

論文

小学校理科における教師の熟達化支援ツールの開発 —小学校教員志望学生の理科授業において—

Development of a Support Tool for Teachers Proficiency in Elementary School Science
— In Science Class Student of Teacher Training Course —

金沢 緑*¹

要約：本研究の目的は、小学校理科における教師の熟達化を支援するツールとして開発した「授業設計・評価マトリクス」が、教員志望大学生の熟達化に有効性であるか否かを検証することである。学生の熟達化は、教科内容の理解を前提にした授業イメージの構築にあると考えられる。授業における教師と学習者との相互関係をイメージし、授業設計する段階で作成する学習指導案の緻密さを熟達化の尺度とした。開発したマトリクスは、小学校理科における緻密な学習指導案の作成の基盤となるツールであり、設計マトリクス（能力×学習場面）と、評価マトリクス（能力×評価基準）という2つのマトリクスで構成した。学生は、マトリクスを作成する過程において、学習者の発達、個に応じた指導の内容、指導の方法を想定し、授業の案を練ることになる。本研究では、高等学校で理科の授業を受けてきたが、理科授業を行うことへのイメージを持っていない教員志望学生の、理科授業熟達化への有効性を検証する。調査対象の学生が、理科の学習内容を理解する過程でマトリクスを導入し、授業イメージの変容を分析した。その結果、学習指導案作成時に必要な事項、学習者の反応の質の記述についての変容が見られ、教員志望学生の授業イメージが高まることが明らかになった。このことから、「授業設計・評価マトリクス」は、小学校教員志望学生の理科授業における熟達化支援ツールとして有効であることが明らかとなった。

Key Words：授業改善 学習指導 授業イメージ 熟達化 自律性

1 問題の背景

科学技術振興機構理科教育支援センター（2009）の調査によれば、小学校教員の半数以上が理科の指導に苦手意識を持っており、理科に関する知識・理解や技能等の低さを自覚しているという。このような状況は以前から問題視されており、北村（1982）は、指導に自信が持てない、自然から学ぶことができないという問題点をあげ、学校での指導および教員養成課程での指導の改善が必要であると述べている。また、三崎（2003）は現職教師の理科授業を分析し、授業改善が必要であると述べているが、教員養成の段階でどのような指導が適切であるかまでは述べていない。

学習者の学びに着目した齋藤・黒田・森本（2009）は、Vygotsky（1986）による発達の最近接領域（Zone of Proximal Development）の考え方を取り入れた理科授業を分析し、科学概念の構築プロセスを自覚化させる理

科授業のデザインは、子どもの学習の自律化促進に有効であったとしている。しかし、齋藤らは問題解決学習を単元全体の中に組み込んでいるため、1時間の授業設計に見通しが持ちにくく、そのため理科に苦手意識を持つ教師には、授業設計をサポートするための具体的な手立ての研究にまでは至っていない。本研究ではこの研究における学習者の自律化促進という点から1時間の授業設計に資するツールを開発した。

Hatano & Inagaki（1986）は、教師の熟達化を定型的熟達と適応的熟達に分類している。定型的熟達者は、ある領域のことについて効率的に仕事をこなすことができるが、その知識や理解は、他の領域に転移することはない。これに対して適応的熟達者は、効率よく仕事をこなすことができるだけでなく、その知識や技能を他の領域の問題解決にも援用することができるとしている。従来型の学習指導から脱却し、自律的で探究的な学びをする学習者を育成するためには、学習者中心の学習指導（Soloway et al. 1994）を行う必要があり、そのためには、波多野（2000）が言うように、学習指導案を従来型から

2015年3月31日受付／2015年4月22日受理

*¹ Midori KANAZAWA
関西福祉大学 発達教育学部

学習者中心型に変容させ、それを可視化して学習指導案を書いたことがないような初心教員にも容易に書くことができるようにする手立てが必要である。しかし、波多野らの研究は「授業」について述べられたものであり、理科授業についての検討はされていない。

