

理科における共同体の知識発展を図る
学習環境デザインに関する研究

東京学芸大学大学院

連合学校教育学研究科

横浜国立大学

博士論文

学校教育学専攻 自然系教育講座

後藤 大二郎

目次

序章 研究の視点と解決への展望	1
第 I 部 理科教育の現代的課題と解決の視点	5
第 1 章 理科教育の現代的課題と求められている学力形成	6
第 1 節 学力観の変遷	6
第 1 項 静的な学力観	6
第 2 項 動的な学力観	8
第 3 項 生きる力と確かな学力観	9
第 4 項 育成を目指す資質・能力の明確化	11
第 2 節 現代理科教育における学力形成の課題	12
第 1 項 全国学力・学習状況調査（理科）から捉える学力	12
第 3 節 国際学力調査に見られる現代的学力観	19
第 1 項 PISA における科学的リテラシー	19
第 2 項 協同問題解決能力調査	25
第 3 項 OECD による 2030 年に向けた教育ビジョン	29
第 2 章 知識発展に関わる理論の変遷と定義	33
第 1 節 知識発展に関わる協働学習の変遷	33
第 1 項 相互学習法（reciprocal teaching）とジグソー（jigsaw）法	33
第 2 項 収斂説（convergence theory）	36
第 3 項 知識統合（knowledge integration）	37

第2節	知識発展を志向する共同体における学習の捉え	39
第1項	知識創造 (knowledge creation)	39
第2項	知識構築 (knowledge building)	42
第3節	本研究で取り扱う知識発展の具体	46
第3章	構成主義的理科教授・学習論を基盤とする学習環境デザインの視点	49
第1節	学習環境デザインと共同体	49
第1項	学習環境デザインにおける共同体の捉え	49
第2項	相対主義的科学観	52
第3項	学習科学の知見に基づく学習環境デザイン論	54
第2節	構成主義的理科教授・学習論への変遷	60
第1項	行動主義に基づく理科教授・学習論	60
第2項	構成主義に基づく理科教授・学習論	63
第3節	知識創造メタファーに基づく理科教授・学習論	74
第1項	参加メタファーに基づく学習論	74
第2項	知識創造メタファーに基づく理科教授・学習論	76
第II部	理科教育における学力形成を具現化する学習環境デザインとそれに基づく知識発展を図る理科授業デザイン	79
第4章	共同体における理科学習環境デザインフレームワークの開発	80
第1節	理科授業における学習環境デザイン論	80
第2節	探究の共同体による理科授業デザインフレームワーク	81
第1項	社会的側面	84
第2項	認知的側面	86
第3項	教授的側面	88

第3節	CoIのカテゴリ	89
第1項	社会的側面のカテゴリ	90
第2項	認知的側面のカテゴリ	90
第3項	教授的側面のカテゴリ	91
第5章	理科学習環境デザインに基づく理科授業デザインによる知識発展の具現化	93
第1節	CoIフレームワーク実践のための教授方略	93
第1項	教授的側面から捉えたCoIフレームワーク実践の7原則	93
第2項	理科学習環境デザインフレームワークに基づく理科授業デザインの開発	98
第2節	小学校理科における事例分析	99
第1項	授業実践の概要（小学校第3学年「音の性質」）	99
第2項	事例分析	101
第3節	学習環境デザインフレームワークに基づく理科授業デザインによる知識発展の具現化	114
第1項	理科授業デザインによる知識発展の具現化	114
第2項	CoIフレームワークによる理科学習環境デザインフレームワーク	117
第3項	学習環境デザインフレームワークに基づく理科授業デザインによる知識発展の具現化	118
第6章	理科学習環境デザインにおけるアセスメントと理科授業デザインの教授・学習方略	120
第1節	学習環境デザインフレームワークにおけるアセスメント	120
第1項	アセスメントの定義と子どもに求められるアセスメント	120

第2項	授業デザインの視点としての形成的アセスメントを機能させる フィードバックとループリック	122
第3項	アセスメントの3項アプローチ	126
第4項	アセスメントの3項アプローチを基軸とする理科授業デザイン の視点	130
第2節	アセスメントを基軸とした理科授業デザインの教授・学習方略に よる知識発展の具現化	131
第1項	授業実践の概要	131
第2項	結果及び考察	134
第3節	理科学習環境デザインにおけるアセスメントの機能と教授・学習 方略	144
第1項	理科授業デザインにおけるアセスメントの実態	144
第2項	アセスメントによる教授・学習方略	146
第3項	アセスメントを基軸とした理科授業デザインの教授・学習方略	148
第Ⅲ部	理科授業デザインによる人工物の創造過程とその分析	150
第7章	共同体における人工物の創造を促進する理科授業デザインの構想 ..	151
第1節	協働的知識構築のフェーズ	152
第2節	協働的知識構築モデルに基づく事例分析	156
第1項	授業実践の概要（小学校第3学年「かげと太陽」）	156
第2項	結果と考察	157
第3節	人工物の創造を促進する理科授業デザインの視点	169
第1項	理科授業から捉え直す協働的知識構築モデル	169
第2項	理科学習環境デザインフレームワークにおける授業デザインの 視点	174

第 8 章 人工物の創造を促進する対話的理科授業デザインの方略	177
第 1 節 対話促進についての教師の役割	177
第 1 項 協働的知識構築を目指す学級における対話促進についての教師 の役割	179
第 2 項 協働的知識構築を目指す学級における対話の促進	183
第 2 節 人工物の創造を促進する理科授業デザインの方略の具体的事例	186
第 1 項 授業実践の概要（小学校第 3 学年「光の性質」）	186
第 2 項 結果と考察	188
第 3 節 人工物の創造を促進する対話的理科授業デザインの教授・学習方略	203
第 1 項 協働的知識構築モデルにおける対話的理科授業デザインの方略	203
第 2 項 フェーズの移行に伴う対話的教授・学習方略の変容	204
終章 本研究のまとめ	207
引用・参考文献	210
謝辞	223

序章 研究の視点と解決への展望

本研究の主題は、「理科における共同体の知識発展を図る学習環境デザインに関する研究」である。子どもは学校において、他者と知識を共有しながら理科学習を行っていく。そこでは、談話によって共有された知識の意味について吟味され、知識が精緻化されたり拡張されたりして、発展していく。本研究では、このような知識を更新、発展させていく学習を成立させるための視点として、学習環境デザインに着目し、理科学習環境デザインフレームワークを開発する。さらに、このフレームワークに基づいた理科授業デザインとして、人工物の創造を促進する理科授業デザインについて検討する。

平成 30 年度全国学力・学習状況調査や経済協力開発機構（OECD）による PISA2015 調査によって、理科教育に関わる学力形成の課題が明らかになった。全国学力・学習状況調査では、実験結果を基にして、より妥当な考えに改善することや複数の情報を関連付けながら多面的に分析して考察することに課題があることが指摘された。PISA2015 調査では、科学的リテラシーにおける態度について、子どもたちが見つけた問題に対して学級全体で話し合うなど、授業の構造化やフィードバックについて改善の必要性が指摘された。これらの課題には、他者との関わり、仲間と協働的に知識を作り上げていく学習経験による解決が必要であると考えた。

このような課題の解決のために着目したのが、知識発展と、知識発展を図る学習環境デザインである。知識発展とは、共同体における問題を、協働的談話によって同定し、文化的人工物を協働的に構築することによって知識を発展させることである。知識発展は、他者と協働して知識を構成していく諸理論を包括して捉える概念である。知識発展を図るためには、文化的人工物の配置によってデザインされた学習環境が必要である。この文化的人工物は、共同体において構築され、実践を通じて絶え間なく再構成されていく。この学習環境において、学習者は環境との相互作用の中で思考し、内省を深めることによって、

共同体において構築された文化的人工物を媒介として、自律的に学習を発展・深化させることが可能になると考えられる。

そこで、本研究では、理科における知識発展を図る学習環境デザインフレームワークの開発と、このフレームワークに基づいた理科授業デザインの視点を明らかにすることを目的とする。

理科学習環境デザインフレームワークの開発では、批判的談話と内省を繰り返すことで意味ある教育的経験を形成する、探究の共同体フレームワークに着目する。探究の共同体フレームワークを理科学習において捉え直し、理科学習環境デザインフレームワークとして構成する。このフレームワークを基盤とする理科授業を構想し、実践を分析する。さらに、理科学習環境フレームワークにおける教授・学習方略としてアセスメントに着目し、理科授業デザインの実践及び分析を行う。これにより、理科学習環境デザインフレームワークを開発する。

理科授業デザインの視点について、協働的知識構築モデルに着目する。協働的知識構築モデルは、個人の理解と共同体における協働的知識構築の二つの段階からなる循環的なプロセスによって、文化的人工物の構築を意図したモデルである。これを援用した理科授業デザインを構想し、分析することによって、理科学習環境デザインにおける理科授業デザインの具体としての有用性を明らかにする。さらに、知識発展における教授方略として対話的教授方略に着目し、理科授業デザインの視点を明らかにする。

このようなアプローチから、本論文では、各章において以下に示す通り、議論を展開する。

第 I 部においては、理科教育の現代的課題と学習科学における知識発展と学習環境デザインについて精査し、その解決の視点を明らかにする。

第 1 章では、学校教育における学力観の変遷について概観し、理科教育に求められる学力形成について精査する。全国学力・学習状況調査の結果を精査し、我が国における理科教育における現代的課題を明らかにする。PISA 調査にお

ける科学的リテラシー調査及び協同問題解決能力調査について精査することにより、理科教育における現代的課題の中心について議論する。OECDによるEducation2030プロジェクトについて精査することで、共同体の知識発展を図る学習環境デザインの基盤となる教育の方向性について論考する。

第2章では、知識発展に関わる協働学習の理論の変遷を概観し、知識発展を志向する共同体における理科学習の視座となる諸理論を精査し、知識発展を定義する。知識発展の定義に基づき、次に示す6つの理論を精査する。相互学習法とジグソー法、収斂説、知識統合、知識創造、知識構築、及び協働的知識構築モデルである。これら知識発展を図る学習環境デザインの基礎となる理論と、知識発展を志向する共同体における学習について論考し、本研究における知識発展について議論する。

第3章では、知識発展を論じる基盤となる学習環境デザインの定義を明らかにし、知識発展を図る共同体を明確に位置付け、相対主義的科学観における科学概念の構成の意味について論考する。学習科学を基盤にしたブランズフォードら(Bransford et al.)の学習環境デザイン論を精査することで、学習環境デザインの視点を明らかにする。構成主義的教授・学習論の理論的背景としての、行動主義的教授・学習論から構成主義的教授・学習論への変遷について論考する。具体的には、ピアジェ(Piaget)の認知発達における心的構造、ヴィゴツキー(Vygotsky)の社会構成主義的学習論、コール(Cole)の文化-歴史的活動理論について論考する。その上で、共同体における人工物を構築する意味について、レイヴら(Lave et al.)の状況的学習論、エンゲストローム(Engeström)の拡張的学習論について論考する。

第II部においては、理科教育における学力形成を具現化する学習環境デザインとそれに基づく知識発展を図る理科授業デザインについて明らかにする。

第4章では、理科教育の現代的課題の解決に向けて、学力形成を具現化する学習環境デザイン論として、Garrisonが提唱している探究の共同体フレームワークについて検討する。このフレームワークは、社会的側面、認知的側面、教

授的側面からなる、批判的な談話と内省を意図的に形成するためのフレームワークである。多面的に分析や考察をしたり、妥当な考えに改善したりすることができる理科学習環境デザインフレームワークとしての有用性について論じる。

第5章では、理科学習環境デザインフレームワークに基づく理科授業デザインを行い、事例を基に議論することで知識発展の具現化について検討する。Garrison が指摘した探究の共同体フレームワーク実践の7原則を理科授業に適用し、文化的人工物が構築される過程と、探究の実践の原則の出現について分析し、考察する。それにより、知識発展の様態を明らかにする。

第6章では、理科学習環境デザインフレームワークを基盤とした、知識発展を志向する理科授業デザインの教授・学習方略について精査する。Vaughan et al.が提案した形成的アセスメント、相互アセスメント、自己アセスメントからなる三項アプローチを基軸に理科授業デザインを行い、3つのアセスメントと、理科学習環境デザインフレームワークの3側面の機能との関連について明らかにする。それにより、アセスメントを基軸とした教授・学習方略を論じる。

第Ⅲ部においては、理科学習環境デザインに基づく理科授業デザインの具現化として、人工物の創造過程を分析し、教授・学習方略について明らかにする。

第7章では、理科学習環境デザインを基盤に、共同体における知識発展としての人工物の創造を促進する理科授業デザインとして、協働的知識構築モデルに着目して、その具現化について精査する。子どもが協働的に文化的人工物を構築し、これを個人の理解に取り入れて、さらに精緻化した文化的人工物を構築している様態を明らかにする。その上で、知識発展を図るための理科授業デザインの視点について論じる。

