

プロジェクト研究

学校種間連携による 理科の系統的な学習プログラムの作成 (中間報告)

調査研究部

当センターでは、プロジェクト研究として、学校種間連携による理科の系統的な学習プログラムの研究を行っている。本稿では昨年度から生物領域で実施してきたコンピテンスペースの学習プログラムと、今年度新たに検討を始めた化学領域での研究について報告する。

〔キーワード〕 学校種間連携 系統的な学習プログラム コンテンツ コンピテンシー

はじめに

現行学習指導要領においては、小・中・高等学校の系統性が重視されており、当センターにおいても、プロジェクト研究として『学校種間連携による理科の系統的な学習プログラムの研究』を実施している。また、今回の学習指導要領改訂に向けた答申の中で、「育成すべき資質・能力については、幼児教育から高等学校までを通じた見通しを持って、各学校段階の教育課程全体及び各教科等においてどのように伸ばしていくのかということが、系統的に示されなければならない。」とされている。このことから、学校種間連携によって、各学校段階で育成すべき資質・能力を明確にしたうえで、それらの資質・能力を育成するための学習プログラムの開発が必要だと考えている。本稿では、育成すべき資質・能力（コンピテンシー）を明確にした学習プログラムの開発に向けた研究について、作成したコンテンツーコンピテンシーマトリクスなど、これまでの取組での成果について報告する。

なお、本研究においては、評価可能な資質・能力をコンピテンス、複数のコンピテンスによって構成される広い意味の資質・能力をコンピテンシーとして用いる。

1 本研究の概要

(1) 研究の目的

学校種間の育成すべき資質・能力を明確にした学習プログラムを開発し、他の地域へ波及させることで、本道の理科教育の質の確保・充実を図り、北海道の科学技術系人材の育成をめざす。

(2) 研究の内容

研究の目的を踏まえ、今年度の研究の内容は次のとおりとした。

○コンテンツーコンピテンシーマトリクスの作成

- ・本研究で、各学校種において育成を目指す資質・能力の系統的な整理

○生物領域における育成すべき資質・能力を明確にした学習プログラムの開発

- ・研究協力校における生徒の育成すべき資質・能力の確認
- ・育成すべき資質・能力に基づいた学習プログラムの作成
- ・作成した学習プログラムに基づいた授業実践と評価・改善

○化学領域における育成すべき資質・能力を明確にした学習プログラムの開発

- ・研究協力校における生徒の育成すべき資質・

能力の確認

- ・育成すべき資質・能力に基づいた学習プログラムの作成

2 コンテンツ・コンピテンシーマトリクス

本研究において、小学校、中学校、高等学校のそれぞれで育成を目指す資質・能力について検討し、生徒の発達段階に応じたつながりを意識して系統的に整理した。その結果、小学校においては「見通しをもって観察・実験などを行い、問題を解決する力」、中学校においては「見通しをもって観察・実験を行い、得られた結果を分析・解釈する力」、高等学校においては「見通しをもって観察・実験などを行い、科学的に探究したり、科学的な根拠を基に表現したりする力」という資質・能力に着目した学習プログラムの作成を図ることとした。これをマトリクスにまとめたものがコンテンツ・コンピテンシーマトリクスである（8ページの資料参照）。このマトリクスに書かれている資質・能力はあくまでも一例であり、当然ながら、この資質・能力を育成するためにはこの単元でなくてはならないということを示しているものではない。基本的には学校現場で様々な工夫がなされ、生徒の実態に合わせた育成プログラムが開発されていくことが理想である。その点に留意して、アレンジする基としてこれらの題材を活用していただければありがたい。今後このマトリクスは、カリキュラム・マネジメントにおいて、育成を目指す資質・能力をどの単元で扱うことができるかを考えるときに参考になるものにしていきたい。そのため、次年度以降はこれまで実施していない単元において学習プログラムの開発を図っていきたいと考えている。

3 生物領域における育成すべき資質・能力を踏まえた学習プログラム

弟子屈町立弟子屈小学校、弟子屈町立弟子屈中学校、北海道弟子屈高等学校の協力を得て、生物領域における育成すべき資質・能力を明確

にした学習プログラムの開発を行った。各学校段階において生徒に必要とされる資質・能力を確認しながら、育成すべき資質・能力を明確にした学習プログラムの作成を行い、プログラムに基づいた授業実践、検証のための協議という流れで本研究を進めた。

