

小学校理科における教師の熟達化支援ツールの開発

金 沢 緑
(2014年10月2日受理)

Development of a Support Tool for Teachers Proficiency in Elementary School Science

Midori Kanazawa

Abstract: The purpose of this study was to investigate the effectiveness of “Lesson Design Matrix” as a tool to be accomplished science teacher in elementary school. The Lesson Design Matrix was composed of Design Matrix (competence and learning phase) and Evaluation Matrix (competence and evaluation criterion). Two elementary school teachers who were experienced or inexperienced performed two science classes with their own lesson plans. Teachers made lesson plans for the first classes without Lesson Design Matrix, and lesson plans for the second classes with this Matrix. The results indicated that number of imagined children’s responses increased significantly on both teachers. Furthermore, the imagined prospective children’s responses rose to higher level on the both second trial. These results were interpreted as clear evidence that Lesson Design Matrix is an effective tool for elementary school teachers to make elaborative science lesson plans.

Key words: elementary school science, lesson plan, instructional design, expertise

キーワード：小学校理科，学習指導案，授業設計，熟達化

1. 問題の所在と目的

平成20年1月の中央教育審議会答申では、理数教育の一層の充実が提言され、授業時数の増加、指導内容の充実、教師の専門性や資質の向上などがその具体として示された。しかし、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現状がある(科学技術振興機構理科教育支援センター，2009)。このような状況は以前から問題視されており、公立小学校における理科授業の問題点として北村(1982)は、教科書を教えるだけ、指導に自信が持てない、自然から学ぶことができない点をあげ、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、問題解決の授業になっていない、児童の実態および変容を把握していない、時間配分が不適切である、教師主導で教科書に示された観察・実験をそのまま行う、児童が観察・実験の必然性を意識していない等の問題点を指摘している。さらに桐生・久保田・水落・西川(2009)は、学校現場における授業研究会で活発に意見交換されるのは主として教授方法と教材についてであり、児童の学びが検討されていないという問題点を明らかにしている。

このような状況を踏まえ、児童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、理科に苦手意識を持つ教師には、授業設計

本論文は、課程博士候補論文を構成する論文の一部として、以下の審査委員により審査を受けた。

審査委員：森 敏昭(主任指導教員)，岡 直樹，
柴 一実

をサポートするための具体的な手立ての必要性を指摘している。

一方、Hatano & Inagaki (1986) は、教師の熟達化を定型的熟達 (routine expertise) と適応的熟達 (adaptive expertise) に分類している。定型的熟達者は、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。また、波多野 (2000) は、適応的熟達者が持つ知識として次の3つを挙げている。第1は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、第2は知識の結束性、特に手続き的知識と概念的知識の間の緊密な結合としての知識、第3はメタ水準の知識である。特にメタ知識により適応的熟達者が特徴づけられるとしており、これが目標に到達した学習者を自律的で探究的な学習者に育てるような複雑で高度なスキルの基礎となる (Lampert, 2001) と想定している。すなわち、① 手続きの各ステップに意味を付与しモデルの構築を可能にする知識は、基準のマトリクスをモデルとして1時間の学習の展開のマトリクスを児童の思考・表現のレベルに合わせて表現する知識に対応し、② 手続き的知識と概念的知識の間を結合する知識は、1時間の学習の展開の目標である科学的概念とそれを身につけさせる手続き的知識に対応し、③ メタ知識は、得られた知識や概念を用いて自律的に探究するための知識に対応すると考えられる。

ところが従来型の学習指導案によく書かれている評価規準は、国立教育政策研究所が作成、提示している評価規準の参考資料に基づいており、メタ知識を用いて探究し自律的に学ばせるレベルの設定はしていない。このため、理科の単元の目標を達成するために、教師が科学概念を伝達する授業が多く行われてきた。このスタイルは効率良く知識を伝達できる反面、あらかじめ設定した目標に向かい展開される予定調和の授業となりやすく、波多野 (2000) が言う適応的熟達者を育成することは難しい。

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児童を育成するためには、学習者中心の学習指導 (Soloway, E., Guzdial, M., & Hay, K. E. 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教員にも容易に書くことが出来るように

する手立てが必要である。従来、学習指導案の作成に際しては、教材、安全管理、教師の発問など、教授内容などに関する概念的知識を中心に検討されることが多く、子どもの学びに着目した指導案を作成するための手続き的知識については検討されることが少なかった。

上述の問題意識に基づき、小学校理科の学習指導案の作成時に使用するツールとして、授業設計・評価マトリクス (以後、マトリクスと表記) を開発した。

本マトリクスは、学習中に出現する児童の反応を想定し、設定した目標を達成させ、さらに自律的に学ぶ児童の育成を目指す授業設計と指導のあり方をサポートするためのツールである。すなわち、このマトリクスが学習指導案の緻密化を促進し、教師の熟達化を支援するための有効なツールとなり得るかを検証することが本研究の目的である。