第8章では、知識発展を図る理科学習環境デザインを基盤とした、文化的人工物の創造を促進する理科授業デザインの教授方略の具現化について精査する。対話的な教授方略として Gillies が指摘した対話的会話、根拠に基づく説明的会話、探求的会話、対話的教授を適用し、文化的人工物の創造が促進されるプロセスと教授方略を明らかにする。

第 I 部 理科教育の現代的課題と解決の視点

第1章 理科教育の現代的課題と求められている学力形成

本章では、理科教育において求められている学力形成について議論する。本節において、本論文において志向する学力形成について明らかにするために、学力観の変遷から現代に求められている学力について精査する。

第1節 学力観の変遷

第1項 静的な学力観

学校における学力を議論するにあたって、人間の諸能力と学校において測定される学力についての関係に言及した、勝田の指摘は注目に値する。

勝田は、「学校は、能力というものを、この子どもたちとこの子どもたちが住むべき未来の社会のために、どのようにとらえたらよいのかという切実な問いの前に立たされている」と述べ、学校が、「基本的には社会が要求する能力観に規定」されていることを指摘した（勝田，1990：49）。勝田は、ここで指摘された人間の諸能力について、図1.1に示す能力の分類と構造のモデルを提案した（勝田，1990：54）。このモデルでは、人間の能力を「労働の能力」、「社会的能力」、「感応・表現の能力」、及び「認識の能力」の4つに分類している。勝田は、

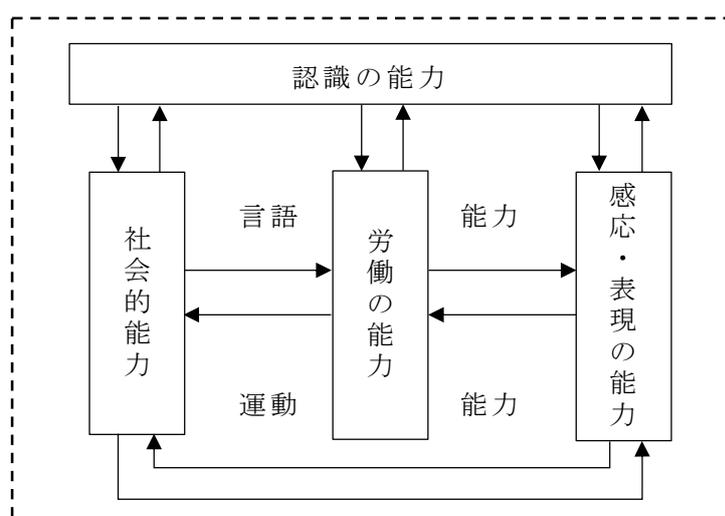


図 1.1 能力モデル（勝田，1990 を基に作成）

これらの能力について次のように説明している（勝田，1990：50-58）。労働の能力とは，一般に職業に関わる能力である。社会的能力とは，人間の諸関係を統制したり，調整したり，変革したりする能力である。感応・表現の能力とは，世界と感応しながら内的な状況を変化させ，それを外に向かって表現する能力である。認識の能力とは，科学的能力とも呼ばれ，自然と社会についての認識の能力である。この知的な能力は，現代社会に強く要求されており，学力と深い関連がある。それらが相互に関連しあい滲透し合っていることを，図 1.1 の矢印で示している。これらの能力は，言語能力及び運動能力によって支えられ全体が体制化している。認識の能力を「他の3つの能力に対して特殊な位置に立つ」とした上で，学力との関連を指摘している。

勝田は，学力を「成果が計測可能なように組織された教育内容を学習して到達した能力」（勝田，1972：374）と定義した。すなわち，「人間が学習しうる諸能力を分析し，学習の段階を明確に順序づける」ことで，「言語の能力，現実に対応する基本的な知識，知識や記号を操作して，より高い概念を構成する能力，問題を解決する直感的な把握力，それに基本的技術技能が，相互に関連しながら，しかも明確に区別された上で，組織されるという仕事」を通して，学力が定義されているという指摘である。勝田は，この定義について「人間の能力の全体が，量的にはかられることにつきるわけではありません」と説明し，「知性の発達や学習の効果に，情動的要因を含む全人間的状況が影響していること」を洞察した。その上で，「こういう洞察のもとで，はじめていわゆる『学力』を含んだ人間諸能力の発達の基礎が築かれなければならない。」と指摘している（勝田，1972：365-392）。

勝田の提案を概観すると，人間の能力は，測定可能ではない諸能力と計測可能なように組織された教育内容の学習により到達した能力があり，それらを総合的に発達させることが必要であることを指摘している。一方で，学力については，組織化されている知識をあらかじめ構成された内容をどれだけ獲得できているかという一点において捉えられていると解釈できる。理科教育の立場か

ら言えば、教師は科学的な知識を系統的に教えることになり、子どもは、教師の指示に従いながら教師が求めている知識や技能を取得することのみに注意が向かうのである。このような静的な学力の形成は、学力を狭義に捉える勝田の論考に典型的に現れる。勝田が指摘した「人間の諸能力」を学力に含める、学力観の見直しが図られていくのである。

第2項 動的な学力観

文部省は、平成元年度告示の小学校学習指導要領において「学校の教育活動を進めるに当たっては、自ら学ぶ意欲と社会の変化に主体的に対応できる能力の育成を図るとともに、基礎的・基本的な内容の指導を徹底し、個性を生かす教育の充実に努めなければならない」と、教育課程編成の一般方針を定めた(文部省、1989)。これまでの知識や技能を共通的に身に付けさせることを重視してきた学習指導を根本的に見直し、子どもたちが進んで課題を見つけ、自ら思考・判断・表現し、解決することができる資質・能力を重視する学習指導へと転換を図ったのである。これが「新しい学力観」である。勝田が指摘した「認識の能力」のみに深く関連する静的な学力観から、社会的能力や感応・表現の能力も含めた「人間の諸能力」として捉えた学力であると言える。梶田は、従来から学力として捉えられてきた知識・理解や技能を「見える学力」、関心・意欲・態度や思考力・判断力を「見えにくい学力」であるとして、図 1.2 に示す冰山モデルを提案した(梶田、1994: 86)。水面上に現れている「知識・理解」や「技能」は、水面下に隠れている「関心・意欲・態度」や「思考力・判断力・表現力」によって支えられている。水面下に隠れている部分の学力を充実させることによって、「自ら学ぶ意欲と社会の変化に主体的に対応できる能力」を育むことができるという考えである。梶田は、授業を通して新しい学力を身に付けていけるようにするためには、能動性、体験性、内面性の3つの側面を重視する必要がある、見えにくい学力である「関心・意欲・態度」や「思考力・判断力・表現力」が生まれ、「見える学力」を支える基盤として、機能していくと

主張した。このように、主体的に学習に取り組み、体験をもって実感を伴い、納得や本音を大切にする学習によって育まれる学力は、教師があらかじめ計画的に伝達し子どもに獲得されていく静的な学力とは異なり、動的な学力として捉えていくことが必要になる。したがって、教師の役割は、単に知識・技能を伝達するのではなく、子どもの学習に対する動機付けや方向付け、意味付け等を行う役割へと転換するのである。子どもは、自ら問題を見出し、問題解決を図る、能動的な学習者としての能力を身に付けていくことになるのである。

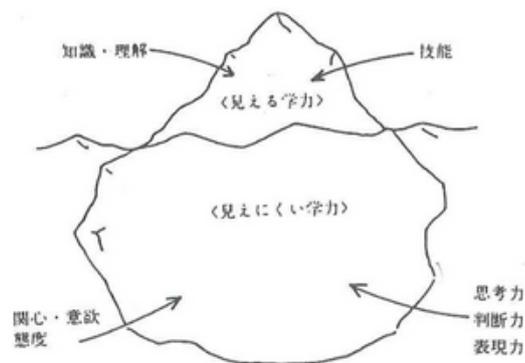


図 1.2 海面に浮かぶ冰山としての総合学力（梶田，1994：86）

第3項 生きる力と確かな学力観

新しい学力観は、平成8年中央教育審議会第1次答申において、「いかに社会が変化しようと、自分で課題を見つけ、自ら学び、自ら考え、主体的に判断し、行動し、よりよく問題を解決する資質や能力であり、また、自らを律しつつ、他人とともに協調し、他人を思いやる心や感動する心など、豊かな人間性であると考えた。たくましく生きるための健康や体力が不可欠であることは言うまでもない。」と述べ、こうした資質や能力を「生きる力」として示し、その育成を提言した（中央教育審議会，1996）。

生きる力は、確かな学力、豊かな人間性、健康・体力の三つの要素からなる力である。「確かな学力」とは、「知識や技能はもちろんのこと、これに加えて、

学ぶ意欲や自分で課題を見付け、自ら学び、主体的に判断し、行動し、よりよく問題解決する資質や能力等まで含めたもの」と定義付けられている（文部科学省，2003）。「確かな学力」観は、新しい学力観において、知識・技能の習得など、基礎・基本の徹底がおろそかになっているのではないかという問題点の指摘から、提起されたものであり、2003年に実施された経済協力開発機構（OECD：Organization for Economic Cooperation and Development）による国際学力調査 PISA（Programme for International Student Assessment）調査の結果によって、その重要性が確固たるものになった。PISA 調査は、OECD の DeSeCo（Definition and Selection of Competencies）プロジェクトの提案した「キー・コンピテンシー（key competencies）」を基盤とした知識や技能が、義務教育修了段階においてどの程度身に付いているのかを測定するための国際的な学力調査である。キー・コンピテンシーとは、「道具を相互作用的に用いる（Using tools interactively）」、「異質な集団で交流する（Interacting in heterogeneous groups）」、及び「自律的に活動する（Acting autonomously）」の三つのコンピテンシーから成り、それぞれが相互に関連しあい、組み合わせあって機能する（OECD，2005）。すなわち、社会生活を営む上で、協働して課題に取り組み、問題解決を図っていくために必要な、質の高い学力として定義されているものである。

確かな学力観について、中央教育審議会では「基礎的な知識・技能の育成（いわゆる習得型の教育）と、自ら学び自ら考える力の育成（いわゆる探究型の教育）とは、対立的あるいは二者択一的にとらえるべきものではなく、この両方を総合的に育成することが必要である」と説明された（中央教育審議会，2005）。

さらに、2007年6月に公布された学校教育法の一部改正により義務教育の目標が具体的に示されるとともに、小・中・高等学校等においては、「生涯にわたり学習する基盤が培われるよう、基礎的な知識及び技能を習得させるとともに、これらを活用して課題を解決するために必要な思考力、判断力、表現力その他の能力をはぐくみ、主体的に学習に取り組む態度を養うことに、特に意を

用いなければならない」と定められた（学校教育法，2007）。これにより、「基礎的な知識及び技能」，「これらを活用して課題を解決するために必要な思考力，判断力，表現力その他の能力」，「主体的に学習に取り組む態度」の学力の三要素が示された。これにより，学力の三要素のバランスの取れた育成が一層重視されることになった。そこでは，習得・活用・探究という学びの過程の中で，記録，要約，説明，論述，話し合いといった言語活動や，他者，社会，自然・環境と直接的に関わる体験活動等を重視することとされ，そのために必要な授業時数も確保された（中央教育審議会，2016：4）。これらの取り組みを経た2009年のPISA調査では，読解力，数学的リテラシー，科学的リテラシー全てにおいて，前回調査より平均得点が上昇し，一定の改善傾向が見られることになった（文部科学省，2010）。

第4項 育成を目指す資質・能力の明確化

近年，知識や情報，技術をめぐる変化の速さは加速度的となっている。それに伴い，情報化やグローバル化などの社会変化が，人間の予想を超えて進展するようになってきている。情報技術や人工知能の急速な進化によって，これからの社会は予測が困難な未来が待ち受けている。このような変化の激しい社会において，「様々な情報や出来事を受け止め，主体的に判断しながら，自分を社会の中でどのように位置付け，社会をどう描くかを考え，他者と一緒に生き，課題を解決していくための力の育成が社会的な要請となっている」（中央教育審議会，2016：11）。

中央教育審議会は，「生きる力」の理念を具体化するために，教育課程を通じて育成を目指す資質・能力を三つの柱として整理した。「何を理解しているか，何ができるか（生きて働く「知識・技能」の習得）」，「理解していること・できることをどう使うか（未知の状況にも対応できる「思考力・判断力・表現力等」の育成）」，「どのように社会・世界と関わり，よりよい人生を送るか（学びを人生や社会に活かそうとする「学びに向かう力・人間性等」の涵養）」である。