本稿作成時点では、弟子屈中学校以外での授業実践を終えていないため、中学校での授業実践のみについて報告する。弟子屈小学校、弟子屈高等学校での授業実践については、本稿作成後の2月下旬（弟子屈小学校）、3月下旬（弟子屈高等学校）を予定している。

(1) 弟子屈中学校での学習プログラム

弟子屈中学校における生徒の育成すべき資質・能力については、「見通しをもって観察・実験などを行い、得られた結果を分析・解釈する力」と設定した。また、今年度は昨年度の取組を踏まえてさらに検討を加え、「得られた結果を分析・解釈する力」を育成する上で「主体的・対話的で深い学び」とするために、「根拠を示して自分の考えを表現する力」にも注目して学習プログラムの作成を行った。

(2) 弟子屈中学校での授業実践(12/20)

○授業者	弟子屈町立弟子屈中学校 伊藤 俊行 教諭
○単元名	「単元5 第1章 自然のなかの生物」 「1 生態系」
○生徒	第3学年B組27名

植物、ウサギ、ヤマネコの間の捕食―被食関係に注目し、「自然界の食物連鎖はどのような数量関係で成り立っているのだろうか？」という1つめの課題の提示から授業が展開された（図1）。この課題に対して、紙コップを植物、ウサギ、ヤマネコに見立てたモデル実験を行わせて、数量関係のバランスについて思考させて理解を深めさせた後で、2つめの課題「もし、ウサギの数が一時的に増えると、数量関係はその後どのようなようになるだろうか？」を提示した。この課題に対しては、生態ピラミッドの図を用いて生徒それぞれに思

考させ、その後グループ協議、各グループの意見交流という展開であった。



図1 1つめの課題の提示

はじめに、植物、ウサギ、ヤマネコの間の数量関係について、ウサギとヤマネコが食料を食べ続けることができるためには、どのような数量関係でなければならないかということについて、生徒の意見を求めた。ここで出された生徒の意見に基づいて3つの仮説を立て、紙コップを用いたモデル実験で仮説を検証させた。

このモデル実験は、紙コップの底面に植物、ウサギ、ヤマネコを描いたもの（図2）を複数用意し、「食べる」という行為を、捕食者の紙コップを被食者の紙コップに被せていくことで食物連鎖をモデル化したものである。

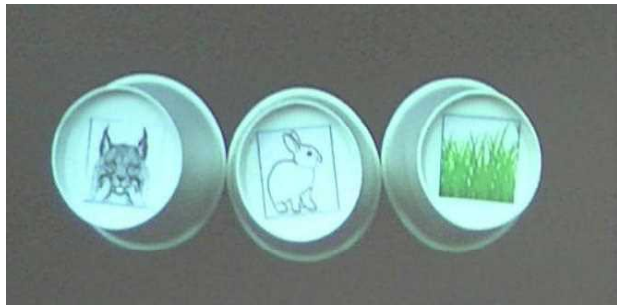


図2 モデル実験で用いた紙コップ

ウサギが植物を食べると植物のコップがウサギのコップの中に入り、ヤマネコがそのウサギを食べると重なった2つの紙コップがヤマネコの紙コップの中に入る。こうすることで、食べられた側の紙コップが見えなくなり、ウサギとヤマネコがそれぞれ1回「食べる」という行為を行った後の数量変化を、見えている紙コップの個数で示すことができる。

紙コップの操作の練習を行った後で、植物、ウサギ、ヤマネコの数量関係に関して、「植物10、ウサギ5、ヤマネコ2」、「植物5、ウサギ5、ヤマネコ5」、「植物10、ウサギ5、ヤマネコ5」の3つの数量関係を考え、この中のどれがウサギとヤマネコが最も長く食べ続けることができるバランスだろうかということ、モデル実験で検証した（図3）。