2. マトリクスの構造

理科における問題解決の授業を計画するに当たっては、育成したい知識や能力などの目標の分析及び、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の検討などが重要である。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。但し、目標のうち、単元内容に依存する知識などは一般的な枠組みとして設定することができないため、本研究では、特に能力に着目することにした。そして、能力、学習場面、評価の3つを軸として設定し、表1に示す基準一覧、表2に示す評価マトリクス (能力×評価基準)、表3に示す設計マトリクス (能力×学習場面) で表した。

まず、表1に示した評価マトリクス作成に用いる基準一覧では、小学校の理科教育において各学年で重点的に育成したい能力と、その評価基準としてのレベルを整理した。ここでの能力とは、小学校学習指導要領解説理科編 (文部科学省, 2008) に示された理科で育成すべき、比較、関係づけ、条件制御、推論という問題解決の能力である。

表1 評価マトリクス作成に用いる基準一覧

	レベル1	レベル2	レベル3	レベル4
比較（3年）	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	新たな課題を見いだし比較しながら追究する段階
関係づけ（4年）	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に関係に気付く段階	新たな課題を見出し変化の要因との関係を追究する段階
条件制御（5年）	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	新たな課題を見いだし、条件制御しながら追究する段階
推論（6年）	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

表2 評価マトリクスの枠組み

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）						
関係づけ（4年）						
条件制御（5年）						
推論（6年）						

表3 設計マトリクスの枠組み

	レベル1	レベル2	レベル3	レベル4
育成したい能力	学年に応じて、表1の基準を記載			
児童の具体的な姿	各レベルにおいて想定する児童の反応を記載			

本研究では、教師の熟達化を、教師中心の知識伝達型学習指導から、学習者中心の知識創造型学習指導への変容プロセスと捉えている。具体的には、学習指導要領に基づき、1時間の学習の展開の学習を通してすべての児童が達成することを目指す水準をレベル3と設定した。そして、レベル2はレベル3にやや到達していない不十分な段階、レベル1はレベル3に全く到達し

ていない課題の大きい段階と設定した。一方、レベル4は1時間の学習の展開の達成目標であるレベル3を超えて学習をさらに追究することができる高度な段階とした。表2に示した評価マトリクスは、教師が学習指導案を作成する際、その前段階として作成するものとなる。評価マトリクスの作成においては、まず、表1に示した基準一覧を参考に、指導学年に基づく能力とそのレベルを設定する。そして、指導する学級の児童の状況を勘案しながら、レベルごとに予想される児童の反応を記述する。続いて、表3に示した設計マトリクスにおいて、指導学年に対応した能力の育成を学習の進行と併せて検討する。実際に教師が学習指導案を作成する際には、まず、表2の評価マトリクスに基づき、学級の児童の状況を想定して反応を記述する。次に、表3の設計マトリクスに基づき、各学習場面における児童の想定レベルを記入する。そして、これら二つのマトリクスを参照しながら、学習指導案における1時間分の学習の展開を検討していくことになる。

3. 有効性の検証方法

マトリクスの有効性の検証のため、理科の授業の経験年数と苦手意識が異なる2名の教師を対象に、マトリクス導入前後における学習指導案、及びその授業の分析を通して実施した。その詳細を以下に述べる。

3-1 実施協力者

マトリクスの導入が、経験年数や理科への苦手意識に違いのある教師に及ぼす効果を調べるために、異なる公立小学校において、4年生の理科を担当している2名の教師に協力を依頼した。教師Aは教師経験年数13年、理科の授業経験年数は10年で、理科の指導に苦手意識を持つ教師である。教師Bは教師経験年数26年で、すべての期間で理科を担当しており、理科の指導に苦手意識はない。マトリクス導入の効果は、教師のレディネスによっても異なる可能性があるため、本調査においては理科の指導に対する苦手意識の異なる教員を対象とし、導入前後の違いについても併せて検討する。

3-2 検証学級と単元

教師A及び教師Bが担任している小学4年生の学級において、マトリクス導入前後の2回の授業実践を調査対象とした。1回目のマトリクス導入前授業は、単元「季節と生き物」（平成22年5月）における1時間の授業であり、2回目のマトリクス導入後の授業は、単元「ものの温まりかた」（平成23年2月）における1時

間の授業であった。なお、教師A、Bそれぞれの学級は、どちらも平均的な公立の小学校4年生の学級であり、児童数は18人（教師A）及び20人（教師B）とほぼ同数である。