三つの柱に示された資質・能力は、静的な学力観で示されていた個人において測定可能な学力のみでは、到底捉えることのできない、他者との相互作用によって育まれていくものである。そのため、学びの質の向上のために「主体的・対話的で深い学び」の実現が求められる（中央教育審議会，2016：49-53）。主体的な学びとは、「学ぶことに興味や関心を持ち、自己のキャリア形成の方向性と関連付けながら、見通しを持って粘り強く取り組み、自己の学習活動を振り返って次につなげる」学習である。対話的な学びとは、「子供同士の協働，教職員や地域の人との対話，先哲の考え方を手掛かりに考えること等を通じ、自己の考えを広げ深める」学習である。深い学びとは、「習得・活用・探究という学びの過程の中で、各教科等の特質に応じた「見方・考え方」を働かせながら、知識を相互に関連付けてより深く理解したり、情報を精査して考えを形成したり、問題を見いだして解決策を考えたり、思いや考えを基に創造したりすることに向かう」学習である。

これらは我が国において、いずれの学習においても、学級など一緒に学習する仲間によって構成される共同体において、協働的に学習に取り組むことにより、価値を創造し知識を発展させていくことの重要性が指摘されたのである。

第2節 現代理科教育における学力形成の課題

第1項 全国学力・学習状況調査（理科）から捉える学力

理科教育において求められている学力について議論するにあたり、前節では学力観の変遷を概観した。学校教育法の一部改正された2007年から確かな学力観の下で、全国学力・学習状況調査が開始された。本節では、全国学力・学習状況調査から見られる学力形成の課題について議論する。

全国学力・学習状況調査は、平成19年から毎年、文部科学省が、小学校第6学年及び中学校第3学年の子どもを対象として実施している。平成24年度は、初めて理科における学力状況調査が実施された。以降、平成27年度及び平成30年度に実施されている。これらは理科教育における子どもの学力形成を議論

する上で、重要な意味をもつものである（国立教育政策研究所，2018a：6）

（1）平成24年度全国学力・学習状況調査（理科）

平成24年度は、これまで国語・算数のみだったものが、初めて理科が実施された年である。問題は、「主として「知識」に関する問題」と「主として「活用」に関する問題」の2つから構成されている。理科については、「知識」と「活用」を一体的に問う形の調査となっている（国立教育政策研究所，2012a：6-7，2012b：6-7）。

主として「知識」に関する問題では、理科に関する基本的な見方や概念などに関する「知識」として問うもの、理科に関する基本的な観察・実験の「技能」に関する知識として問うものである。主として「活用」に関する問題では、理科に関する知識・技能を「適用」することを問うものであり、それをを用いて「分析」「構想」「改善」することを問うものである。

表1.1は、本調査の分析によって指摘された課題である（国立教育政策研究所，2012c：18，国立教育政策研究所，2012d：19）。すなわち、平成24年度学力・学習状況調査において、基礎的・基本的な知識や技能を活用して、自分の予想や仮説を立て、それを検証するための観察・実験を計画・実行することや、結果などを整理・分析した上で、解釈・考察し、説明することに対する課題が明らかとなった。

表 1.1 平成24年度全国学力・学習状況調査における理科の課題

	課題
小学校	<ul style="list-style-type: none">・観察・実験の結果を整理し考察することに課題がある。・科学的な言葉や概念を使用して考えたり、説明したりすることに課題がある。

中 学 校	<ul style="list-style-type: none"> ・観察・実験などにおいて、定量的な取り扱いをすることに課題がある。 ・日常生活や社会の特定の場面において、理科に関する基礎的・基本的な知識や技能を活用することに課題がある。 ・基礎的・基本的な知識や技能を活用して、観察・実験の結果などを分析し解釈することに課題がある。 ・基礎的・基本的な知識や技能を活用して、仮説を検証するための観察・実験を計画することに課題がある。 ・基礎的・基本的な知識や技能を活用して、根拠を基に、他者の計画や考察を検討し改善することに課題がある。
-------------	--

(2) 平成 27 年度および平成 30 年度全国学力・学習状況調査（理科）から捉える学力

平成 27 年度及び平成 30 年度にも、全国学力・学習状況調査（理科）が実施された。平成 24 年度と同様に、国立教育政策研究所教育課程研究センターが、小学校第 6 学年及び中学校第 3 学年の子どもを対象として実施した。平成 24 年の調査を踏まえた継続的な学力状況調査を実施することにより、全国的な児童生徒の学力や学習状況を把握・分析し、教育施策の成果と課題を検証し、その改善を図り、このような取り組みを通じて、教育に関する継続的な検証改善サイクルを確立することを目的としている（国立教育政策研究所，2016a：2）。

表 1.2 に、過去 3 回の調査結果を示す（国立教育政策研究所，2016b，2018）。小学校においては、平成 24 年度の平均正答率が 61.1%，平成 27 年度は 61.0%，平成 30 年度は 60.4%であった。中学校は、平成 24 年度が 52.1%，平成 27 年度は 53.5%，平成 30 年度は 66.5%であった。

平成 30 年度中学校理科の調査から、「習得した知識・技能を活用して、観察・実験の結果を分析して解釈することには改善が見られる」と指摘されている（国立教育政策研究所，2018：4）。具体的には、軟体動物を指摘すること、物質を原子の記号で表すこと、植物の蒸散を指摘することや結果を分析して解釈し、課題

に正対した考察を記述した空欄に適切な言葉を選択する設問において、改善が見られたことが明らかとなった。小学校理科においても、「観察,実験の結果を整理し分析して考察することができている」と指摘されている（国立教育政策研究所, 2018 : 4）。

表 1.2 全国（国公私）の平均正答率
（国立教育政策研究所, 2016b, 2018a を基に作成）

	小学校	中学校
平成 24 年度	61.1%	52.1%
平成 27 年度	61.0%	53.5%
平成 30 年度	60.4%	66.5%

表 1.3 に、平成 27 年度及び平成 30 年度の分析によって指摘された課題を示した（国立教育政策研究所, 2018a : 4）。これまでの学力・学習状況調査において指摘されていた結果の整理・分析・解釈については、一定の改善が図られた一方で、実験結果を根拠に定量的に捉えたり、妥当な考えに改めたりすることや実験を構想したり計画したりすることに課題があると言える。

具体的に小学校理科の問題例を図 1.3 に示し、子どもの学力状況について説明する（国立教育政策研究所, 2018b : 24-39 : , 2018c : 32-38）。

この問題は、川を対象として、流れる水の働きと土地の変化の考え方に関する内容を扱った。

設問（1）は、堆積作用について、科学的な言葉や概念を理解しているかどうかを見る「知識」の枠組みの選択式の問題である。正答率は、83.7%であった。

表 1.3 平成 27 年度及び平成 30 年度の分析によって指摘された課題

	平成 27 年度	平成 30 年度
小学校	<ul style="list-style-type: none"> ・観察・実験の結果を整理し考察することについて、実験の結果を示したグラフを基に定量的に捉えて考察することに課題がある。 ・予想が一致した場合に得られる結果を見通して実験を構想したり、実験結果をもとに自分の考えを改善したりすることに課題がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・観察・実験の結果を整理し分析して考察した内容を記述することや、予想が確かめられた場合に得られる結果を見通して実験を構想したり、実験結果を基にしてより妥当な考えに改善したり、その内容を記述することに課題がある。
中学校	<ul style="list-style-type: none"> ・特定の質量パーセント濃度における水溶液の溶質の質量と水の質量を求めることに依然として課題がある。 ・「化学変化を表したグラフ」や「実験結果を示した表」から分析して解釈し、変化を見いだす事は良好であるが、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は課題がある。 ・課題に正対した実験を計画することや考察することに課題がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・実験や条件制御等において、自分や他者の考えを検討して改善することに課題がある。 ・自然の事物・現象に含まれる要因を抽出して整理し、条件を整理して実験を計画することに課題がある。

2) かつやさんたちは、川のように水を安全に流す方法を観察しています。



かつやさんは、自分が立っている岸と向こう岸のようすのちがいに気づき、このちがいが生じる原因を次のように予想しました。

流れる水はたふらにより、川が曲がっているところの
外側では地面がけがられて、内側では流れてきた土や石を
積みかさねるからだと思うよ。

(1) かつやさんの予想にあるような、流れる水の「土や石を積みかさねる」はたふらと付合いますか。そのことばを下の 1 から 3 までの中から 1 つ選んで、その番号を書きましよう。

- 1 たい積
- 2 運ばん
- 3 しん食

よし子さんは、川を流れる水の速さと地面のけずられ方について、次のように予想しました。

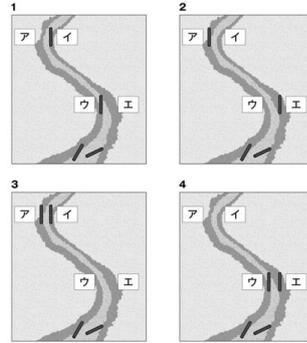
川を流れる水の速さは、川の上のほうから下のほうへ流れていくほど速くなると思うから、川の上のほうでは、川が曲がっているところの外側も内側もけずられないけれど、川の下の方では、外側も内側もけずられると思うよ。

そこで、よし子さんは、自分の予想を確かめるために、下の図の方法で実験することにしました。

実験方法

- ①土を入れた箱をかむけて置き、右の図のような曲がっているところがあるみぞをつくる。
- ②曲がっているところの外側と内側に棒を立てる。
- ③ビーカーの水を流す。
- ④棒のようすを観る。
- ⑤1回ごとに土や棒を元にもどし、3回実験する。

(2) よし子さんの予想が正しければ、アからエに立てた棒は、どのようなこと考えられますか。下の 1 から 4 までの中から 1 つ選んで、その番号を書きましよう。



よし子さんが実験した結果は、下の表のようになります。

実験結果

ア	1回目 たおれた	イ	1回目 たおれない
	2回目 たおれた		2回目 たおれた
	3回目 たおれた		3回目 たおれない
ウ	1回目 たおれない	エ	1回目 たおれた
	2回目 たおれた		2回目 たおれた
	3回目 たおれない		3回目 たおれた

上の実験の結果で2回目だけイとウに立てた棒がたおれたことに疑問をもったかつやさんたちは、2回目だけ水の流し方が変わっていたのではないかと考えました。

2回目は、ビーカーから一度に流した水の量が少なかったかもしれない。

実際に大雨が降って川を流れる水の量が増えると、流れる水が地面をけずるようすも変わるのではないかな。

そこで、かつやさんたちは、次のページのような実験をすることにしました。

水の量を変えた実験

○地面のけずられ方についてくわしく調べるために、みぞの曲がっているところの外側と内側に3本ずつ棒を立てる。

○1本のペットボトルの水を流したときと、2本のペットボトルの水を同時に流したときの棒のようすを観る。

実験結果

1本のペットボトルの水を流したときの棒のようす	2本のペットボトルの水を同時に流したときの棒のようす

(3) 上の実験の結果から、川を流れる水の量が増えると、川が曲がっているところの外側に内側の地面のけずられ方は、どのようなこと考えられますか。下の 1 から 4 までの中から 1 つ選んで、その番号を書きましよう。また、その番号を選んだわけを実験結果の「水の量」と「棒のようす」がわかるようにして書きましよう。

- 1 外側も内側もけずられる。
- 2 外側も内側もけずられない。
- 3 外側だけがけずられる。
- 4 内側だけがけずられる。

かつやさんは、学校の屋上で空を観察しました。

近くを流れる川の上流のほうに大雨を降らすような大きな雲があることに気づき、このあとの川の水位（水面の高さ）がどのようなことになるか考えることにしました。

下の表は、かつやさんの学校から見える川の上流のほうの空を見たようすと、雨の降っているところを示す気象レーダー、川の水位を表したものです。

	午後1時	午後2時	午後3時
上流のほうの空のようす			
気象レーダー			
川の水位			

(4) 前のページの表から、かつやさんの学校から見える川の水位についてどのようなことがいえますか。下の 1 から 4 までの中から 2 つ選んで、その番号を書きましよう。

- 1 上流で雨が降り始めると同時に、水位は高くなる。
- 2 上流で雨が降って1～2時間たつてから、水位は高くなる。
- 3 上流で雨がやんでも、水位は1～2時間では変わらない。
- 4 上流で雨がやむと同時に、水位は元にもどる。

図 1.3 全国学力・学習状況調査小学校理科の調査問題例

(国立教育政策研究所, 2018c : 30, 32, 39)

設問(2)は、土地の浸食について、予想が確かめられた場合に得られる結果を見通して実験を構想できるかどうかをみる「活用」の枠組みの選択式の問題である。ここでは、土地の浸食について、川を流れる水の速さと地面の削られ方について、他者の予想と実験方法が示されており、その結果の見通しを問うた問題であった。正答率は55.5%であった。予想が確かめられた場合に得ら

れる結果を見通して実験を構想することに課題があり、平成 27 年度に同様の趣旨で出題された設問により示された課題が改善されていないことが明らかになった。結果を見通した実験方法となるように構想するためには、学習活動において、自分の考えだけでなく、他者の予想や方法について共有し検討することによって、より妥当な実験方法を話し合うなどの学習活動が考えられる。