Hatano & Inagaki (1986) は、学習者中心の学習指導案をするためには、(a) 学習者の反応を想定して評価項目を作成し、学習者の学びを可視化する、(b) それに基づいた授業を行う、(c) 実際の学習者の反応と、想定した学習者の反応とを比較して省察を行う、(d) 目標に到達した学習者の自律的な学びを想定し支援が必要であるとしている。しかし、教員志望学生の熟達化を支援するため、適応的熟達者が持つ上記のような知識を、授業設計に必要な知識として具体化することまでは述べられていない。そこで、金沢 (2014) は、教師主導の学習指導案を、学習者中心の学習指導案に変容させるために、当該学年に育成すべき能力の知識を得るための定型的熟達ツールを開発し、現職教員についての有効性を検討した (金沢 2014b)。しかし、このツールが教員志望の大学生の学習指導案作成や、学習指導イメージに及ぼす影響についての実証的研究は行われていない。

2 研究の目的

上記の問題意識に基づき、本研究では、教員志望学生を対象に、開発した授業設計・評価マトリクスを用いて学習指導に必要な、上記 (a) : 学習者の反応を想定して評価項目を作成し、その反応を想定しておくことによって、授業イメージを持つことができるようになることを学生の熟達化の指標と規定してその効果を検証する。

従来型の学習指導案の評価基準は、国立教育政策研究所が作成、提示している評価規準に基づいており、Soloway らがいう、メタ知識を用いて探究し自律的に学ばせる基準の設定まではしていない。このため、これまでは、学習者個々の思考を集めた形で合意形成され、教師が示した目標達成に重点が置かれてきた。しかし、目標を達成するために、開発した評価ツールを用いて、理科の複数の単元で学習者の反応を想定した評価項目を作成し、理科の学習指導案を書いたことがないような大学生に有効であるかを検討する必要がある。

理科授業において、教師による質問・生徒の返答・教師による説明が授業の 48% を占めていたという研究がある (Bellack et al. 1966)。この授業スタイルでは、教師と代表して発言する学習者との知識伝達・確認に

よって進められるため、個々の学習者の学びが十分ではないという問題点が指摘されている。この問題を解決するためには、教師が学習者の学習の進捗度を把握し、個に応じた指導を行うことが肝要である。本研究を行うことにより、学習指導のイメージを持つことができない学生に、授業では、教師がどの場面でどのように指導と評価をするかを学習者の反応を想定することによって、授業イメージを促進する効果が現れると考える。

3 研究の計画と方法

本研究では、波多野 (2000) の適応的熟達化のプロセスを参考に、熟達化ツールを開発した。このツールを用いて、前述の目的を達成するために、教員志望の学生 39 名を対象に、事前アンケートにより、自分の受けてきた理科授業、理科の授業イメージ、理科の指導に対する意識について調査する。ツール導入の効果は、学生のレディネスによっても異なる可能性があるため、高等学校において物理、化学、生物、地学及び、理科総合の履修状況、理科に対する意識を併せて調査する。作成したマトリクスが、学習者の反応を想定し、授業をイメージして記述しているか、本時の目標は評価可能な記述になっているか、またその記述は学べき知識を踏まえて記述しているか、そのレベルは適当であるかについて検討する。

1) マトリクスの構造

理科における問題解決の授業は、育成したい知識や能力などの目標と、課題把握、仮説設定、観察・実験、結果交流、考察といった学習場面によって構成される。また、これら 2 点に加えて、評価の視点が必要となる。そこで、本研究ではこれら 3 つを授業設計における基礎的な要素ととらえることにした。目標については、単元の目標と本時の目標を示し、学習場面は、単元における学習過程と本時の学習過程とし、評価については、本時の目標のうち、単元内容に依存する知識をふまえた学習者の反応とした。基準とするのは、単元毎に異なる教科内容ではなく、能力に着目することにした。能力とは、比較、関係付け、条件制御と計画的な実験観察そして推論である。本研究では、能力、学習場面、評価の 3 つを軸として設定し、後述する授業設計・評価マトリクスを開発した。