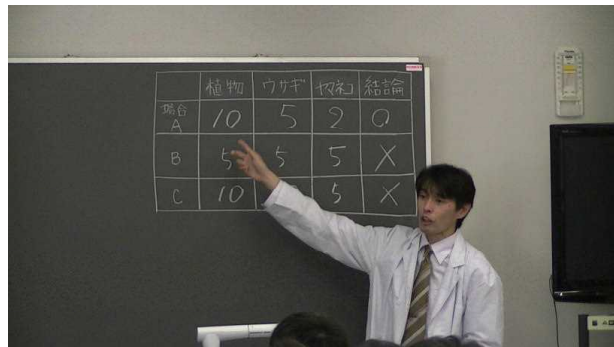


図3 モデル実験による検証

生徒はモデル実験を行う中で、「植物はすぐに生長するので、次に食べるまでに増えているのではないか」、「ウサギやヤマネコも、時間が経つと数が増えるのではないか」など、これまでの経験とモデル実験を結びつけて多面的に思考することができていた。

次にこの検証を基に、2つめの課題「もし、ウサギの数が一時的に増えると、数量関係はその後どのようなになるだろうか？」に取り組んだ。

「ウサギが一時的に増えたら」という条件ではじまった思考、協議であったが、今回「どの程度ウサギが増えるのか」ということや、「どのくらいの期間での変動を考えるか」という条件を生徒に提示しなかったため、生徒から様々な考えが出された。しかし、グループ協議を行う中でそれぞれの生徒が自分の考えについて根拠をもって説明できていたため、グループ内での協議は発散することなく、それぞれのグループがウサギの増え方や想定した期間について自分達で条件を想定しながら議論することができていた。「根拠を示して

表現する」ことを徹底したことにより、対話的に深い学びを行うことができたと考えられる。グループ間の意見交流でも、それぞれが根拠に基づいて説明することができていた(図4)。

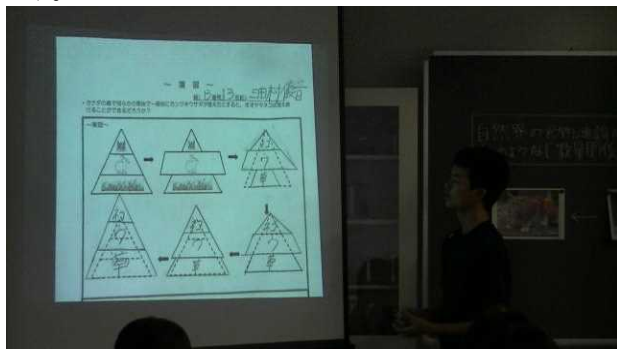


図4 グループ間の意見交流

最終的な授業のまとめとして、実際のヤマネコとウサギの個体数変動を調査したデータを提示し、自然界で突発的に起こりうるウサギの増加は、最終的にはもとのつり合いの状態に戻っていることについて説明した。生徒はそれまでに十分思考していたため、単純なグラフが提示された時点で、多くの生徒から納得する声が上がった。思考を深めたことによって図表の見方にも変化があったものと考えられる。

授業終了後に行われた研究協議では、「生徒が主体的に取り組み、思考していた」、「最後の個体数変動のグラフを見せたときに、あのグラフと生態系ピラミッドの対応について示す、または考えさせると、学びがより深まったのではないか」、「生徒達が様々な意見をもったときに、それぞれがどのような条件を想定していたかを聞いてみても良かったかもしれない」、「根拠をもって自分の考えを説明するという点については、生徒達はできていたように思う」といった意見が出された。昨年度も弟子屈町で本研究を実施していたこともあり、学校種間の交流が進んで互いの学校での教育活動に対する理解が深まったことや、小学校、中学校、高等学校の教員が「資質・能力」について議論できる環境が整ってきたこと、学校種間連携によっ

て12年間の生徒の育成を考えることができるようになったことなども、弟子屈町における本研究の成果と考えることができる。

4 化学領域における育成すべき資質・能力を踏まえた学習プログラム

化学領域については、本年度は高等学校を中心に取組を進めた。

化学領域においても、高等学校で育成を目指す資質・能力を「見通しをもって観察・実験などを行い、科学的に探究したり、科学的な根拠を基に表現したりする力」として議論を進めた。これに基づいて、高等学校の化学における学習プログラムを作成中である。次年度は作成した学習プログラムに基づいた授業実践を行うとともに、十勝管内の小学校、中学校、高等学校と連携して本研究を進める計画である。