設問（3）は、より妥当な考えをつくり出すために、実験結果を基に分析して考察し、その内容を記述できるかどうかをみる「活用」の枠組みの記述式の問題である。ここでは、土地の侵食について、一度に流す水の量と棒の様子との関係から、大雨により流れる水の量が増えたときの地面の削られ方を選び、その理由を記述する問題であった。正答率は 20.2%であった。より妥当な考えをつくり出すために、実験結果を基に分析して考察し、その内容を記述することに課題があると考えられる。原因と結果の視点で捉えて分析し、考察したことを説明できていなかったり、実験結果を基に分析して考察することができていなかったりしていたと考えられる。実験結果を基にした分析及び考察ができるようにするために、自分の予想にとらわれることなく、事実なのか解釈なのかを明確にしながらか表現する学習活動を取り入れることが重要であると考えられる。また、話し合うときに、これらが明確に区別できているか、意識して説明できるように指導する必要があると言える。

設問（4）は、より妥当な考えをつくり出すために、複数の情報を関連付けながら、分析して考察できるかどうかをみる「活用」の枠組みの選択問題である。ここでは、上流側の天気と下流側の川の水位を対象として、上流側の雲の様子や気象レーダーで示された雨の降っているところと下流側の川の水位の変化から、上流側の天気と下流側の水位の関係について問うものである。正答率は 60.0%であった。より妥当な考えをつくり出すために、複数の情報を関係付けながら、分析して考察することに課題があり、これは、平成 24 年度に同様の趣旨で出題された設問により示された課題が改善されていないと考えられる。複数の情報を関係付けながら、多面的に分析して考察できるようにするために

は、子ども一人ひとりがそれぞれ違う情報を収集し、それを持ち寄ることによって共有し、複数の情報を関係付けて話し合う学習活動を取り入れる必要があると考えられる。その際、事象の観察やモデル実験の結果から得られたデータ、図書資料や映像資料などから得られた情報などを関係付けて、多面的に分析することが重要である。

これらの課題は、妥当性や客観性を吟味し、多面的に事象を捉えていこうとする学習活動によって、改善されると考えられる。それを促進するためには、他者と対話し、協働して問題解決活動に取り組むことが重要になる。すなわち、一緒に学習している仲間と協働して、知識発展を志向する学習をデザインする必要があると言える。

第3節 国際学力調査に見られる現代的学力観

前節において、全国学力・学習状況調査から、現代に求められる学力形成の国内の課題について議論した。本節では、リテラシーの視点に基づいて、汎用的能力としての科学的リテラシー等の学力形成についての精査を行い、理科学習環境デザインに関わる現代的学力観について検討していく。

第1項 PISAにおける科学的リテラシー

(1) 科学的リテラシーの定義

経済協力開発機構（OECD:Organization for Economic Cooperation and Development）による国際学力調査 PISA（Programme for International Student Assessment）調査は、読解力、数学的リテラシー、科学的リテラシーの3分野について、2000年以降、3年ごとに調査が実施されている。2015年は、中心分野として科学的リテラシーが重点的に調査された。この調査は、義務教育終了段階の生徒がもっている知識や技能を、実生活の様々な場面で直面する課題にどの程度活用できるかを評価することを目的としている。すなわち、生涯にわたって継続的に学習者であり続けられるような知識や技能がどの程度身に付いているのかを見るものであることが特徴である（国立教育政策研究所、

2016c : 38-68)。したがって本項においては、PISA 調査の結果によって我が国の理科教育の状況を捉え、諸外国との相対的な比較によって、義務教育段階の理科学習の在り方についての示唆を得るとともに、国際的に求められている科学的リテラシーの内実について検討することとする。

PISA2015 において中心分野として評価された科学的リテラシーは、表 1.4 のように定義されている。また、科学的リテラシーとコンピテンシーは、図 1.4 に表される関係で示され、評価の枠組みとして用いられている（国立教育政策研究所，2016c : 70-73）。

表 1.4 科学的リテラシーの定義（国立教育政策研究所，2016c : 70-73）

<p>科学的リテラシーとは、「思慮深い市民として、科学的な考えを持ち、科学に関連する諸問題に関与する能力」である。科学的リテラシーを身に付けた人は、科学やテクノロジーに関する筋の通った議論に自ら進んで携わり、それには以下の能力（コンピテンシー）を必要とする。</p> <p>現象を科学的に説明する:自然やテクノロジーの領域にわたり、現象についての説明を認識し、提案し、評価する。</p> <p>科学的探究を評価して計画する:科学的な調査を説明し、評価し、科学的に問いに取り組む方法を提案する。</p> <p>データと証拠を科学的に解釈する:様々な表現の中で、データ、主張、論（アーギュメント）を分析し、評価し、適切な科学的結論を導き出す（注：アーギュメントとは、事実と理由付けを提示しながら、自らの主張を相手に伝える過程を指す）。</p>
--

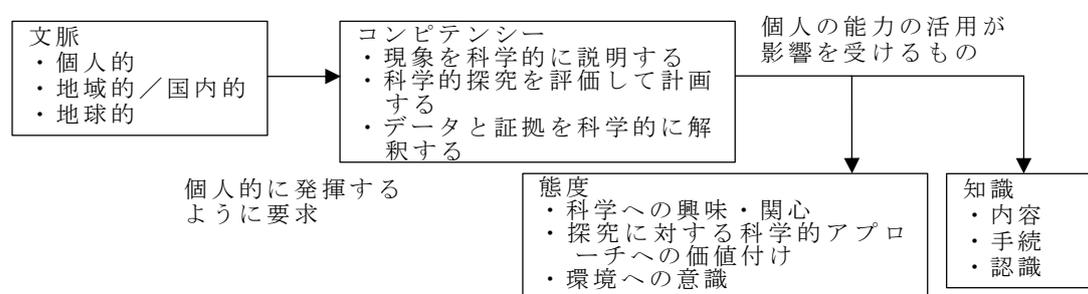


図 1.4 PISA2015 における科学的リテラシーの枠組み

（国立教育政策研究所，2016c : 71）

(2) PISA 調査における科学的リテラシーの経年変化

PISA ショックと言われた PISA2006 より、直近の調査である PISA2018 までの PISA 調査における科学的リテラシーの経年変化を表 1.5 に示す。OECD 平均との比較から、日本の平均得点はいずれも高い得点を示した。2006 年の調査における日本の子どもの科学的リテラシーは、国際的に見て上位に位置していることが明らかとなった。

経年変化については、2018 年の得点は 2012 年と比較して 18 点、2015 年と比較して 9 点低く、どちらも統計的な有意差がある。また、2006 年調査の得点よりも 2 点、2009 年調査の得点よりも 10 点低いが、統計的な有意差はない(国立教育政策研究所, 2019: 190)。

表 1.5 科学的リテラシーの日本の平均得点と OECD 平均の経年変化
(国立教育政策研究所, 2019)

	2006 年	2009 年	2012 年	2015 年	2018 年
日本 (全参加国 中の順位)	531 (6 位)	539 (5 位)	547 (4 位)	538 (2 位)	529 (5 位)
OECD 平均	500	501	501	493	489

(3) PISA2015 調査における科学に対する態度についての調査

PISA2015 は科学的リテラシーを重点的に調査しており、科学に対する態度についての調査も行われている。これは、「個人の科学的リテラシーには、ある種の態度、信念、動機付けの方向性、自己効力感、価値観が含まれる」という考えに基づいている。態度に関する領域の構成概念は、「科学への興味・関心」「探究に対する科学的アプローチへの価値付け」「環境への意識」の三つの領域からなり、生徒質問紙調査を通じて測定された(国立教育政策研究所, 2016c: 72)。

本研究において、まず着目したのが「探究に対する科学的アプローチへの価値付け」である。この信念は、「発展し変化する教科としての科学と個人がどの

ように知識を正当化するかを包含」しており（国立教育政策研究所，2016c：127），共同体における知識発展を議論する上で，子どもの状況を捉える観点として有益であると考えたからである。

この項目の調査の結果，『探究に対する科学的アプローチへの価値付け』指標の平均値を見ると，日本の値は-0.06であり，オランダ，ドイツ，イタリア，北京・上海・江蘇・広東，フィンランドに次いで6番目に小さい」ことが明らかになった（国立教育政策研究所，2016c：129）。これは，値が大きいほど，生徒が科学的な実験の妥当性や限界，科学的知識が暫定的で漸進的に変化するものであるという信念をもつことを示している（国立教育政策研究所，2016c：128-129）。この指標と科学的リテラシーの得点との関係を日本の生徒について見てみると，「指標が1単位増加すると得点が34点高まる傾向にある」と指摘されている（国立教育政策研究所，2016c：149）。今後，科学的リテラシーを高める上で，育むべき重要な態度であると言える。そのために，必要な手立てとして考えられるのが，理科の学習環境の整備である。

表 1.6 「探究に対する科学的アプローチへの価値づけ」

（国立教育政策研究所，2016c：128を基に作成）

	「探究に対する科学的アプローチへの価値付け」指標	生徒の割合					
		「探究に対する科学的アプローチへの価値付け」指標	「探究に対する科学的アプローチへの価値付け」指標	「探究に対する科学的アプローチへの価値付け」指標	「探究に対する科学的アプローチへの価値付け」指標	「探究に対する科学的アプローチへの価値付け」指標	「探究に対する科学的アプローチへの価値付け」指標
		「探究に対する科学的アプローチへの価値付け」指標	「探究に対する科学的アプローチへの価値付け」指標	「探究に対する科学的アプローチへの価値付け」指標	「探究に対する科学的アプローチへの価値付け」指標	「探究に対する科学的アプローチへの価値付け」指標	「探究に対する科学的アプローチへの価値付け」指標
日本	-0.06	80.6	82.4	84.6	81.2	76.3	76.9
OECD平均	0.00	84.4	81.3	85.6	85.4	79.6	78.5
	0.02	0.6	0.6	0.5	0.5	0.6	0.7
	0.00	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

理科の学習環境についての調査では、学校質問調査による「理科学習のための資源」、生徒質問調査による「理科の授業の雰囲気と教師の支援」、理科の授業に対する生徒の認識についてまとめられている（国立教育政策研究所，2016c：154-162）。本研究で、次に着目したのが、「理科の授業に対する生徒の認識」である。それは、この項目が知識発展を図る学習環境として、子どもが授業にもっている認識を捉える観点として有益であると考えたからである。特に、知識発展を図る学習環境と強い関連があると考えられる「理科の授業の構造化に関する生徒の認識」、「理科教師からのフィードバックに関する生徒の認識」、及び「探究を基にした理科の授業に関する生徒の認識」について議論する。

生徒質問紙調査における「理科の授業の構造化に関する生徒の認識」指標について、生徒が理科の授業において教師が構造化した授業をしていると認識しているかについて把握する質問がある。値が大きいほど、構造化した授業をしていると子どもが認識していることを意味する。表 1.7 に示す通り、日本の平均値は-0.21 であり、18 か国の中で韓国、オランダ、ドイツに次いで4 番目に小さい。この指標の中でも「先生も含め、クラス全体で話し合う」は 16.7% であり、韓国に次いで2 番目に割合が小さい（国立教育政策研究所，2016c：157-158）。

表 1.7 「理科の授業の構造化に関する生徒の認識」指標

（国立教育政策研究所，2016c：158 を基に作成）

	「理科の授業の構造化に関する生徒の認識」指標	次のことについて「いつもそうだ」または「たいていそうだ」と回答した生徒の割合			
		先生の考えを説明する	先生も含め、クラス全体で話し合う	先生の手本を見せる	先生の手順を教える
	平均値 (標準偏差)	割合	割合	割合	割合
日本	-0.21 (0.02)	48.0	16.7	49.2	58.0
OECD 平均	0.00 (0.00)	54.9	40.1	54.8	53.8

「理科教師からのフィードバックに関する生徒の認識」指標について、生徒が理科の教師からフィードバックを受けていると認識しているかについて把握する質問がある。値が大きいほど、フィードバックを受けていると生徒が認識していることを意味している。表 1.8 に示す通り、日本の平均値は、 -0.36 であり、韓国に次いで 2 番目に小さい。この指標の中で「(2) 先生は、理科における私の長所を教えてくれる」「(3) 先生は、私の改善の余地がある部分について教えてくれる」の 2 つの項目について、18 か国中最も割合が低かった（国立教育政策研究所，2016c：159-160）。

表 1.8 「理科教師からのフィードバックに関する生徒の認識」

（国立教育政策研究所，2016c：159 を基に作成）

	指標 「理科教師からのフィードバックに関する生徒の認識」	次のことについて「いつもそうだ」または「たいていそうだ」と回答した生徒の割合				
		くいらの先生 れるい科生 るか理目は、 を解を、 教でど私 えきれが ててくそ	をお先 教け生 えるは て私、 くの理 れ長科 る所に	え部善先 て分の生 くに余は れつ地、 るいが私 てあの 教る改	る法成先 を績生 教をは え上、 てげ理 くる科 れ方の	れ方目先 ををを 教達、 え成学 てす習 くるの
	平均値 (標準偏差)	割合	割合	割合	割合	割合
日本	-0.36 (0.02)	16.7	10.3	15.7	30.9	28.2
OECD 平均	-0.01 (0.00)	27.5	25.1	29.5	32.2	31.3