3-3 学習指導案の作成

マトリクスを使用しない1回目は、教師A、Bそれぞれが日頃の手順で「季節と生き物」における学習指導案を作成した。一方、マトリクスを使用する2回目は、学習指導案の作成前にマトリクスの構造とその使用方法について、第一著者が説明した。その後、教師A、Bそれぞれが「ものの温まりかた」の指導におけるマトリクスを作成した。そして、作成したマトリクスを参考にしながら、授業展開を検討すると共に、各学習場面において想定される児童の反応を書き込んで学習指導案を完成させた。

3-4 授業概要

マトリクス導入前の「季節と生き物」では、生物が生息している場所（教師Aは海、教師Bは川）で環境と生き物の関係を調査する内容であり、仮説を持って実験をし、結果交流の後、考察するという展開であった。また、マトリクス導入後の「ものの温まりかた」では、金属、空気、水はどのように温まるかを調べる内容であり、（教師Aは金属、教師Bは水）課題を把握した後、どのように温まるかを予想して実験を行い、結果を交流して既習事項と関連づけながら考察する授業であった。両教師とも1時間の学習の展開の課題を把握させ、仮説を設定した後に実験を行い、結果を交流して考察させるという展開であり、いずれの授業においても問題解決過程の5場面すべてが見られた。マトリクス導入前後の比較は、同学年、同単元、同一の授業内容で実施するのが望ましい。しかし、同一教師が翌年も同一学年を担当する可能性は少なく、授業対象である児童が変わる、といった比較検証における課題が生じる。また、本分析において主に着目するのは単元固有の知識ではなく、「関係づける」能力としたため、単元は異なっても比較は可能であると考えた。そこで、マトリクス導入前後の検証においては、授業内容が異なるものの、同一年度における同一学級を対象とした授業実践の結果を用いることにした。

3-5 分析の枠組み

マトリクス導入前後の学習指導案について、1時間の学習の展開の展開に記入されている、想定される児童の反応を整理した。また、マトリクス導入前後の2回の授業について、ビデオカメラとマイクを用いて教

師および、教師の関わった児童の全反応を収録した。そして、収録した教師および、教師の関わった児童の反応に基づき、逐語記録を作成した。分析においては、次の3点について比較した。①学習指導案に書かれた場面別の想定する児童の反応数とレベル、②実践授業で出現した場面別の児童の反応数とレベル、③実践授業における場面別の教師の発話数と質。

4. 結果

4-1 マトリクスと学習指導案

まず、教師Aは、マトリクス導入前の学習指導案では、実験場面に1例、結果交流場面と考察場面に1例の合計3例の想定した児童の反応を想定していた。マトリクス導入後では、課題把握場面に4例、仮説設定場面に2例、実験場面に2例、結果交流場面に3例、考察場面に8例記述されており、マトリクスを用いることにより、児童の反応を予想した緻密な学習指導案を立案することができたと考えられる。

教師Bが作成した評価マトリクスを表4に、マトリクス導入後の学習指導案を表5に示す。

表4 教師Bが作成した評価マトリクス（一部抜粋）

	レベル1	レベル2	レベル3	レベル4
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
想定する児童の反応	・水は下から温まる ・温まると色が変わる	・水が上の方からだんだん温まってくる。 ・温めたところから色が変わる	・温かくなったら水が動いたらサーモインクを使う ・水が動くのは温めている所からで、ぐるぐる回るから全体が温まる。	・あたたかい水がうごいて、熱を伝えながら全体が温まる。 ・金属の温まり方と違うのはなぜだろう。

表5 教師 B の2回目学習指導案（一部省略）

(L1～L4のレベルは、筆者が加筆)

	学習活動	予想される反応(☆)と教師の支援(・)
課題把握 仮説設定	1 水はどのように温まるのだろう	・本時の課題を確認する。 ・図に熱源の場所を印刷して意識させる
	2 水の動き方を予想し、イメージ図に描く。 	☆水は下から温まるだろう(L1) ・生活経験や既習事項からくる意味づけを大切にする。 ☆温めたところから色が変わるだろう(L2) ☆温かくなった水が動くだろうからサーモインクを使おう(L3)
実験	3 確かめ方を話し合い、解決方法別のグループで実験する。	・温まり方を視覚的にとらえさせ、温度との関係を見付けるよう、温度計・おがくず・サーモインク、アルコールランプ・実験用コンロ、電熱線を用意しておく ☆温めると下から上へ色が変わってきた(L2) ☆温めたところから動き始めた。(L3) ☆加熱方法が違っても同じだった(L3)
結果交流	4 全体交流により実験結果をまとめる。	☆動くのは熱が伝わっているからだろう(L3) ☆金属の温まり方と違うのはなぜだろう。(L4)
考察	5 話し合いから共通点を明らかにし考察する。	