おわりに

次年度については、新学習指導要領も踏まえて、小学校、中学校、高等学校の理科において育成すべき資質・能力を明確にし、評価可能なコンピテンスのレベルを想定してプログラムの開発を行うとともに、今年度作成したコンテンツーコンピテンシーマトリクスの見直し、改善を図っていきたい。

謝辞

今回の調査研究にあたり、弟子屈町教育委員会の小林俊夫教育長をはじめ、北海道弟子屈高等学校の木村浩士校長、三浦知道教頭、池浦真奈美教諭、弟子屈町立弟子屈中学校の佐藤敬喜校長、辻川智宏教頭、伊藤俊行教諭、弟子屈町立弟子屈小学校の佐野哲哉校長、茂木勇人教諭には研究協力校としてご協力いただき、会場の提供から指導案の作成に至るまで大変お世話になりました。この場を借りて厚く御礼申し上げます。

(かなもと よしひろ 調査研究部)

調査研究部

資料１ コンテンツ－コンピテンシーマトリクス（生物領域）

コンピテンシー コンテンツ		小学校		中学校			高等学校		
		見通しをもって観察・実験などを行い、問題を解決する力		見通しをもって観察・実験を行い、得られた結果を分析・解釈する力			見通しをもって観察・実験などを行い、科学的に探究したり、科学的な根拠を基に表現したりする力		
小学校	人の体のつくりと働き								
		観察する力	条件を制御する力						
中学校	生物の変遷と進化			始祖鳥の分類を考える					
				類推する力	根拠を示して表現する力	論理的思考力			
	生物と環境			食物連鎖をモデルで考える					
				類推する力	根拠を示して表現する力	モデル化して考える力			
高等学校	生物の体内環境						白血球の貪食を確認する実験を考える		
							批判的思考力	現象を科学的に分析する力	科学的な根拠を示して表現する力
	生物の多様性と生態系						遷移とバイオームの関連を考える		
							現象を科学的に分析する力	科学的な根拠を示して表現する力	

資料２ コンテンツ－コンピテンシーマトリクス(案)（化学領域）

コンピテンシー コンテンツ		高等学校		
		見通しをもって観察・実験などを行い、科学的に探究したり、科学的な根拠を基に表現したりする力		
高等学校	物質の変化	種類の異なる同じ濃度の酸について、pHの値が異なる理由について考える		
	溶解と平衡	水溶液の沸点が変化する要因について考える		
		抽出・整理した情報について、それらの関係性や傾向を見いだす力	原子・分子レベルで事象を捉える力	科学的な根拠を示して表現する力
	有機化合物の性質	有機未知資料の同定を最小手順で行う方法について考える		
		抽出・整理した情報について、それらの関係性や傾向を見いだす力	観察・実験の計画を評価する力	科学的な根拠を示して表現する力

資料3 弟子屈中学校の学習指導案（本時の学習）

3. 本時の学習

(1) 本時の目標

目 標	・植物、草食動物、肉食動物などの生物の数量的な関係が一定に保たれることについて根拠を明確にして説明することができる。（科学的な思考・表現）
-----	---