「探究を基にした理科の授業に関する生徒の認識」指標について、生徒は理科の授業が探究を基にした授業であることを認識しているかについて把握する質問がある。値が大きいほど、探究を基にした授業であると生徒が認識していることを意味している。表 1.9 に示す通り、日本の平均値は、 -0.64 であり、18 か国中最も値が小さかった。この指標の中で「(7) 調査についてクラスで議論する」「(8) 先生は、科学の考えが実生活に密接に関わっていることを説明してくれる」「(9) 生徒は、アイデアを調査で確かめるように求められる」の

3項目について、18か国中最も割合が低い（国立教育政策研究所，2016c：154-162）。

これらの結果から、我が国の理科の学習環境について、理科の授業では、構造化や理科教師からのフィードバック、探究を基にした理科の授業について、改善の余地があると考えられる。これは換言するならば、理科において、子どもが自律的に共同体の学習を発展・深化させるための学習環境をデザインしていくことについての議論の必要性が示唆されたのである。

表 1.9 「探究を基にした理科の授業に関する生徒の認識」指標
（国立教育政策研究所，2016c：162を基に作成）

	「探究を基にした理科の授業に関する生徒の意識」指標	次のことについて「いつもそうだ」または「たいていそうだ」と回答した生徒の割合								
		生徒には自分の考えを発表する機会が与えられている	生徒が実験室で実験を行う	生徒は、科学の問題について議論するよう求められる	生徒は、実験したことからどんな結論が得られるかを考えるよう求められる	先生は理科で習った考え方が、多くの異なる現象に応用できることを教えてくれる	実験の手順を生徒自身で考える	調査についてクラスで議論する	先生は、科学の考えが実生活に密接に関わっていることを説明してくれる	生徒は、アイデアを調査で確かめるよう求められる
	平均値 (標準偏差)	割合	割合	割合	割合	割合	割合	割合	割合	割合
日本	-0.64 (0.03)	47.3	14.8	12.2	33.0	39.8	10.4	8.7	33.0	12.4
OECD 平均	0.00 (0.00)	68.5	20.9	29.7	41.5	59.1	15.7	26.2	50.0	25.8

第2項 協同問題解決能力調査

(1) 協同問題解決能力の定義

PISA2015では、革新分野として、協同問題解決能力調査が実施された。協

同問題解決能力とは、「複数人が、解決に迫るために必要な理解と労力を共有し、解決に至るために必要な知識・スキル・労力を出し合うことによって問題解決しようと試みるプロセスに効果的に取り組むことができる個人の能力」である。協同問題解決能力調査では、この定義に基づいて、3つの主要な能力（コンピテンシー）である「共通理解の構築・維持」「問題解決に対する適切な行動」「チーム組織の構築・維持」に焦点を当てて調査が開発された（国立教育政策研究所，2017：8）。

「共通理解の構築・維持」に必要なのは、その問題について互いが何を知っているかという相互知識を確認して、協同における他の参加者の視点を特定し、問題の状態と活動についての共通の見解を構築する能力である。これに含まれるのは、自分の能力、知識、視点が他の参加者との間で、また課題との関係においてどのように相互作用するかをモニタリングする生徒の能力である。「問題解決に対する適切な行動」は、問題を解決し、解決に至るための適切なステップに従う上で必要とされる協同問題解決活動のタイプの特定に関わる。具体的には、問題の制約を理解する、解決に向けてチームのゴールを設定する、課題に対して行動をとる、グループや問題のゴールに関する結果を点検するといった活動が含まれる。「チーム組織の構築・維持」は、自他の参加者の役割を理解し、ルールにしたがってグループ組織を点検し、コミュニケーションの途絶、問題への障害、パフォーマンスの最適化に対処するために必要な変化を促すことが必要である（国立教育政策研究所，2017：12-13）。

三つの主要な協同問題解決の能力（コンピテンシー）と問題解決のプロセスである「探索・理解」「表現・定式化」「計画・実行」「観察・熟考」の4つをマトリックスにして協同問題解決スキルを定義した。このスキルに基づき、調査問題が作成された（国立教育政策研究所，2017：15-16）。

（2）協同問題解決能力調査の結果

この調査に参加したのは、OECD加盟国の32か国、非加盟国の20か国であ

り、合計で 52 か国であった（国立教育政策研究所，2017：6）。日本の平均点は 552 点で、参加国全体の中ではシンガポールに次いで、2 位であった（国立教育政策研究所，2017：34）。表 1.10 は、協同問題解決能力調査の能力（コンピテンシー）別、問題解決のプロセス別の得点および全参加国中の日本の順位を示している。いずれの項目においても、OECD 平均と比較して高得点となっていた。

表 1.10 協同問題解決能力調査の能力・プロセス別得点
（国立教育政策研究所，2017：44-51 を基に作成）

能力・プロセス	日本	OECD 平均	全参加国 中の順位
(1) 共通理解の構築・維持	65.1	56.3	3 位
(2) 問題解決に対する適切な行動	61.9	56.2	4 位
(3) チーム組織の構築・維持	61.4	53.8	2 位
(A) 探索・理解 (B) 表現・定式化	64.1	57.2	4 位
(C) 計画・実行	67.3	57.5	2 位
(D) 観察・熟考	55.8	48.7	3 位

(3) 生徒の協同に対する態度の質問項目

生徒の協同に対する態度は、PISA2015 において実施された生徒質問調査の結果から、特に協同問題解決能力と関係があると考えられるものを取り上げ、得点との関係について分析された。協同に対する態度は、大きく二つのグループに分けられる 8 つの質問項目で構成されていた。一つのグループは、「他者との関係性への価値付け」であり、生徒が協同的な活動を行う際に、利己的な行動ではなく、利他的な行動に価値をおくかどうかを測定している。もう一つは「共同作業 (teamwork) への価値付け」であり、生徒が単独作業と対比したと

きに、共同作業により生み出される成果に価値をおくかどうかを測定している。それぞれ、「まったくその通りだ」「その通りだ」「その通りでない」「まったくその通りでない」の四つの選択肢の中から一つ選択してもらった。「まったくその通りだ」「その通りだ」と回答した生徒の、日本と OECD 平均の割合を表 1.11 に示す。

「他者との関係性への価値付け」に関する質問項目は、肯定的な回答の割合が多いものの、OECD 平均からはいずれも下回っている。「異なる意見について考えるのが楽しい」の項目に肯定的に答えた割合は、日本の方が 17.5 ポイント低いことから「異なる意見について考える」という表現の受け止め方の違いが表れた可能性があるとして、国立教育政策研究所は指摘している（国立教育政策研究所，2017：83）。このグループの質問項目に肯定的な回答をした生徒は、日本について見ると 4 項目全てにおいて、問題解決能力調査の得点が有意に高かった。最も得点差が大きかったのは、「異なる意見について考えるのが楽しい」の項目であり、肯定的な回答をした生徒の方が統計的に有意に 24 点高かった。

「共同作業への価値付け」では、「チームの方が、一人よりいい決定をすと思う」「友達と協力するのは楽しい」の項目において、肯定的な回答をした日本の生徒の割合は OECD 平均を上回っている。しかし、「1人で作業するより、共同作業の方が好きだ」「共同作業だと、自分の力が発揮できる」の項目では、OECD 平均を下回っている。これは、友達との協力やチームの決定に対してある程度肯定的に考えている一方で、共同作業だと自分の力を発揮できないと考えていると言える。そして、「チームの方が、1人よりいい決定をすと思う」の質問項目に肯定的な回答をした生徒は、否定的な回答をした生徒と比較して、問題解決能力調査の得点が、統計的に有意に 9 点高かった。反対に、「1人で作業をするより、共同作業の方が好きだ」については、否定的な回答をした生徒の方が肯定的な回答をした生徒に比べ 12 点高く、その差は有意であった。参加国全体について「共同作業への価値付け」と得点との関係を見た際に、肯定的な回答をした生徒の方が、得点が高い国と、否定的な回答の方が、得点が高

い国に分かれる結果であった。その背景には、共同作業（teamwork）という言葉の捉え方に関する文化の違いがあると考えられると、国立教育政策研究所は指摘している（国立教育政策研究所，2017：96）。

協同問題解決能力調査において、日本の生徒は協同問題解決能力が高水準で身に付いていることが明らかになった。一方で、国際的に見て、他者との関係性を価値付ける意識が、相対的に低いことが明らかになった。これは、異なる意見について考えたり、共同作業の中で自分の力を発揮したりする学習活動を頻繁に行っていくことで、改善が図られる可能性が考えられる。理科学習において捉え直すと、予想や考察を話し合ったり、協力して観察・実験を行ったりすることによって、他者との関係性によって知識発展を促進し、科学概念構築をめざす授業改善を図る必要があると言える。

表 1.11 生徒の共同に対する態度の質問項目において、「まったくその通りだ」「その通りだ」と回答した生徒の割合の合計
(国立教育政策研究所，2017：83-85 を基に作成)

「他者との関係性への価値付け」	日本	OECD 平均
人の話をよく聞く	76.5%	85.5%
クラスの友達が成功するのを見るのがうれしい	85.7%	86.2%
ほかの人が興味をもっていることに気を配る	77.5%	84.5%
異なる意見について考えるのは楽しい	67.2%	84.7%
「共同作業への価値付け」	日本	OECD 平均
1人で作業をするより、共同作業の方が好きだ	65.4%	66.3%
チームの方が、1人よりいい決定をと思う	80.2%	72.0%
共同作業だと、自分の力が発揮できる	53.3%	68.2%
友達と協力するのは楽しい	88.9%	85.2%

第3項 OECDによる2030年に向けた教育ビジョン

OECDは、2030年に向けた教育制度のビジョンとそれを支える原則について

て、Education 2030 プロジェクトを組織し、全ての子どもたちに未来志向の教育を開発していくための議論を投げかけている（OECD, 2018）。

OECD は、共有しているビジョンとして「全ての学習者が、一人の人間として全人的に成長し、その潜在能力を引き出し、個人、コミュニティ、そして地球のウェルビーイングの上に築かれる、私たちの未来の形成に携わっていくことができるように支えていく責務がある」と指摘し、『VUCA』（不安定、不確実、複雑、曖昧）が急速に進展する世界」に直面する中で、教育の果たす役割の大きさを強調している（OECD, 2018）。環境に関すること、経済に関すること、社会に関することが、すでに個々人の生活に影響を及ぼしているとともに、今後も影響を及ぼし続けると考えられている。急速に変化する世界において、これらの影響に対する解決策を必要としている。そこで、OECD は、個人のウェルビーイングと集団のウェルビーイングを幅広い教育目標としていくことを提案している。ウェルビーイングは、幸せや幸福度、満足度、健康や市民としての社会参画や社会関係、環境などの生活の質にも関わるものである。OECD は、そのために教育において「明確で目的のはっきりした目標を立てるように学ぶこと、異なる考え方を持った人々と協働すること、まだ利用されていない機会を見つけること、重大な課題に対する複数の解決策を把握することなどが、不可欠な能力となるだろう」と指摘している（OECD, 2018）。また、このような能力を備えた姿として、OECD は、「将来に向けて準備ができている生徒は、自らの教育や生活全体を通して、エージェンシー（Agency）を発揮していく。エージェンシーは、社会参画を通じて人々や物事、環境がより良いものとなるように影響を与えるという責任感をもっていることを含意する。また、エージェンシーは、進んでいくべき方向性を設定する力や、目標を達成するために求められる行動を特定する力を必要とする」と指摘している（OECD, 2018）。我が国は、Education2030 プロジェクトにおいてなされてきた議論や研究の成果を「学習指導要領改訂の議論において参照するとともに、我が国が伝統的に大切にしてきた『知・徳・体』の育成を通じた全人的な人間

形成の考え方などについて提案を行うなど、重要な役割を果たしてきた」(文部科学省初等中等教育局教育課程課教育課程企画室，2019)。したがって、OECDが指摘しているウェルビーイングやエージェンシーの考え方は、我が国における教育目標の考え方と方向性を同じくしており、学習者がエージェンシーを発揮できるように、教師や学校職員だけでなく、保護者やコミュニティの人々も含んだ、双方向的で互恵的な協力関係を作ることが必要なのである。

学習者のエージェンシーの発揮を可能にするためには、一人ひとりにカスタマイズされた学習環境と、しっかりとした基礎力が必要となる。これらを実現させるために、OECD Education 2030 プロジェクトでは、若者がどのようにして自らの人生や世界を歩んでいくのかを示す「学びの羅針盤 2030 (Learning Compass 2030)」を作り上げ、図 1.5 を示している。学びの羅針盤 2030 は、教育の未来に向けた学習のフレームワークである。ウェルビーイングに向けて、どんな状況にあっても、子どもが自律的にナビゲートしながら、ウェルビーイングを目指していくことを表現している (OECD, 2019)。