4-2 学習指導案に出現した児童の反応数の比較

学習指導案に記述された、想定される児童の反応の数とそのレベルを、マトリクス導入前の1回目、導入後の2回目で整理し比較した。レベルの判定は、現職教師3名、大学院生1名と第一著者で行い、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6、表7に示す。

表6 マトリクス導入前後の学習指導案における想定される児童の反応数の比較（教師 A）

場面	レベル1		レベル2		レベル3		レベル4	
	前	後	前	後	前	後	前	後
課題把握	3	0	0	1	0	3	0	0
仮説設定	0	0	0	2	0	0	0	0
観察実験	0	0	0	1	0	1	0	0
結果交流	0	0	1	1	1	2	0	0
考察	0	1	0	1	0	3	0	3
合計	3	1	1	6	1	9	0	3

表7 マトリクス導入前後の学習指導案における想定される児童の反応数の比較（教師 B）

場面	レベル1		レベル2		レベル3		レベル4	
	前	後	前	後	前	後	前	後
課題把握	3	0	0	3	0	0	0	0
仮説設定	1	0	1	3	1	4	0	1
観察実験	0	1	1	2	0	2	0	0
結果交流	0	0	1	0	0	2	0	4
考察	0	3	1	4	0	4	0	4
合計	4	4	4	12	1	12	0	9

まず、教師 A の学習指導案では、表6に示したようにマトリクス導入前はレベル1が3記述、レベル2及びレベル3が各1記述、レベル4は記述無しであり、総数は5記述であった。また、想定されている学習場面は課題把握、結果交流の2場面のみであった。一方、マトリクス導入後では、レベル1が1記述、レベル2が6記述、レベル3が9記述、レベル4が3記述であり、総数は19記述であった。また、想定されている学習場面は、全5場面に広がっている。このように、マトリクス導入後においては、予想される児童の反応の数が増加しており、想定される学習場面の増加や、想定される発話レベルの向上など、質的にも深まっている。また、教師 B の指導案では、表7に示したようにマトリクス導入前は、レベル1が4記述、レベル2が4記述、レベル3が1記述、レベル4は記述無しであり、総数は9記述であった。一方、マトリクス導入後では、レベル1が4記述、レベル2が12記述、レベル3が12記述、レベル4が9記述であり、総数は37記述であった。

このように、マトリクス導入後においては、予想される児童の反応の数が増加している。さらに、想定される発話レベルも高くなっている。なお、想定されている学習場面は、導入前後ともに全5場面であった。

以上のことから、理科に対する苦手意識が異なる2名の教師双方において、マトリクス導入後は、学習指導案において想定される児童の反応の数が有意に増加するといえる。また、想定される発話レベルも高くなる傾向にあると考える。

4-3 実践授業の比較

マトリクス導入前後において、教師の発話および児童の反応の変容の有無を検討するために、教師および教師の関わった児童の全反応を収録し、収録したすべての発話の逐語記録を作成した。この際、1つとカウントする発話は1文を最長とし、発話者が文の途中で1回言葉を切った場合は、2つの発話とカウントした。授業における教師と子どものやりとりでは、途中で、「聞いている？」と注意を促したり、「前の時間に○○

君が言ったこと覚えている？」と既習体験の確認がされたりするなど、区切って話しているケースが多い。このような区切られた発話であっても、児童の理解を図ったり、考えを深めさせたり、意味を持たせながら発話しているときには、その都度1発話とカウントすることにした。このようにして整理した発話について、まずは児童の反応数とそのレベルを学習場面別に集計した。その結果を表8、表9に示す。

表8 実践授業における児童の反応数の比較 (教師 A)

場面	レベル1		レベル2		レベル3		レベル4	
	前	後	前	後	前	後	前	後
課題把握	11	3	7	6	1	2	0	0
仮説設定	2	12	2	10	0	11	0	0
観察実験	17	9	4	32	1	25	0	0
結果交流	3	0	11	4	1	12	0	0
考察	3	0	2	3	1	6	0	2
合計	36	24	26	55	4	56	0	2

表9 実践授業における児童の反応数の比較 (教師 B)

場面	レベル1		レベル2		レベル3		レベル4	
	前	後	前	後	前	後	前	後
課題把握	7	3	2	3	2	8	0	0
仮説設定	8	3	7	6	7	14	0	1
観察実験	18	7	30	15	23	30	0	7
結果交流	20	8	25	16	21	25	0	6
考察	10	6	6	23	13	32	1	11
合計	63	27	70	63	66	109	1	25