授業設計・評価マトリクスは、表 1 に示す設計マトリクス (能力×学習場面) と、表 2 に示す評価マトリク

ス（能力×評価規準）とで構成した。このように、授業設計における基礎的な要素をマトリクスとして構造化することにより、適応的熟達者が持つ知識として波多野（2000）が提案している‘手続きの各ステップに意味を付与し、可能な選択肢から適切なものを選ぶ基準を提供する詳細で正確なメンタルモデルないしその構築を可能にする知識’につながると考えた。

設計マトリクスは、学習指導要領で規定された当該学年において育成すべき能力を、授業のどの場面で行うかといった授業展開の設計に用いる。一方、評価マトリクスは、学習者の能力レベルに応じてどのような指導をするかといった個々の学習者に応じた指導の設計に用いる。これらの詳細を以下に述べる。

評価基準の段階については、Galperin（1966）は5段階、Gagné（1977）は4段階の評価基準のレベルを見出している。本研究の評価マトリクスにおいては、問題解

決学習の過程を重視する立場から、松下（2012）における「能力をベースにしたカリキュラムの枠組み」の問題解決のレベルを参考に、レベル1からレベル4の4段階に設定した。具体的には、レベル1は育成すべき能力に達していない段階、レベル2は不十分な段階、レベル3はおおむね満足できる段階、レベル4は本時の学習をさらに追究することができる高度な段階とした。

このような枠組みに基づき、表3に示すように能力ごとに4段階の評価基準を設定し、評価マトリクスの作成に際して参照することにした。具体的には、教師は表2の形式に基づき、学習者を思い浮かべながら想定する学習者の反応を記述する。教師は学習者の反応を想定することによって、その反応を期待し、そのような発話を引き出すためにはどのような手立てが必要であるかを併せて考案する効果を期待している。

また、設計マトリクスにおける学習場面とは、課題把

表1 設計マトリクス（能力×学習場面）

能力	学習場面	課題把握	仮説設定	実験観察	結果交流	考察
比較（3年）						
関係付（4年）						
条件制御（5年）						
推論（6年）						

表2 評価マトリクス（能力×評価基準）

	レベル1	レベル2	レベル3	レベル4
能力	学年に応じて、表3の基準を記載			
	各レベルにおいて想定する学習者の発話を記入			

表3 評価マトリクス作成における基準

	レベル1	レベル2	レベル3	レベル4
比較	諸感覚により情報を得るのみで、比較することができない段階	得られた情報を比較できるが、整理が不十分な段階	課題に則した視点から得られた情報を比較できる段階	新たな課題を見だし比較しながら追究する段階
関係づけ	事象の変化に気付くが、要因には気付かない段階	変化に気付くが要因との関係把握は不十分な段階	変化の要因を見付け課題との関係に気付く段階	新たな課題を見だし変化の要因との関係を追究する段階
条件制御	観察や実験を計画通りできず、条件に気がつかない段階	計画通り実験や観察をするが、条件制御が不十分な段階	条件を制御し計画的に実験や観察ができる段階	新たな課題を見だし、条件制御しながら追究する段階
推論	結果について事実を述べることはできるが、推論まではできない段階	得られた結果から原因を推論するが、不十分な段階	得られた結果から条件制御の理由や原因を推論できる段階	複数の推論をし、モデル化したり、新たな問題を見出したりして課題を追究する段階

握、仮説設定、観察・実験、結果交流、考察といった問題解決学習の各過程に基づくものであり、能力とは学習指導要領解説書 理科編（文部科学省、2008）に示された理科で育成すべき、比較、関係付け、条件制御、推論という問題解決の能力である。具体的には、教師は表1の形式に基づき、時間配分を勘案しながら、学習場面毎にどのレベルの学習者を中心に指導するかを決定する。例えば、課題把握場面ではレベル1～2の学習者、観察・実験場面ではレベル2～3の学習者、結果交流場面ではレベル3の学習者、考察場面ではレベル2とレベル4の学習者を中心に関わる等、時間内にすべての学習者を指導する効果を期待した。