これらの学びの中核的な基盤 (core foundation) となるのが、学習の前提条件となる基本的スキル、知識、態度、及び価値である。具体的には、言語能力や数学的リテラシーなどの認知的基盤、デジタルリテラシーやデータリテラシー、心身ともに健康管理、社会情動的スキルも含まれる。その上に育まれるのが、コンピテンシーである。コンピテンシーは、単に知識やスキルの習得にとどまらず、不確実な状況における複雑な要求に対応するための知識、スキル、態度、及び価値の活用を含む概念である。学習者は、より良い未来の創造に向けた変革を起こすコンピテンシー (transformative competencies) を備えることが求められる。変革を起こすコンピテンシーは、新たな価値を創造する力、責任ある行動をとる力、対立やジレンマに対処する力が未来を形作り、そこで活躍するために必要な能力である (OECD, 2019)。このコンピテンシーを育成するために着目されているのが、見通し・行動・振り返り (Anticipation-Action-Reflection, AAR) サイクルである。AAR サイクルは、学習者が継続的に自らの

思考を改善し、集団のウェルビーイングに向かって意図的に、また責任をもって行動するための反復的な学習プロセスである（OECD, 2019）。

Education 2030 プロジェクトに示された教育の方向性は、共同体において、他者と協働することによって、責任ある行動によって対立やジレンマに対処し、新たな価値を創造しながらより良い社会を作る一因となる人物を育成することを目指している。これを理科学習において捉えると、問題解決のプロセスにおいて他者と協働しながら、活動の見通しをもち、観察、実験し、振り返りを繰り返すことで、その育成の一端を担うことができると考えられる。そのために、共同体において、子どもが互いに意見を交換し、話し合うことを通じて知識を発展させていく学習環境をデザインし、授業を繰り返していくことが必要なのである。



図 1.5 The OECD Learning Framework 2030 (OECD, 2019)

第2章 知識発展に関わる理論の変遷と定義

前章では、学校教育における学力観の変遷について概観し、理科教育に求められる学力形成について精査した。全国学力・学習状況調査の結果から、我が国における理科教育における現代的課題を明らかにした。PISA 調査から、理科教育における現代的課題の中心は、共同体の知識発展に関わる学力形成であることを明らかにした。

知識発展 (knowledge advancement) とは、答えのない問題に対して、他者と協働して取り組むなどの知的な協働的活動を捉える概念である。これは、創造的な知識労働 (creative knowledge work) を支える概念であり、科学者や創造的な企業などが日々行っている営みである (Scardamalia & Bereiter, 1996 : 36)。Scardamalia and Bereiter は知識発展について、「協働的談話 (collaborative discourse) によって共同体における問題を同定し、文化的人工物を協働的に構築することによって知識を発展させていくことである。知識発展を志向する共同体において、個人の見方や方法を表出し、共有することで、その意見を吟味し矛盾を解消したり補完・拡張したりする。そのことによって、共有された知識が更新されていく。これは、単なる一時的な統合に留まることなく、新たな知識発展のスタート地点に立つことを意味する」と説明している (Scardamalia & Bereiter, 1996 : 36)。

共同体における知識発展は、知識統合、知識構築、知識創造など、様々な理論を包含する。本章において、これらの変遷とその多様な捉えについて整理することで、本研究の理科学習環境デザインにおいて志向する知識発展の理論を具体化する。

第1節 知識発展に関わる協働学習の変遷

第1項 相互学習法 (reciprocal teaching) とジグソー (jigsaw) 法

共同体における知識発展について論じるにあたり、個人の見方や方法をメタ

認知し、教え合うことで知識を更新していく理論として、Brownの指摘は興味深い。Brownが研究した相互学習法とジグソー法は、長期にわたる他者との話し合いによって、子どものパフォーマンスを向上させるための研究であった（Brown, 1992）。これは、学習者の相互作用によって知識発展を志向する学習の方略についての示唆に富む。

Brownは、もともと認知発達の研究をしていた。記憶や問題解決の方略、つまりメタ認知に興味をもち、幼い子どもの記憶について、記憶容量と記憶方略についての介入実験を行った。この方略トレーニング研究の成果を、「簡単な方略を教えると、その場でなら使える」、「しかし、教えた方略は保持されない」と、まとめている。すなわち、幼い子に「方略が有用である」というメタ認知は働いていないという結果であった（Brown, 1992）。

Brownは、時間をかけて子どもが日常的に生活する場面で、仲間同士のやり取りを介して教える方法で、長続きするメタ認知能力を教える方略の研究に取り組むようになった。これがBrownの研究を「教育的な実践研究」に近づけていったと考えられる。この研究において特徴的なのは、教え方の方法である「相互学習法（reciprocal teaching）」と「ジグソー（jigsaw）法」を融合させて実践を行っていることである（Brown, 1992）。

相互学習法では、まず教師が子どもに質問し、その後、役割を交代して子どもが教師役になることや子ども同士で教師役を務める。それにより子どもたちは、「要約」、「質問」、「明確化」、「予測」といった方略を身に付け、半年後には学習に困難を示していた子どもも文章の内容を読み、書かれたことに基づく推論ができるとしている（Palincsar & Brown, 1984）。

ジグソー法は、一つのテーマについてトピックを分担して個人が学習し、自分が担当した部分を教えあうことで、全体を理解させようとする試みとして、Brownが取り入れた方法である。Johnson, Johnson and Holubecは、協働学習の方法の1つとしてジグソー法の手順を詳細に紹介している（Johnson, Johnson & Holubec, 2010: 29-57）。また、東京大学大学発教育支援コンソー

シラム推進機構 (CoREF) は、アクティブ・ラーニング型授業の一手法として「知識構成型ジグソー法」を提唱している (三宅・飯窪・杉山・齊藤・小出, 2015)。

相互学習法とジグソー法を組み合わせた実践研究として Brown と Campione は、「学習者共同体育成 (Fostering Community of Learners)」プロジェクトを展開した (Brown & Campione, 1994)。学習テーマに対して下位項目グループに振り分けられた子どもたちは、相互学習法を使って資料を読み、内容を確認する。その後、各グループから 1 名ずつ集まり、教え合ったり発展問題を解いたりする。この方法を繰り返すことで、難しい資料の読取には自分たちで自発的に相互学習法を用いるようになるなどの方略を取り、子ども自身が知的共同体の一員になっていくと報告している (Brown & Campione, 1994)。

これらを理科教育に援用した研究として、出口・吉田や龍岡・磯崎など、多くの実践及び研究がなされており、その有効性が示されている (出口・吉田, 2011, 龍岡・磯崎, 2016)。しかし、龍岡・磯崎は、「知識構成型ジグソー法」を用いた協働的問題解決の有効性を示しつつ、「2 つの物理量を合わせて比較するような概念形成の一つの手段として有効であったが、話し合い活動の初期段階において誤概念で説明していく班もみられた」と報告し、指導上の工夫の必要性に言及している。

相互教授法とジグソー学習を組み合わせることで得られる知識発展への有効性は、個人の見方や方法を表出し、共有することで、その知識の質と量が増加する点にあった。すなわち、共同体の参加者の知識を集合させることで共同体の知識の質と量を増加させ、それを参加者に再分配することで個人の知識の量と質を向上させる試みと言える。これは、知識の質と量の増加という点で有効である。一方で、共同体において共有されている知識がいかに更新され発展したかという視点で捉えようとしたときに、知識の意味の明確化や概念化における他者との交渉の過程を明らかにすることが必要になる。協働的な問題解決にあたり、2 人以上のグループの会話が行なわれることによって個人間での概念

や経験のギャップを埋め、意味を構築していく過程について、次に述べる Roschelle の指摘は有益である。

第 2 項 収斂説 (convergence theory)

Roschelle は、2 人以上のグループが会話や概念、経験の意味を共有し構築する過程について、2 人の高校生がコンピュータ上の物理シミュレーションを用いた速度と加速度の概念を学習している会話の分析を行った (Roschelle, 1992)。Roschelle は、高校生の会話から①生徒の発言内容に加え、②シミュレーションの画面、③手によるジェスチャーの関係を示しながら、物体のある時点に加速度ベクトルの加わることによって速度ベクトルが変化する現象の科学的な理解を深めていくプロセスを示した。発言内容に加えて、ジェスチャーやシミュレーション画面といった様々な表象の情報を考慮して分析することで、一人ひとりの加速度概念の理解が促進されていくこと、すなわち、学習効果が促進されるプロセスとしての協働学習を評価している (Roschelle, 1992)。

この事例において Roschelle は、収斂のプロセスの 4 つの要素として、①現実世界と抽象化されたレベルの間の特徴のある文脈の構築、②構築された文脈に基づく相互に関連したメタファーの相互作用、③文脈に基づく活動の提示、確認および修復を繰り返すサイクル、④収斂のために適用される漸進的でより高い基準の証拠を提案している (Roschelle, 1992)。学習者が、これらの要素に基づいて、相手により詳細な根拠を求めることで、各自の理解の差異に気づき、これを解消しようとする。Roschelle は、このような合意形成を実現することで、自ずと知識の抽象化・概念化が行なわれることを明らかにした。このような協働学習によって、それぞれの学習者のもっていた個別の理解から学習者同士の意味が次第に収斂していく過程を「収斂説 (convergence theory)」として提唱した (Roschelle, 1992)。

収斂説では、科学概念の変容が引き起こされ、個人の解釈が共有された知識に収斂していくとしている。そこでは、意味を共有し理解を構築していくこと

に対して、学習者が互いに貢献することに重点が置かれている。このように収斂説は、他者との意味の共有を通じて、客観性や妥当性がより高い科学概念を構築し、他者との交渉の過程と構築に関わる個人の責任を明らかにしていくといった、協働性に着目した知識発展の過程を意味すると捉えることができる。

理科授業の場面において、学級での話し合いやグループ活動などの場面で、収斂過程が見られると考えられる。一方で、学級での話し合いでは、子どもの人数が多くなるほど合意形成が困難になり、自ずと知識の抽象化・概念化が行われることが難しくなることが予想される。これに対して、Linn は意図的な学習によって、多様な知見を統合して学習を進める方略を提唱した。

第3項 知識統合 (knowledge integration)

Roschelle は、協働的に学習する他者と共有する意味を収斂させていくこととして協働学習を捉えたのに対して、Linn は、学習者が相互作用を通じて多様な知見を統合することによって、理科の学習を進める「知識統合 (knowledge integration)」を措定し、それを導くための過程を見出した (Linn, 2006)。

Linn は、知識統合の典型的な過程として、学習者は「概念だけでなく、概念間の関連した知識や観念のレパトリーを広げることが明らかとなっている。この知識や観念 (idea) という用語は、学習者が保持している意見や見解を指す」と指摘した (Linn, 2006 : 186)。Linn は、このレパトリーを知識統合における学習の軌跡 (trajectories) であると指摘した。これは、学習者によって異なり、それを、概念化志向、実験志向、方略志向および文脈化志向の4つに類型化されている (Linn, 2006 : 188)。概念化志向 (conceptualizing) の学習者は、ある現象に対して幅広い観点から考えることができ、抽象的概念の獲得に優れている。実験志向 (experimenting) の学習者は、様々な知識や観念の中で、新規なものを求めて、自分の知識や観念を妥当な手続きによっていろいろな文脈で検証しようとする。方略志向 (strategizing) の学習者は、学校における文脈とその他の文脈を切り離し、最小の労力で成功を求めようとする。文脈

化志向 (contextualizing) の学習者は、つながりを考えるよりも、特定の文脈の知識をそのまま個別にもつ。

また、Linn は、授業デザインのパターン (design patterns) の体系化を試み
る中で、知識統合を導くための次の 4 つのプロセスを見いだした。(1) 現在保
持している知識やアイデアの導出,(2) 新しい知識やアイデアの付加,(3)
知識やアイデアの評価,(4) 知識やアイデアの整理・まとめである。授業
デザインのパターンによって、活動として具現化された知識統合の原理に基づ
き、学習の軌跡のレパートリーに応じた学習方法が、Linn によって提案されて
いる (Linn, 2006 : 201)。

我が国においても、橘・藤村や小田切によってその詳細が検討されている。
橘・藤村は、高校 1 年生のペアでの問題解決場面に焦点をあて、他者と相互に
知識を関連付けていく協働過程を通じて、概念的理解の側面からとらえた知識
統合が、個人内の変化としてどのように促進されるかを検討した。その結果、
「ペアの一方が説明を構築するのではなく、ペアで共有された表象に一方が知
識を付加してより整合的な説明を行うという相互の説明構築過程を通じて知識
統合が促進されていること」が示された (橘・藤村, 2010 : 1-11)。小田切は、
高校の数学授業において、回転運動と三角関数の関連付けに着目し、集団での
多様な考えの統合過程を通じて、個人が知識を関連付けていく様態を分析した。
そこでは、個人の協働的統合過程において、日常的な知識だけではなく、数学
的な知識も用いた説明を構築することによって、回転運動という日常的な知識
と三角関数という抽象的な知識、高さの基準や単位円という具体的な教科内容
の知識などの関連付けが促進されることが示唆されることを明らかにした (小
田切, 2013 : 1-16)。