まず、教師 A の実践授業では、表8に示したようにマトリクス導入前はレベル1が36回、レベル2が26回、レベル3が4回、レベル4が0回であり、総数は66回であった。一方、マトリクス導入後は、レベル1が24回、レベル2が55回、レベル3が56回、レベル4が2回であり、総数は137回であった。このように、マトリクス導入後においては、児童の反応の数が増している。さらに、マトリクス導入前には確認できなかったレベル4の発話が、マトリクス導入後は2回確認された。また、教師 B の実践授業での児童の反応数は、表9に示したようにマトリクス導入前はレベル1が63回、レベル2が70回、レベル3が66回、レベル4が1回であり、総数は200回であった。一方、マトリクス導入後は、レベル1が27回、レベル2が63回、レベル3が109回、レベル4が25回であり、総数は224回であった。

マトリクス導入後の教師の発話数は、教師 A が、課題把握場面で16 (31)、仮説設定場面で26 (8)、観察実験場面で66 (36)、結果交流場面で27 (18)、考察場面で12 (7) であるのに対して、教師 B は、課題把握場面で14 (15)、仮説設定場面で26 (8)、観察実験場面で52

(42)、結果交流場面で52 (58)、考察場面で73 (55) であった。(括弧内はマトリクス導入前授業における発話数) 発話数の比較から、教師 A はマトリクス導入後には、課題把握場面に時間をかけることなく、効率的に授業を行ったことがうかがえる。一方、教師 B は、両授業の、どの学習場面においても発話数が多い傾向にあるが、特にマトリクス導入後の結果交流・考察場面で多く発話を行い、児童のレベルを向上させている。これは、結果交流場面で行った班活動の児童の議論を踏まえて、考察場面においても、教師が一方向的にまとめるのではなく、班ごとに児童に議論をさせてから学級全体で集約するという展開にしていることが一つの要因と考えられる。このように、班ごとの活動場面においても児童の反応数を増加させていることから、マトリクスの導入に伴い、教師が想定した児童の反応をもとに、個別に適切な指導をすることができたからではないかと考える。

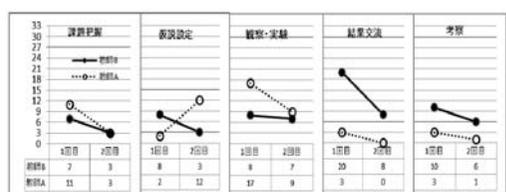


図1 実践授業における児童のレベル1の反応数の比較

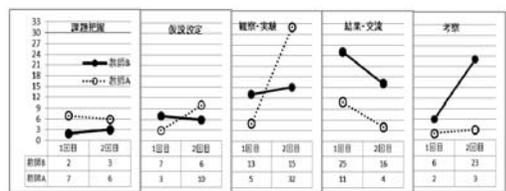


図2 実践授業における児童のレベル2の反応数の比較

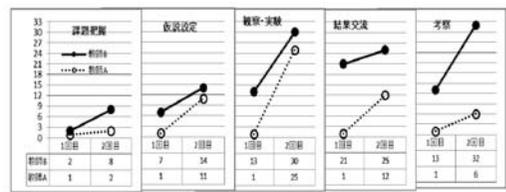


図3 実践授業における児童のレベル3の反応数の比較

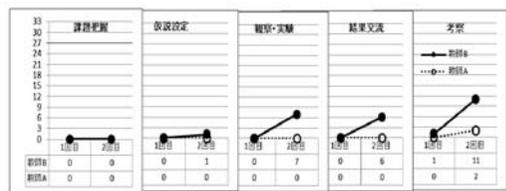


図4 実践授業における児童のレベル4の反応数の比較

次に、2回の実践授業で出現した児童の反応数をレベル別に整理して図1～図4に示した。

教師A・Bの授業ともにレベル3の反応が2回目に増加している(図3)。特に教師Bの授業ではレベル2が減少し、レベル4が増加しているという特徴が見られる(図1, 図4)。教師Aの授業では、すべてのレベルで反応数が増加し、特にレベル3の反応が増加している。このように、教師が想定したレベル3の児童の反応を増加させていることから、マトリクスの導入に伴い、教師が想定した児童の反応をもとに、個別に適切な指導をすることができたからではないかと考える。

以上のことから、マトリクス導入後は、授業における児童の反応レベルが向上する傾向にあるものの、理科に対する苦手意識が異なる2名の教師の発話には、質的な違いがあると考える。具体的には、マトリクス導入後は、教師Aの授業ではレベル2とレベル3の児童の反応の増加が結果交流場面で顕著であるのに対して、教師Bの授業ではレベル3とレベル4の児童の反応の増加が考察場面で顕著であるという違いである。