(2) 本時の展開

過程	学習活動	教師の主なはたらきかけ ◎発問 ●指示 ○説明	■評価規準 □評価方法 △努力を要すると判断される生徒への手立て															
前時	0. 道内のエゾシカの問題にふれる。 ・これからの授業に見通しと課題意識を持つ。 見通しを持って実習（実験）を行う工夫。	□道内のエゾシカの問題について説明をする。 （交通事故 ツツジヶ原の食害） ◎エゾシカの食害を解決するためには何を調べるとよいか？	エゾシカが植物を食べることも食物連鎖の一部であることに気づかせる。															
	予想される答え ・エゾシカの数进行調べる。 ・エゾシカを食べる動物を調べる。 ・エゾシカが食べる植物を調べる。 ・エゾシカと植物のバランスを調べる。																	
導入	1. 前時のエゾシカの食害について振り返る。	○エゾシカの食害を解決するためには動物の数を調べる必要があることを確認する。																
	2. 本時の課題を把握する。 課題：自然界の食物連鎖が続くための数量関係を考えよう。																	
	3. 食物連鎖紙コップの使い方の説明を聞く。 紙コップの種類： オオヤマネコ・カンジキウサギ・植物 4. 3種類の生物がどのような数量関係のときに生態系が維持されるかを考える。 身につけさせたい力 モデル化して考える力	◎カナダのある森で、食物連鎖が続くためにはヤマネコ、ウサギ、植物がどのような数量関係になればよいでしょうか？ ○紙コップの使い方の説明をする。 ルール：一つの動物につき1回だけ食べることができる。食べられた動物は食べた動物の下に重ねる。	<table><tr><td></td><td>ネコ</td><td>ウサ</td><td>植物</td></tr><tr><td>数量</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td></tr><tr><td></td><td>2</td><td>5</td><td>10</td></tr><tr><td></td><td>5</td><td>10</td><td>10</td></tr></table> △上の表のような3つの数量関係について、各班に配布したそれぞれ30個の紙コップを用いて考えさせる。		ネコ	ウサ	植物	数量	5	5	5		2	5	10		5	10
	ネコ	ウサ	植物															
数量	5	5	5															
	2	5	10															
	5	10	10															
	<table><tr><th></th><th>数量に注目</th><th>種類に注目</th></tr><tr><td>予想される答え</td><td>食べる生物より食べられる生物の数量の方が多くなくてはならない。</td><td>植物が最も多い。どの生物にも食べられない生物がもっとも少ない。</td></tr></table>		数量に注目	種類に注目	予想される答え	食べる生物より食べられる生物の数量の方が多くなくてはならない。	植物が最も多い。どの生物にも食べられない生物がもっとも少ない。											
	数量に注目	種類に注目																
予想される答え	食べる生物より食べられる生物の数量の方が多くなくてはならない。	植物が最も多い。どの生物にも食べられない生物がもっとも少ない。																
	5. 生態系の食物連鎖に関わる生物の数量はピラミッドの形で示すことができることを理解する。 6. 植物が増えた場合に生態系内の生物の数量の変化についてピラミッドの図を用いて考察する。 7. グループで出した結論を全体で交流する。	○生態ピラミッドの説明をする。 身につけさせたい力 類推する力 ◎何らかの理由で一時的にウサギが増えたとなると、ヤマネコは増え続けることができるだろうか？ ●他のグループの結論を聞いて、生物どうしの数量関係にどんな規則性があるか考えましょう。	△食べる、食べられるの関係だけとられず、それぞれの生物は生殖でふえることにも注意させる。 ・仲間の意見に耳を傾け、新たな気づきがあればメモをとらせる。 □【話し合いのようす・発表内容・ワークシート】 ■食物連鎖を生物の数量関係から考えた結論について根拠を明らかにして表現する。 ＜科学的な思考・表現＞															
	<table><tr><th>予想される結論</th><th>予想される理由</th></tr><tr><td>増え続けたい</td><td>ウサギが無限に増えないから。食べる生物の数量は食べられる生物の数量に左右されるから。 ウサギが増えたとウサギが食べる植物が減るから</td></tr><tr><td>増え続ける</td><td>ウサギが増えたと、ヤマネコが増えるから。</td></tr></table> 8. 生態ピラミッドは季節や条件によって変動はするものの長期的に見れば、ほぼ一定に保たれ、つり合っていることを理解する。	予想される結論	予想される理由	増え続けたい	ウサギが無限に増えないから。食べる生物の数量は食べられる生物の数量に左右されるから。 ウサギが増えたとウサギが食べる植物が減るから	増え続ける	ウサギが増えたと、ヤマネコが増えるから。	○生態ピラミッドの個体数の変動について説明をする。	身につけさせたい力 主体的に取り組み、根拠を明確にして説明する力									
予想される結論	予想される理由																	
増え続けたい	ウサギが無限に増えないから。食べる生物の数量は食べられる生物の数量に左右されるから。 ウサギが増えたとウサギが食べる植物が減るから																	
増え続ける	ウサギが増えたと、ヤマネコが増えるから。																	
まとめ	まとめ：自然界の食物連鎖が成り立つためには食べる生物よりも食べられる生物の数量が多くなければならない。 また、自然界ではそのバランスは一時的な変動があっても一定に保たれ、つり合っている。																	