行為、空気を取り入れるのが呼吸であれば、食べ物は呼吸じゃなくて？
C6	食べる。
T7	そう。その通りです。食べるという行為でしょ。食べ物を食べるね。食べて、出るでしょ。呼吸の時は必要なものを取っていらぬものを出したね。
C7	出したね。
T8	ということは、食べる時も当然同じように考えることができるってことですよ。この前変形って形をしたじゃないですか。酸素が二酸化炭素に変わって出てきたんじゃないかって話をしたじゃないですか。エネルギーを。
C8	出てきた量は同じだった。
T9	だったね。そうゆう話だったね。じゃあ、食べ物も同じように考えていいの？
C9	食べた物に比べて。
T10	どう思う？まず噛むね。
C10	栄養も取れるし。

が子どもに定着し、その採用が図られていたのである。それは上述したように表9に示されたT5～C10の子どもと教師による談話にそれは示されている。すなわち、消化における(6)「新しい学習問題を作る」、(7)「新たに予想や仮説を基に観察、実験を計画する」活動が準備されたのである。

5. 研究のまとめ

本研究では、図1で示したボズニアドゥが提唱する学習環境をデザインする原理に基づき理科授業デザインを行った。具体的には、図3で示したように階層的な学習として教授・学習方略を設定し、理科授業を事例に検証した。その結果、中教審が挙げた3つの授業改善の視点は、以下の学習過程により具体化された。

階層的な学習の中では、常に子どもは自分なりの論理を構築し、展開することが求められた。そこでは、「これまでの学習で繋げられることはあるか」、「これまでの経験を使って説明できそうか」という視点から子どもは問いを見出し、予想し、「どのようにしたら調べられるのか」という見通しのもと学習が進められた。すなわち、子どもが受け身の姿勢を排し、主体的な学びが展開されたのである。

その過程では、教師や他の子どもと積極的に関わる姿がみられた。具体的には、自分の説明したいことを上手く説明している子どもの表現を取り入れたり、教師が子どもたちに深めさせたい点について議論させる等である。そのような周りからの働きかけが常になされる中で、子どもは自らの考えだけでなく、他者の考えも含め、クラスにおいて価値ある考えを見出し、深めていった。すなわち、学習のリソースが共有され、対話的な学びが展開されたのである。

このように見通しを持ち、他者と協働的に学習が進め

られていくことで、子どもは自分の考えを修正し、その論理を発展させていった。そしてこの過程を振り返ることで考えの変容を自覚化し、さらに変容後の考えを次の課題解決へと用いていった。すなわち、自らの概念体系へと科学概念を位置付けていく、深い学びが展開されたのである。

以上のことから、学習環境をデザインする原理(図1)、及び理科学習環境のデザインのための教授・学習方略(図3)が理科授業におけるアクティブ・ラーニングの具現化に有用であることが明らかとなった。

引用文献

- ・文部科学省・国立教育政策研究所(2015)「平成27年度全国学力・学習状況調査(小学校理科報告書) p.8
- ・文部科学省・国立教育政策研究所(2015)「平成27年度全国学力・学習状況調査(中学校理科報告書) p.8
- ・文部科学省・国立教育政策研究所(2015)「平成27年度全国学力・学習状況調査報告書(質問紙調査) pp.150-151
- ・中央教育審議会教育課程企画特別部会(2015)「論点整理」
- ・Vosniadou, S. (2001) *How children learn*, pp.8-28
The International Academy of Education
- ・森本信也(2013)『考える力が身につく対話的な理科授業』東洋館出版社 p.48