4-4 教師による発話の比較

前項までは、主にマトリクス導入前後における児童の反応レベルの違いを比較した。一方で、両教師の授業を場面ごとに比較すると、次のような相違点が見られた。それは、教師Aの授業では、観察・実験場面で児童の反応数が増加しており、教師Bの授業では、結果交流や考察場面で、レベル1の児童の反応が減少し、レベル3、レベル4の児童の反応が増加している点である(表10, 表11)。そこで、このような違いが生じた要因を検討するため、児童の反応レベルが向上した学習場面における教師の発話に着目して分析を行った。

授業における教師の発話や発問については、大野(2013)、假屋園ら(2012)のように国語科や道徳の授業での研究は多数実施されているものの、理科での教師の発話分析の研究はまだ少ない。そこで、假屋園ら(2012)の教師の指導的発問26分類(巻末資料1)を援用して分析を行うことにした。授業中の教師の発話を、この26分類に従って整理したところ、17種類の発話が見られた。しかし、假屋園らの分類のままでは教師の発話の特徴づけることができなかつたため、17種類の発話を、「指示的発話」「支援的発話」、假屋園らの分類にないものを「その他」として整理した。指示的発話とは、正解が一つの閉じた発問とし、「発話の促し」「他の視点の促し」「意見の確認」「論理の表現と確認」「現在の話題の確認」「疑義に基づく念押し」「課題について考える視点の提示」「軌道修正」「誘導型導き発

話」「連結型まとめ発話」の10種類を位置づけた。また、支援的発話としては、児童自身の考えを求める開いた発問とし、「次の段階への糸口」「むずびつけ発話」「課題へのつなげ発話」「児童の言葉の受け止め」「焦点化への問いかけ」「理由・根拠の掘り下げ」「内容への掘り下げ」の7種類を位置づけた。また、学級経営におけるルールの確認や注意喚起、学習規律遵守への注意など、假屋園らの分類に当てはまらない発話を「その他」とした。このような視点によって分類した、両教師の授業中の発話の集計結果を表10, 表11に示す(両教師の授業に見られた具体的な発話の例は、巻末資料2, 3を参照のこと)。

表10 実践授業における教師の発話の発容(教師A)

場面	指示的		支援的		その他	
	前	後	前	後	前	後
課題把握	18	5	1	1	12	10
仮説設定	2	10	0	3	6	13
観察実験	10	43	3	3	23	20
結果交流	8	16	2	3	8	8
考察	4	11	1	1	2	0
合計	42	85	7	11	51	51

表11 実践授業における教師の発話の発容(教師B)

場面	指示的		支援的		その他	
	前	後	前	後	前	後
課題把握	9	12	2	2	4	0
仮説設定	3	9	2	15	3	2
観察実験	15	19	26	30	2	3
結果交流	25	19	30	30	3	3
考察	27	27	27	45	1	1
合計	79	86	87	122	13	9

まず、教師Aでは、表10に示したようにマトリクス導入前は指示的発話42回、支援的発話7回、その他の発話51回であった。一方、マトリクス導入後は、指示的発話85回、支援的発話11回、その他の発話51回であった。このように、教師Aは、マトリクス導入前後の2回とも、教師の意図した内容に誘導する等の指示的発話と、その他の発話が多く見られた。特に、指示的発話については、「発話の促し」、「他の視点の促し」、「意見の確認」、「現在の話題の確認」、「疑義に基づく念押し」、「軌道修正」などが確認され、マトリクス導入後の増加が顕著である。これに対し、支援的発話はマトリクス導入の有無に関わらず少ない。また、確認された支援的発話は、「よくできた」「よく知っているね」などの知識や記憶に対する賞賛や、「それでいい」「そうだね」など、教師が想定している内容を

言い当てたことに対する「児童の言葉の受けとめ」がほとんどである。その他の発話は、「こっちを向いて集中」「早く来て」など学級経営に関わる発話や、学習のルールに関わる注意喚起の発話であった。

次に、教師 B では、表11に示したようにマトリクス導入前は指示的発話79回、支援的発話87回、その他の発話13回であった。一方、マトリクス導入後は、指示的発話86回、支援的発話122回、その他の発話9回であった。このように、教師 B は、支援的発話を多く用いており、その具体は、「その方法でああなたの仮説が確かめられますか（理由・根拠の掘り下げ）」「友達にもっと聞いてみたいことないですか（むすびつけ発話）」など、児童相互の発話を交流させるような後押し発言や、さらなる発言の奨励などであった。しかし、支援的発話ばかり用いているわけではなく、指示的発話も多く用いている。その具体は、「仮説の結果を予想してください（論理の表現と確認）」「そのことは何とどのように関係しているの（課題について考える視点の提示）」など、比較や関係づけを促す発話や、「今まで学んだことと関係はないかな（誘導型導き）」「人の発表を聞いて考えてください（連結型まとめ促し）」等、児童の反応を詳しくさせたり、他者との関わりを促したりするような発話である。これらの発話は、教師 A の授業において多く出現する、教師があらかじめ想定している正解に導く指示的発話とは異なり、児童の思考を深める意図を持って指示されていることがうかがえる。