2) 実施協力者

教員志望の大学1年生、男子23名、女子16名、計39名を対象に実施した。

理科の履修状況は、物理1名、化学5名、生物10名、地学0名、理科総合23名であった。また、理科を得意とした学生は0であり、すべての学生が理科は苦手と回答した。

3) 内容

全員に理科のマトリクスの構造、使用法、想定する学習者の反応について説明を行った。第1回目および、8回目に学生にマトリクスを作成させ、以下の5点について比較した。①単元目標、②単元構成、③本時の目標、

④ 評価マトリクス、⑤実験イメージ。なお、評価マトリクスは想定する学習者のレベル毎に比較した。評価マトリクスの説明時には、表3に示した基準を提示し、具体的なイメージの共有化を図った。

4. 結果と考察

1) 単元目標の比較

単元の目標における学習者中心の記述、単元の学習過程における授業イメージ、本時の目標における評価の記述、評価マトリクスに記述された、想定される学習者の反応の記述とそのレベルを、マトリクス導入前1回目、導入後8回目で比較した。レベルの判定は、現職教師2名と筆者とで行い、意見が分かれたときには協議の上決定した。その結果を表5～表8に示す。

教員志望学生の事前事後テストの比較を表4に示す。テストの内容は、小学校理科の3年生から6年生までの理科の内容項目についての知識・理解を調査したものである。マトリクス導入前には、5%しか理解していなかったが、導入後には79%と向上した。学生のレディネスにおける差は、導入前が、0～20%、導入後は78～100%と、どちらも学生に理科の知識・理解が不十分な学生が多かったが、レディネスにおける差はないと言える。

まず、表5に示したように、単元目標が学習者中心の記述になっている割合は、学生のレディネスにかかわらず、導入前には、「水や空気は温められると温度が上が

表4 教員志望学生のレディネス

履修科目	学生のレディネス								全	
	物理 (1)		化学 (5)		生物 (10)		理科総合 (23)			
事前・事後	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後
人数	0	1	1	4	1	8	0	18	2	31
達成率 (%)	0	100	20	80	10	80	0	78	5	79

* 括弧内は学生人数

表5 単元目標における学習者中心の記述の比較

場面	学生のレディネス								全	
	物理 (1)		化学 (5)		生物 (10)		理科総合 (23)			
	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後
人数	0	1	1	5	0	8	0	16	1	30
達成率 (%)	0	100	20	100	0	80	0	70	3	77

* 括弧内は学生人数

ることを理解させる」,「金属と水を温めたとき, 温まり方が違うことが分かる」「水は冷やすと氷になることを知る」「空気は暖めると上に上がって行くことが分かる」など, 学習指導要領に書かれている, 指導すべき内容理解をさせることが指導であると考えていた. しかし, マトリクス導入後には, 「金属, 水及び空気を温めたり冷やしたりして, それらの変化の様子を調べ, 金属, 水及び空気の性質についての考えをもつことができるようにする.」といった, 学習指導要領4年生の学年目標部分を書き写しただけのものや, 「金属, 水及び空気は, 温めたり冷やしたりすると, その体積が変わること.」「金属は熱せられた部分から順に温まるが, 水や空気は熱せられた部分が移動して全体が温まること.」「水は, 温度によって水蒸気や氷に変わる. また, 水が氷になると体積が増えること.」といった一部を書き写している者が見られるようになった. マトリクス導入後の調査時には, 「金属, 水, 空気を温めたとき, 物質によって温まり方が違うことを, 温度との関係で整理し, 述べることができる」といった4年生で育成すべき, 「関連づける」能力育成の目標が書けるようになった.

化学・生物を履修した学生のマトリクス導入前の記述率が高いと言えるが, 内容は, 上記の記述程度であるため, 学生のレディネスは考慮しない. マトリクス導入後においては, 単元の目標を学習者中心の記述にできる学

生の割合が, 導入前には3%であったが, 77%に増加している. さらに, 目標の記述や質が深まっているといえる.