これらはいずれも、知識統合による授業デザインの有用性を示すものである
が、小田切は「授業では出されなかった、新たな方略を作り出そうとした生徒
がいた」ことを指摘している。知識統合では、個人の見方や方法を表出する
ときに、相手の表象に対して知識を付加することで矛盾を解消したり、知識の関

連付けを促進したりすることで、知識が更新されていくといった知識発展の過程を示している。一方で、協働的談話において新たな問題や解決方法に気づき、新たな知識発展へと力強く展開するオープンエンドな実践を、知識統合で捉え切ることができない。そうしたダイナミックな知識発展の営みを捉える教育理論として、Paavola, Lipponen and Hakkarainen の提案する知識創造メタファーは注目に値する。

第2節 知識発展を志向する共同体における学習の捉え

第1項 知識創造 (knowledge creation)

知識創造 (knowledge creation) とは、企業の価値創造活動を捉えるために組織科学から生まれた概念であり、活動を通じて共有する知識やアイデア、実践や人工物を開発し、新たな知識として共同体全体に広め、次なる活動に活用していく一連の活動である。野中・竹内は、「新しい知識はいつも個人から始まり、その個人の知識が組織全体にとって大事な知識に変換される」ことが知識創造の特徴であると指摘した(野中・竹内, 1996: 17)。すなわち、知識創造とは、共同体における学習者同士の相互作用によって、知識を更新し続ける実践と捉えることができる。これを学習の立場から捉えた理論として、知識創造メタファーがある。

Paavola, Lipponen and Hakkarainen は、学習としての知識創造に関わる3つの代表的な学習モデルを例示した。知識獲得メタファー (the acquisition metaphor)、参加メタファー (the participation metaphor) に加えて、第3の学習モデルとしての知識創造メタファー (the knowledge creation metaphor) を提案している (Paavola, Lipponen & Hakkarainen, 2004: 557-576)。

第1の学習モデルは、知識獲得メタファーである。知識獲得メタファーの主な焦点は、「拡張性のある新しい何かの作成ではなく、多かれ少なかれ既存の発達段階における知識の獲得」にある (Paavola et al., 2004: 569)。すなわち、知識獲得メタファーにおいて、知識は個人の心理的性質のものであるという立

場をとっており、知識や学習の基本単位は個人であると捉えている。行動主義的学習論に基づく知識注入アプローチの他、個人が論理的に知識を構築していく構成主義的学習過程も含まれる (Paavola & Hakkarainen, 2005: 537-538)。

第2の学習モデルは、参加メタファーである。参加メタファーの主な焦点は、「伝統的文化の意図的実質的な変更や変容がなく、ある文化から別の文化に知識や実践が受け継がれていく」ことを捉えたものである (Paavola et al., 2004: 569)。参加メタファーにおいて、学習とは価値ある文化的実践の対話過程と様々な方法で形作られた認知的学習活動の共有にあると捉えている。したがって、知識構築の社会実践に対して、文化を作り、または、正統的周辺参加すること自体が学習となるのである (Paavola & Hakkarainen, 2005: 538)。

第3の学習モデルが、知識創造メタファー (the knowledge creation metaphor) である。知識創造メタファーの主な焦点は、「学習と知識の発展を、活動の共有オブジェクトを開発するための協働的なプロセス」にある。知識創造メタファーにおいて学習は、「知識、アイデア、実践、および物質的なまたは概念的な人工物を含むものとして定義され、いくつかの媒介する人工物の開発に向けられた協働作業」として捉えられる (Paavola et al., 2004: 569-570)。これは、他者との相互作用によって個人の学習が活性化することを示しているだけでなく、協働的に人工物を開発する過程において、物理的道具や知識を媒介として、新たな知識創造が可能になることを強調している。Oshima, Oshima and Matuzawa は、この学習モデルについて「新しい知識を創造するために、共同体においてどのような活動を実践し、個人がいかなる貢献をしているのか明らかにするとともに、その知識創造の実践を様々な学習環境において実現するためのデザイン原則を確立することを目指している」と説明している (Oshima, Oshima & Matsuzawa, 2012: 903-921)。

Paavola et al.は、これら3つの学習モデルを次のように説明している。知識獲得メタファーは、“monological”のアプローチであり、主として個人内の認知や心的活動に着眼している。参加メタファーは、“dialogical”のアプローチ

であり、物理的な周囲の環境に強調される文化や他者との相互作用に着眼している。知識創造メタファーは、“**trialogical**”のアプローチであり、協働することで媒介する人工物を開発する方法に重点が置かれている。**Hakkarainen, Paavola, Kangas and Seitamaa-Hakkarainen**は、トライアロジカルアプローチ (**trialogical approach**) を用いることで、学習を多面的に分析することが可能になることを指摘し、小学校において長時間かけてもの作りを通じた探究的に取り組むプロジェクトの研究を行っている (**Hakkarainen, Paavola, Kangas, & Seitamaa-Hakkarainen, 2013 : 57-73**)。

我が国では、和田・高橋・宮村が、中学校の理科授業における ICT の利活用を通じた子どもの思考・表現を促進するための理科授業を実践し、分析を行った。これにより、**monological** から **trialogical** の学習過程の循環によって、表象の移行が促進され、科学概念構築が具現化したこと、すなわち、協働的な学習の中で、思考・表現活動を繰り返し、知識の共有化とその連続的な更新によって知識の創造が達成されたことを明らかにしている (和田・高橋・宮村, 2016: 115-124)。

知識創造は、共同体における知識を発展させていくために、個人から表出された見方や方法を吟味し、その知識を更新し、それを継続していくことを強調している。すなわち、知識創造においては、個人が共同体の知識創造に貢献し、知識を発展させていくことに価値を置いているのである。

さて、**Paavola et al.**が、知識創造メタファーの学習理論を検討する際に、その代表例として引用した理論が、**Nonaka and Takeuchi** の **SECI** モデル、**Engeström** の拡張的学習理論及び **Scardamalia and Bereiter** の知識構築共同体モデルである (**Paavola, Lipponen & Hakkarainen, 2004 : 557-576**)。これらは、知識創造メタファーを説明するために用いられている。知識発展を検討するにあたり、次項で示す知識構築共同体モデルは注目に値する。

第2項 知識構築 (knowledge building)

Scardamalia (スカーダマリア) と Bereiter (ベライター) は「知識構築共同体 (knowledge building community)」の概念を措定している。知識構築共同体は、子どもが自分たちの知識の意味や説明を構築していくために人工物を構築し共有する、知識発展を強く志向しているモデルである (Scardamalia & Bereiter, 1994)。Scardamalia and Bereiter が措定した知識構築は、ポパーの認識論に端を発している。ポパーは、客観的意味での知識として、「物理的世界を『世界1』、我々の意識的経験の世界を『世界2』、書物、図書館、コンピューターの記憶などの論理的内容の世界を『世界3 (knowledge in World 3)』と呼ぶことができる」と主張している (ポパー, 1974: 86)。「世界3」である論理的内容の世界は、「知性によって把握しうるものの世界、または客観的意味における観念の世界」である (ポパー, 1974: 176)。知識構築とは、「世界3」の発展に個人がいかに貢献するか、という点が重視されており (Paavola, et al., 2004: 561)、「世界3」における知識を構築することが知識を発展することであり、学習であると捉えることができる。

子どもは、教室という共同体において知識を発展させ、知識を構築する努力の中に身を置くことで、共同体の知識発展に貢献する。共同体における知識とは、「世界3」における知識であると捉えたときに、その共同体内の状況における子ども同士や教師との相互作用によって創発されるものであると言える。この知識は、子ども個人の知識の単なる集合体ではなく、また、最も熟知した子どもや教師の知識でもない。Scardamalia and Bereiter によると、知識構築共同体における知識に関する記述とは、「世界3」における論理的内容であり、人々の心にあるものの記述ではない。人が変わればその記述もまた異なるが、その違いについては自由に議論することができ、そこから知識の発展につながる可能性がある。既存の知識に新たな情報を加え (build on)、協働的に新たな意味を作り出す学習である。したがって、知識は単に蓄積されるのではなく、進展していくものだということが暗黙の前提となっている。このような視点に

立ったとき、知識構築は、子どもを知識創造の文化へと導き、子ども自らが知識の最先端を進展させる文化全体の試みの一端を担う活動であると言える。そのため、知識創造の共同体においては、何を頭に蓄えたかではなく、共同体への貢献度によって人が評価されることになるのである（スカーダマリア・ベライター・大島，2010）。

スカーダマリア・ベライター・大島は、「知識構築共同体 (knowledge building community)」について、Brown の「学習者共同体 (community of learners)」アプローチとの比較検討を通して、「導かれた発見 (guided discovery)」から「知識創造 (knowledge creation)」という認識論的移行を検討している（スカーダマリア・ベライター・大島，2010）。スカーダマリアらは、Brown の提案した学習者共同体において、学習者が自発的に知識を構築するためには、メタ認知的学習環境において、その知識を発見できるような支援を提供する必要があると考えた。この支援は、学習者共同体に対する一種の「足場かけ (scaffolding)」であり、学習者自身が学習者共同体の文化的実践に対してより中心的に参加できるようになることを目指すために行われているのである。このような認識論を「導かれた発見」としている（スカーダマリア・ベライター・大島，2010）。スカーダマリアらは、この「導かれた発見」の認識論に立った場合、現在確立されている知識体系を越える深い概念的理解ができないことを指摘し、鋭く批判した。知識創造の立場から「導かれた発見」の認識論を見たときに、学習したことの内容や知識自体を問題視して、改善していこうという実践が含まれていないことに問題点を見出したのである。

「導かれた発見」の認識論による問題点の克服に関わり、Scardamalia and Bereiter の「知識構築共同体」における実践は注目に値する。Scardamalia and Bereiter は、作文の書き方に、知っていることを書き連ねる知識伝達型と、書くことによって自分の知識を作り変えて考えを深める知識再編成型があることを突き止めた。書くことに熟達している子どもは、知識再編成作業に時間を掛けており、書くことによって学ぶことができる。しかし、作文が苦手な子ども

のほとんどは作文を知識伝達だと考えており、作文するために考え直すことをしない (Scardamalia & Bereiter, 1987)。どのような能力の子どもにも知識再編成型の書き方ができるようにするために、知識構成支援研究を発展させ、「導かれた発見」による問題点の克服につながる、「知識構築共同体」を提唱したのである。(Scardamalia & Bereiter, 1994)。

理科学習において森本は、自然事象についての気づきや考え方を文章で表現することの意義について言及している。ことばの使い方を意識させることにより、科学的思考の方法を身に付けさせ、ことばの使い方を通してその考え方の必要性、有用性を子どもに徐々に実感させていくことに意義があるという指摘である(森本, 2007: 25-43)。これは、自然事象を知識伝達型で単に記述するのではなく、知識再編型の書き方とすることで思考力を育成することができることと捉えることができる。すなわち、知識構築共同体を構成し、知識再編型の書き方を基盤とする教授・学習方略によって、理科の資質・能力の育成に寄与することが重要であると考えられる。

このような学習を可能にするために、CSILE (Computer Supported Intentional Learning Environment: コンピュータに支援された意図的学習環境)が開発された(Scardamalia & Bereiter, 2006)。CSILEは、コンピュータ支援による協働学習(Computer Supported Collaborative Learning: CSCL)の1つとして位置付けられている。CSCLでは、主にどのようにすればコンピュータ支援によって学習者が協働的に学ぶことができるようになるかということに関する研究が行われている(Stahl, Koschmann & Suthers, 2006)。これらの研究によって得られた知見は、テクノロジー活用を意図しない環境においても有用であると考えられる。

Roschelle and Teasleyは、協働(collaboration)について、「個人による手近の問題解決に関係する交渉や意図の共有過程であり、調整された、同期的な活動である。それらはある問題に対する共有された概念の構築と調整の連続的な試みの結果である」と定義付けている(Roschell & Teasley, 1995)。Stahlら

は、この定義について「学習を、知識の協働的構築を通して社会に生起するものとして捉えている。もちろん個人はグループのメンバーであるが、彼らの学習は個人的活動ではなく、交渉や知見の共有といった、相互作用の中で生起する。そして学習者は、グループ活動に参加し、グループによって構築、調整された課題を共有する」と指摘している (Stahl et al., 2006)。さらに「協働学習は、個人をグループのメンバーとして内包する。それだけでなく、あるグループ課題で共有された概念の構築や調整、交渉や意図の共有を含む。そしてそれらは、グループの学習過程において相互作用を通して達成される。もちろん協働学習は、個人的な学習も含むが、それらは個別の学習活動としての要素には還元できない」と示した (Stahl et al., 2006)。