5. 考察と今後の課題

5-1 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、理科の授業の経験年数や苦手意識が異なる2名の教師の授業を対象に、①学習指導案に書かれた学習場面別の想定する児童の反応数とレベル、②実践授業で出現した場面別の児童の反応数とレベル、③実践授業における場面別の教師の発話数と質、という3つの視点を用いてマトリクス導入前後で比較・分析した。これらの結果について、2名の教師における共通の傾向と、差異点に分けて検討する。

まず、2名の教師における共通の傾向として、マトリクスを導入することにより、学習指導案に書かれた想定する児童の反応数が増加し、そのレベルが向上することが明らかとなった。北村（1982）が指摘した、理科に関する知識・理解や技能等の低さは、「評価マトリクス作成に用いる基準一覧」を参考にしながら児童の反応を想定したため、自ずと児童に身につけさせ

るべき科学概念の内容項目についての知識・理解を深めることにより克服されたと考えられる。また、三崎（2003）が、問題解決の授業になっていない、児童の実態及び変容を把握していない、時間配分に問題があるとした課題は、設計マトリクスを作成する過程で、問題解決の学習過程と時間配分を自分なりに設計して授業を行うことで解消されたと考えられる。よって、両教師ともマトリクスを用いることにより、児童の学びを想定した学習指導へと変容したと考える。また、マトリクスを導入することにより、実際の授業における児童の反応のレベルが向上することが明らかとなった。

マトリクスを用いて得られた教師の熟達は、①能力レベルに段階をつけ、それに合わせて児童の反応を想定したため、教師は児童の反応を想定し、的確に見取ることができるようになった。②1時間の学習展開の目標である科学的概念とそれを身につけさせる手続き的知識を獲得することができた。③1時間の学習展開の目標を達成して、自律的に探究を始めるような、従来型授業では想定していないレベル4の児童を想定し指導できるようになったことであると考えられる。すなわち、児童の学びを熟慮した緻密な指導案を作成することによって、実際の授業における児童の学びの質を向上させていると考える。

一方で、2名の教師における差異点としては、マトリクス導入後における児童の想定発話のレベルの違いが挙げられる。理科の授業経験年数が10年で、理科の指導に苦手意識を持つ教師 A においては、マトリクス導入後も想定する児童の反応レベルは、不十分な段階であるレベル2と、おおむね満足できる段階であるレベル3が中心である。しかし、理科の授業経験年数が26年で、理科の指導に苦手意識の無い教師 B においては、マトリクス導入後の想定する児童の反応レベルは、レベル2とレベル3に加えて、1時間の学習の展開の学習をさらに追究することができる高度な段階であるレベル4が多く出現するようになっている。

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求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）が述べるような児童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。すなわち、教師 A は児童を目標達成レベルに引き上げており、定型的熟達（routine expertise）化傾向が見られ、教師 B は自律的で探究的なレベルの児童を多く育成しており適応的熟達（adaptive

expertise) 化傾向があると考えられる。

以上のことから、授業設計・評価マトリクスは、教師の熟達度によって効果の程度は異なるものの、小学校理科における教師の熟達化の支援に有効なツールであることが明らかになったと考える。

5-2 教師の熟達化の質に関する課題

マトリクス導入後における教師自身の発話において、教師 A は指示的発話が多いものの、支援的発話も増加傾向にある。教師 A の授業に出現した児童の反応レベルでは、レベル1が減少し、レベル2、レベル3の児童が増加しているが、レベル4には至っていない。一方、教師 B は、指示的発話と支援的発話の両者が増加しており、出現した児童の反応では、レベル1、レベル2が減少、レベル3とレベル4の児童が増加している。しかし、教師の発話が指示的か、支援的か、どのような発話であれば、児童の自律性を高め、探究的な学習者を多く育成する適応的熟達化が図れるのかは明らかになっていない。

今後は、教師の発話の質や発話のバランス、どのような発話が児童の反応を高めるのかを明らかにし、探究的な学習者を育成する適応的熟達化ツールを開発する必要がある。

【引用文献】

Bellack, A. A., Kliebard, H. M., Hyman, R. T., & Smith, F. L., Jr. (1966). *The Language of classroom*. New York : Teacher's College Press.