また, 表6に示したように, マトリクス導入前には, 単元の学習過程を, 学習指導要領に書いてある区分, すなわち, 4年生の「金属, 水, 空気と温度」であれば, 「金属, 水及び空気を温めたり冷やしたりして, それらの変化の様子を調べ, 金属, 水及び空気の性質についての考えをもつことができるようにする.

ア金属, 水及び空気は, 温めたり冷やしたりすると, その体積が変わること.

イ金属は熱せられた部分から順に温まるが, 水や空気は熱せられた部分が移動して全体が温まること.

ウ水は, 温度によって水蒸気や氷に変わる. また, 水が氷になると体積が増えること.」のように, ア, イ, ウの記述に1時間ずつ配分して, 3~4時間で完了すると考える学生がほとんどであった.

これは, 設計マトリクスを用いることによって, アの目標を達成するためには, 水, 空気, 金属を温める場合と冷やす場合があるため, それぞれの実験にかかる時間は各2時間程度必要で, その実験を行うまでに学習者に課題を設定させ, 仮説を設定させてから実験を行い, 得られた結果を交流して考察するなど, 少なくとも各3時間が必要であるため, 合計8~10時間必要になるといっ

表6 単元の学習過程における授業イメージの比較

場面	学生のレディネス								全	
	物理 (1)		化学 (5)		生物 (10)		理科総合 (23)			
	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後
人数	0	1	1	4	1	8	0	18	2	31
達成率 (%)	0	100	20	80	10	80	0	78	5	79

* 括弧内は学生人数

表7 本時の目標における記述の比較

場面	学生のレディネス								全	
	物理 (1)		化学 (5)		生物 (10)		理科総合 (23)			
	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後
評価可能記述	0	0	0	3	0	7	0	15	0	25
達成率 (%)	0	0	0	60	0	70	0	65	0	64
学習内容	1	1	4	5	5	8	7	19	17	33
達成率 (%)	100	100	80	100	50	80	30	83	44	85

* 括弧内は学生人数

た、具体的な授業イメージを持つことが可能になり、その結果、マトリクス導入前には、達成度は5%であったが、マトリクス導入後は79%に増加した。マトリクス導入後の学習過程の記述は、問題解決の授業展開をイメージし、適切に時間配分をした上で、決定することができるようになった。上記のように、設計マトリクスというフレームは、学生にとって問題解決の授業をイメージしやすくなるという効果が明らかになった。

表7に示したように、本時の目標における学生の記述のうち、学習内容についての記述は、マトリクス導入前には、44%、導入後は、85%であり、単元の内容についての達成度は高いといえる。さらに、本時の目標における記述が評価可能である割合は、導入前は0%であるのに対して、評価マトリクス導入後は64%となっており、マトリクス導入により学習者の反応を想定した評価可能な記述になっていることが明かである。例えば、4年生「金属の温まり方」では、マトリクス導入前では、「金属は熱せられた部分から温まることを理解する」「・・・に気付く」「・・・わかる」といった内容理解を評価する記述であったが、マトリクス導入後には、「金属は熱せられた部分から順に熱が伝わり全体が温まることを説明することができる。」「・・・図で表すことができる。」「・・・理由を述べるができる。」「・・・記述することができる。」などに変容し、評価可能な目標を設定することができるようになっている。

21世紀型学力養成の授業設計を行うためには、教師が教えたい内容を本時の目標として提示し、結果の予想を行った後、実験や観察をし、その結果から単元内容の理解を図ったことを評価して終了するといった教授型の授業からの変革が必要である。単元目標を達成するために学習者が課題を見だし、仮説を設定して、それを確かめるための実験や観察を行い、得られた結果を交流し