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.

波多野 (2011)

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.

假屋園昭彦・永里智広・坂上弥生 (2012) 「児童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―」『鹿兒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

Lampert, M. (2001) *Teaching Problems and the Problems in Teaching*. New Haven, CT : Yale University Press.

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.

Soloway, E., Guzdial, M., & Hay, K. E. (1994). *Leamer - Centered design : The challenge for HCI in the 21th century*. *Interactions*, 1, 36-48.

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.

資料1 教師の発問26分類（假屋園ら，2012）

1	発話の促し	11	次の段階への糸口	21	理由・根拠の掘り下げ
2	他の視点の促し	12	むすびつけ発話	22	内容への問いかけ
3	意見の確認	13	課題へのつなげ発話	23	誘導型導き発話
4	課題の確認	14	ひと言での言い換え	24	提示型導き発話
5	方針の確認	15	課題についてかみ砕いた言い換え	25	連結型まとめ発話
6	論理の表現と確認	16	児童の言葉の受け止め	26	まとめ促し発話
7	現在の話題と確認	17	軌道修正		
8	疑義に基づく念押し	18	対象への問いかけ		
9	課題についての具体例の提示	19	焦点化への問いかけ		
10	課題について考える視点の提示	20	児童の意見への反証		

※出現した発話はゴシックで表した。□部分は支援的発話，部分は指示的発話

資料2 教師Aの学習場面別の主な発話例

学習場面 能力	課題把握		仮説設定		実験観察		結果交流		考察	
	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目
指示的発話	・よく見てごらん(軌道修正⑦)	・どちらがよく分かれますか(現在の話題の確認⑦)	・予想は2種類です(2種類でどちらが正しいか(意見の確認③))	・予想していただき(疑問に基づく念押し⑧)	・予想のとおりです(疑問に基づく念押し⑧)	・変化にしているものを探してください(軌道修正⑦)	・実験の結果みんなの考えは大体同じだね(疑義に基づく念押し⑧)	・本当は～になるんだけどね(教科書を見てごらん(現在の話題の確認⑦))	・あなたの考えはみんなと同じですね(現在の話題の確認⑦)	・みなさんもそう考えましたね(疑義に基づく念押し⑧)
支援的発話	・よく覚えていたね(児童の言葉の受け止め⑩)	・よく知っているね(児童の言葉の受け止め⑩)	・いいこと言ってくれたね(児童の言葉の受け止め⑩)	・よくできたね(児童の言葉の受け止め⑩)	・そのとおりだね(児童の言葉の受け止め⑩)	・頑張っ(児童の言葉の受け止め⑩)	・すごい(児童の言葉の受け止め⑩)	・結果をわかりやすくまとめ(児童の言葉の受け止め⑩)		・さすがだね(児童の言葉の受け止め⑩)

括弧内は假屋園の教師の指導的発話26分類より授業に出現した17種類の発話

資料3 教師Bの学習場面別の主な発話例

学習場面 能力	課題把握		仮説設定		実験観察		結果交流		考察	
	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目
指示的発話	・あなたの予想と予想の結果を教えてください。(発話の促し?)	・今までの学んだことと関係はないかな。(誘導型導き?)	・あなたの仮説を証明するにはどんなものが必要ですか。(考える視点の提示⑩)	・仮説の結果を予想してください。(論理の表現と確認⑥)	・その意見でいいですか自分のと比べてみてください。(軌道修正⑦)	・そのこと何とどのよう(課題について考える視点の提示⑩)	・あなたの予想と予想の結果を教えてください。(発話の促し?)	・今までの学んだことと関係はないかな。(誘導型導き?)	・あなたの仮説を証明するにはどんなものが必要ですか。(誘導型導き?)	・人の発表を聞いてください。(連結型まとめ促し?)
支援的発話	・その予想は面白いね(児童の言葉の受け止め⑩)	・そのことはどんなことと関係していると考えますか。(むすびつけ⑫)	・自分で確かめながら言ってくね。(焦点化への問いかけ⑬)	・どんなことが確かめられますか(焦点化への問いかけ⑬)	・その方法であなたの仮説が確かめられますか。(理由・根拠の掘り下げ?)	・あなたは何を確かめるためにこの実験をしているの。(理由・根拠の掘り下げ?)	・自分の仮説と結果を友達と比べてください。(次の段階への糸口⑪)	・友達にもっと聞いてみたいことないですか。(むすびつけ⑫)	・自分で確かめる方法を言ってください。(課題へのつなげ⑬)	・もっと確かめたいことが見つかりましたか。(内容への問いかけ?)