て、自分なりの考察を行うといった学習者自らが実験や観察に意味を付与して自分の言葉で考察を行う学習者中心の授業への変革である。

そのため、学習者の反応を想定して評価マトリクスを作成・可視化しておき、授業設計の中に学習者の変容を捉える視点を加味した緻密な授業設計を行う必要がある。本研究で用いた授業設計・評価マトリクスは、理科に苦手意識のある教師が、これを用いて学習指導案を緻密化させる効果（金沢 2014a）及び、学習者の反応レベルを変容させる効果（金沢 2014b）は、教員志望の学生の授業イメージ構築に有効であることが明らかになった。

表8に学生が作成した評価レベルを示した。数値は記述した学生数である。マトリクス導入前は、レベル1が28人（72%）、レベル2が18人（46%）であり、レベル3及びレベル4を記述した学生は0人（0%）であった。これに対してマトリクス導入後は、レベル1、レベル2が39人（100%）、レベル3が26人（67%）、レベル4は5人（13%）であった。

これは、マトリクス導入前の学生がイメージする学習者像は、「おもしろそう」「たのしそう」「もっとやってみよう」といった、レベル1にも達していない段階の記述が多く見られたためである。さらに、学年において育成すべき資質や能力についての知識が不足していたためと考えられる。前述した本時の目標を評価可能な記述するには、学習指導要領を参考にすることができたが、学習者の学年における発達段階、および認知レベルを的確に捉えられず、ほとんどの記述が、例えば4年生の、「水の温まり方」の単元で、「お湯がわいたら紅茶を入れる」「さわったら熱い」「やけどするから危ない」といった、生活体験から発せられるような学習者の反応を想定していた。

表8 評価の記述およびレベルの比較

レベル	場面		学生のレディネス							
			物理 (1)		化学 (5)		生物 (10)		理科総合 (23)	
	前	後	前	後	前	後	前	後		
レベル1	1	1	5	5	7	10	15	23		
レベル2	1	1	4	4	5	10	8	23		
レベル3	0	1	0	3	0	8	0	14		
レベル4	0	1	0	1	0	2	0	4		

* 括弧内は学生人数

マトリクス導入後は、「水の温度が低いとき、泡は出ないけど、温度が高くなると泡が出てくる」といったレベル3の記述や、「水を凍らせるとき、塩を氷にかけたら、温度がさらに低くなった。その塩水を沸騰させたら100度より高い温度で沸騰するのではないだろうか。やってみよう。」などの様な発展的なレベル4の反応を想定する学生も現れた。このように、マトリクス導入後においては、予想される学習者の反応の数が増加しており、想定される発話レベルの向上がみられ、質的に深まっているといえる。

以上のことから、理科に対する苦手意識を持つ教員志望学生において、評価マトリクスを導入すると、学習者のレベルを適切に判断し、想定する学習者の反応を記述するなどの授業イメージを持つ効果があったと考えられる。

5. 考察と今後の課題

1) マトリクスの有効性

本研究では、開発したマトリクスの有効性を検証するために、理科授業の経験のない39名の教員志望大学1年生を対象に、開発した評価ツールを用いさせた。学習指導の際、学習者の反応を想定して評価項目を作成し、それによって授業イメージを持つことができるか否かを検討した。そのため、波多野(2000)の適応的熟達化のプロセスを参考に開発した授業設計・評価マトリクスという熟達化支援ツールを用いて、自分の受けてきた理科授業、理科の授業イメージ、理科の指導に対する意識の変容について検討した。

マトリクス導入の効果は、学生のレディネスによっても異なる可能性があるため、高等学校において物理、化学、生物、地学及び、理科総合を履修した学生ごとに調査したが、履修状況における差異はみられなかった。また、マトリクス導入の効果測定するため、単元目標において学習者中心の記述となっているか、単元の学習過程において授業をイメージして記述しているか、本時の目標は評価可能な記述になっているか、またその記述は学べき知識を踏まえて記述しているか、評価においては、想定される学習者の反応の記述になっているか、またそのレベルは適当であるかについて検討する。

まず、マトリクス導入後の単元目標の記述においては、単元の目標を学習者中心の記述にできる学生数が、導入前には0～20%であったが、70～100%に増加している。さらに、目標の記述においても、質的に深まっている

といえる。

また、マトリクス導入前には、単元の学習過程を、学習指導要領に書いてある区分に1時間ずつ配分して、3～4時間で完了すると考える学生がほとんどであったが、設計マトリクスを用いて授業設計してみると、45分の授業時間中に達成できる目標には限りがあることがわかった。その結果、マトリクス導入前には、達成度は0～20%であったが、マトリクス導入後は78～100%に増加している。さらに、マトリクス導入後の学習過程の記述は、問題解決の授業展開をイメージし、適切に時間配分をした上で、決定することができるようになった。設計マトリクスというフレームは、学生にとって問題解決の授業の授業過程をイメージしやすくなるという効果が明らかになった。

次に、本時の目標における学習内容についての記述は、マトリクス導入前には、30～100%、導入後は、80～100%であり、単元の内容についての達成度は高い。さらに、本時の目標における記述が評価可能である割合は、導入前は0%であるのに対して、評価マトリクス導入後は60～70%となっており、マトリクス導入により学習者の反応を想定した評価可能な記述になっていた。21世紀型学力養成の授業設計を行うためには、教師が教えたい内容を本時の目標として提示し、結果の予想を行った後、実験や観察をし、その結果から単元内容の理解を図ったことを評価して終了するといった教授型の授業からの変革が必要である。単元目標を達成するために学習者が課題を見だし、仮説を設定して、それを確かめるための実験や観察を行い、得られた結果を交流して、自分なりの考察を行うといった学習者自らが実験や観察に意味を付与して自分の言葉で考察を行う学習者中心の授業イメージを持つことができるようになったからであると考えられる。

さらに、学生が作成した評価レベルの記述については、マトリクス導入前は、レベル1が72%、レベル2が46%しか記述できておらず、レベル3及びレベル4は0%であった。これに対してマトリクス導入後は、レベル1、レベル2ともに100%、であり、マトリクス導入前には見られなかったレベル3が67%、レベル4は13%であった。

このように、マトリクス導入後においては、予想される学習者の反応の数が増加しており、想定される発話レベルの向上が見られるなど、質的にも深まっていると考えられる。以上のことから、マトリクスを用いることに

より、学生は、漠然とした授業イメージから、学習者の学びを考慮した綿密な授業イメージを持つように変容したと考えられる。また、マトリクスを導入することにより、授業における学習者の発話のレベルを向上させるために、教師はどのような指導や支援をする必要があるかなど高度な考えを持つことが明らかになった。

一方で、教師志望の学生のレディネスにおける差異点としては、マトリクス導入後における学習者の想定反応レベルの記述の違いが挙げられる。物理や化学を履修した学生においては、マトリクス導入後も学習者の想定反応レベルは、不十分な段階であるレベル1と、レベル2が中心である。これに対して生物、理科総合を履修した学生においては、マトリクス導入後の学習者の想定反応レベルは、レベル1とレベル2に加えて、レベル3および、レベル4を想定する者が出現するようになっている。これは、数値に置き換えた記憶形態が多い教科を履修したものより、言語を用いて記述することの多い教科を履修したの方が記述に抵抗がすくなかったからではない後推察される。しかしながら、大きな差は見られなかったことから、学生のレディネスはマトリクス導入の効果に影響をおよぼさないことがあきらかになった。このことから、「授業設計・評価マトリクス」は、小学校教員志望の理科授業における熟達化支援ツールとして有効であることが明らかとなった。

2) 教員志望学生の熟達化の質に関する課題

Schwartz, Bransford & Sears (2005) は、熟達化のプロセスを具体的に検討する中で、定型的熟達者は効率性を追究することを重視するが、適応的熟達者は効率性と革新性の2軸において、高次に位置していると捉えている。革新性とは、波多野(2000)が述べるような学習者の状況を的確に把握し、臨機応変に授業を組み立て直す知識を持つ力量と捉えることができる。しかし、本研究における調査では、教員志望学生が対象であるため、授業イメージを持つことができることへの検討に留まった。また、授業設計段階における初心者から定型的熟達者へと向上した効果は見られたものの、実際の授業場面で、この変化を捉えることはできていない。

そこで、今後は、模擬授業を取り上げ、授業設計・評価マトリクスを導入することによって教員志望の学生の熟達がどのようになされるのかを縦断的に検討する必要がある。そのため、マトリクスを用いることによる、授業イメージ、授業設計、授業評価を学習者の学びの変容

から、マトリクスは、学生の熟達化の支援ツールとして有効であるか否かを縦断的に検討したい。

引用文献

- Galperin, P. Y. (1966). A method, facts and theories in the psychology of mental action and concept formation, In XVII the International Congress of Psychology. 24 symposium. Moscow. 守屋慶子(訳) ソビエト教育科学 27 明治図書, 89-94.
- Gagnié, R.M. (1977). *The conditions of learning* (3rd ed.), New York, Holt, Rinehart and Winston.
- 鈴木克之・岩崎信(監訳)(2007)「インストラクショナルデザイン」の原理, 北大路書房, 71-84.
- Hatano, G. & Inagaki, K. (1986). Two courses of expertise. In H. A. H. Stevenson, & K. hakuta (Eds.) *Child development and education in Japan*, 262-272, New York, NY: Freeman.
- 波多野 誼余夫 (2000) 「適応的熟達化の理論をめざして」『日本教育心理学会総会発表論文集』(42), s27.
- 科学技術振興機構理科教育支援センター (2009) 「小学校理科教育実態調査及び中学校理科教師実態調査に関する報告書」 Retrieved from http://rikashien.jst.go.jp/investigation/cpse_report_006.pdf.
- 金沢 緑 (2014a) 「小学校理科学習指導案作成ツール“授業設計・評価マトリクス”の開発」『日本教科教育学会誌』第 37 巻 第 3 号 61-69
- 金沢 緑 (2014b) 「小学校理科における熟達化支援ツールの開発」『広島大学大学院教育学研究紀要第一部』第 63 号 19-28
- 假屋園 昭彦・永里 智広・坂上 弥生 (2012) 「学習者の対話学習における教師の発問方法と評価規準の開発(1) —対話展開の予測もとづく教師の中心発問と対話への評価規準の開発—」『鹿児島大学教育学部教育実践研究紀要』第 22 巻, 101-115.
- 北村 文治 (1982) 「公立小学校における理科教育の問題点をさぐる」『科学教育研究』Vol. 6 (3), 6-11.
- 桐生 徹・久保田 善彦・水落 芳明・西川 純 (2009) 「学校現場における授業研究での理科授業検討会の研究」『理科教育学研究』Vol.49 (3), 33-43
- 松下 佳代 (2012) 「パフォーマンス評価による学習の質の評価 —学習評価の分析にもとづいて—」『京都大学高等教育研究』第 18 号, 75-114.
- 三崎 隆 (2003) 「学校における理科授業の現状と課題—新潟県下越地方における小学校への計画訪問を例に—」『北海道教育大学釧路港研究紀要』第 35 号, 37-50.
- 文部科学省 (2008) 『小学校学修指導要領解説 理科編』, 6月,

13.

大野陽子 (2013) 「日本語教師はどんな発問をするのだろうか
—教師の経験年数の違いによる発問の分析—」『三重大学国
際交流センター』第8号, 55-62

齋藤裕一郎・黒田篤志・森本信也 (2009) 「子どもの科学発達概
念構築に寄与する「発達の最近接領域」の理科授業における
機能に関する考察」『理科教育学研究』Vol. 50 (2), 51-67

Schwartz, D. L., Bransford, J. D. & Sears, D. (2005). Efficiency
and innovation in transfer. In J. Mestre (Ed.). *Transfer
of Learning: Research and Perspectives*. Information Age
publishing.

Vygotsky, L.S. (1932). *Thought and language* (A. Kozulin,
Trans.) Cambridge : MIT Press. 柴田義松 (訳) (1986) 『思
考と言語 (新訳版)』, 新読書社.