Stahl は、知識構築共同体において、社会性に着目し知識が構築される過程を詳細にモデル化した協働的知識構築モデル (collaborative knowledge building model) を提唱している。このモデルにおいて特筆すべきは、協働的知識構築される学習について、知識構築の社会性に着目し、知識構築される認知過程を詳細な段階として示したことである。それにより、共同体における学習環境が、個人の知識構築過程と共同体の知識過程が相互に関連していることを、図 2.1 を用いて示した (Stahl, 2000)。個人と共同体の二つの循環的な過程を経ることにより、知識が常に更新され発展することを表しているこのモデルは、知識が発展していく過程の段階を示していると捉えることができる。

Stahl によると、協働的知識構築は、モデルの左下、個人の理解のサイクルの「暗黙の前知識」から始まる。個人の心的プロセスとして、既存の知識を寄せ集め、問題を把握し、ことばとして説明する。この表出された意見が、社会的相互作用やコミュニケーション、議論、明確化、交渉によって、知識として構築される。したがって、このような知識は、社会的に媒介されて構築されている人工物なのである。この知識は、個人に取り込まれて、文化的意味を含めた文化的人工物として、常に内在化されていくのである (Stahl, 2000: 72-73)。協働的知識構築モデルによって、知識構築の社会性に焦点が当てられ、認知過

程が示されたことにより，共同体において既存の知識に新たな情報を加え，協働的に新たな意味を作り出す過程が捉えられると言える。換言すると，共同体において，個人から表出された見方や方法を吟味し，その知識を更新し，それを継続していく知識発展の過程を段階的に捉えられることが示唆されるのである。

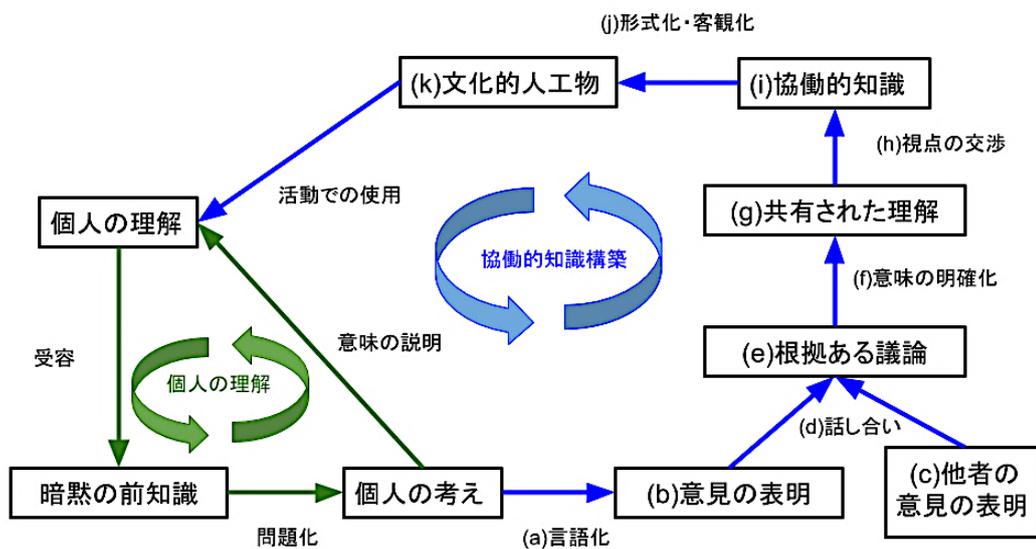


図 2.1 協働的知識構築過程モデル (Stahl, 2000 を基に作成)

第 3 節 本研究で取り扱う知識発展の具体

本章では，知識発展に関わる理論の変遷を概観した。本節において，これらの理論を知識発展の立場から整理したものを，表 2.1 に示す。

相互学習法及びジグソー法は，個人の見方を表出し共有することを重視し，個人の知識の質と量を向上させる知識発展の過程として捉えることができる。他者と協働することによって，個人一人では獲得することのできない知識を得ていく過程である。

知識統合は，多様な知見を統合するための学習者の志向性と統合に向けたプロセスを重視し，矛盾を解消したり関連付けたりして知識を更新する知識発展

の過程として捉えることができる。一人ひとりが獲得した知識を、様々な知見に基づいて検証し、関連付けを図り更新していく過程である。

相互学習法及びジグソー法、知識統合は、知識を向上させるための理論である。一方で、いずれも「導かれた発見」の認識論に基づいており、共同体において知識を創造することによって学習が成立するとした学習論とは、異なる立場をとっている。

知識創造の基盤となる理論として有益なのが、収斂説である。収斂説は、協働性を重視し、知識の客観性や妥当性を高める知識発展の過程として捉えることができるからである。これは、共同体において、他者との相互作用によって視点を共有したり交渉したりして、他者と意味を収斂させる過程である。換言するならば、共同体において合意形成を行うことで、参加者がそれまで保持していた知識とは異なる、新たな知識が創発される過程なのである。

知識創造は、知識の共有化と連続的更新の実践に貢献することを重視している。収斂によって創発された人工物の創造が連続する過程として、知識発展を捉えることができる。

知識構築は、既存の知識に新たな情報を加え (build on)、協働的に新たな意味を作り出す学習である。既存の知識を表出することから始まる学習は、共同体において知識の発展が図られる。知識構築は、他者との相互作用によって、知識の量や質を向上させ、知識を関連付けながらより深い理解を志向していくという点において、相互学習及びジグソー法や知識統合と重なる部分がある。一方で、知識構築は、子どもを知識創造の文化へと導くことを重視しており、知識発展の過程は共同体への貢献として現れる。すなわち、既存の知識を獲得したり活用したりするだけでなく、その知識そのものをさらに発展させていくことを強く志向しているのである。

協働的知識構築は、知識構築の過程において、社会性を重視し、共同体における循環的で段階的な知識構築過程を捉えることができる理論である。個人が保持している知識を共同体において共有し、収斂を経て合意形成を図り、文化

的人工物を構築する。これにより，個人の知識は向上し，共同体において知識が発展していくのである。

このように，本研究における知識発展とは，共同体が知識を創造し，それを更新，活用していく実践的営みとして定義することができる。その実践的営みとしての知識発展は，表 2.1 に整理した特徴に着目することによって，分類される。

次章において，知識発展を図る学習環境デザインの視点と，その基盤を構成する構成主義的理科教授・学習論について議論する。

表 2.1 知識発展とそれに関わる理論

理論	知識発展の過程
相互学習法及びジグソー法	共同体の知識の増加に伴い，個人の知識の質と量を更新する
知識統合	多様な知見の矛盾を解消したり，関連付けたりして，知識を更新する
収斂説	他者との協働により意味を収斂させ，共有された知識とする
知識創造	知識の共有とその連続的な更新により，人工物を創造する
知識構築	既存の知識に新たな知識を付加させることにより，連続的に知識を発展させる
協働的知識構築	協働的に知識構築するために合意形成を図り，新たな知識構築に向かうことで，個人の知識の向上と共同体の知識発展が達成される

第3章 構成主義的理科教授・学習論を基盤とする学習環境デザインの視点

前章では、知識発展に関わる協働学習の理論の変遷を概観し、知識発展を志向する共同体における理科学習の視座となる諸理論を精査し、知識発展を定義付けた。共同体における知識発展とは、知識が個人に留まらず、共同体において共有され、絶えず更新されていく営みであることが明らかになった。本章では、知識発展を図る教授・学習方略を議論する上で、学習環境デザイン論について着目する。具体的には、学習環境デザイン論の歴史的変遷を構成主義的教授・学習論の観点から整理し、現代的な教育課題の解決に寄与する学習環境デザインの視点を導出する。

第1節 学習環境デザインと共同体

第1項 学習環境デザインにおける共同体の捉え

学習環境とは、自然環境や生活環境といった言葉と関連して、教室や教材・教具、掲示物等の物的環境のイメージが強い。小学校学習指導要領（平成29年度告示）解説理科編では、「理科室や教材、器具等の物的環境の整備や人的支援など、長期的な展望の下、計画的に環境を整備していくことが大切である」として、環境整備の配慮について指摘している（文部科学省，2018：103）。これに関連して、森本は、理科における学習環境について、「ハードとソフトな側面についての分析が必要である」と指摘している（森本，2013：95-124）。図3.1に示すように、ハードな側面とは、観察、実験器具を代表とする教材、実験室のデザイン、コミュニケーションや情報処理を促進するためのメディア等の物理的環境である。ソフトな側面とは、ハードな環境から適切な情報を抽出させ、処理するための方法について焦点を当てることである。本章において、子どもによる意味の構築、すなわち構成主義的教授・学習論の視点から学習環境におけるソフトな側面に着目する。

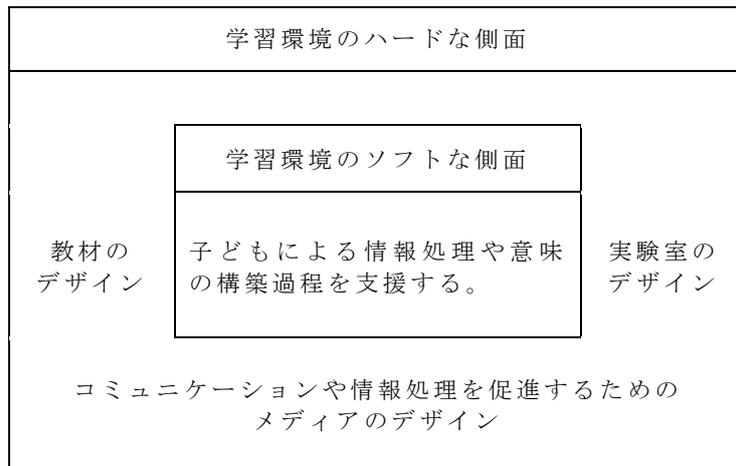


図 3.1 理科学習環境のデザイン（森本，2013：97 を基に作成）

学習環境について、美馬・山内は、学習が生起する、あるいは誘発する、促進する学習方法・学習内容であり、物理的環境も含まれることを指摘した（美馬・山内，2005：195-203）。また細川は、学習方法・学習内容に関連して、学習環境を「学習者が経験・内省のプロセスを通して、主体的に人工物（*artifact*）を結びつけ、学習者が知識を構築することを支援したり、方向付けたりするように人工物を配置したもの」とであると定義付けている（細川，2013）。細川は、人工物について、「物理的な『もの』だけを指すのではない。活動や知識，人，時間も含まれる」と指摘している（細川，2013）。これらの指摘において重要なことは、学習環境を検討するということは、学習環境における人工物を媒介とした学習について検討することに他ならないということである。したがって、教師が理科授業を構想する際に、この学習環境をデザインしていくことが肝要になると考えられる。

学習環境デザインについて、久保田は、「学習環境をデザインするためには、目標達成のための規則や手順をそのまま当てはめるのではなく、学習者が自立的に学ぶことができ、いっしょにいる仲間や教師と意味のあるやり取りができることを促す学習環境を用意することである。それには、構成主義の基本的前提を大切にするための共同体を構築していける環境を整えることである」と指

摘した(久保田, 2000: 65)。この「共同体」についての指摘は, 美馬の学習環境デザインに関する次の指摘と軌を一にする。美馬は, 「目的, 対象, 要因, 学習に至るまでの過程などを意識した活動であり, そこに関わる人々の活動を物理的環境も含めて組織化し, 実践しながら, 振り返り, 位置付け, 修正していくという, 構成的で, 循環的な環境に開いた学習環境を創造する行為である」と定義している(美馬, 2010: 1-2)。美馬・山内は学習環境デザインの要素として, 「空間」, 「活動」, 「共同体」を挙げている(美馬・山内, 2005: 191-210)。

「空間」は, 主として学習環境のハード的側面に関わる指摘である。可視化され, 参加者が居心地よく, 容易にコミュニケーションが取れる空間の重要性である。「活動」は, 学習に直結する概念であり, 学習環境デザインにおいて中心的役割を果たす。目標が明確であり, 面白さと葛藤の要素が含まれることが, 重要である。「共同体」では, 葛藤状態にも耐えられる安定した共同体を作るとともに, 創発的な学びの基盤になる多様性を生み出すことを重視している。さらに, 美馬・山内は, 共同体をコントロールすることの困難さを指摘しつつ, そのデザインの基本的視点として, ①目標を共有すること, ②全員に参加の方法を保障すること, ③共同体のライブラリーを作ること示している。共同体のライブラリーとは, 新規参加者が共同体に参加するときに必要な, 共同体独特の言葉遣いや, やり方などを学べるように, 「様々な資料を整理したり説明したりする活動」を指す(美馬・山内, 2005: 203)。ここで指摘されている「様々な資料」とは, その共同体において文化的に実践された成果である文化的人工物であると捉えることができる。したがって, 共同体ライブラリーにはその共同体が積み重ねてきた文化的人工物が蓄積されており, それを共有し活用できるようにするための内容と仕組みの必要性を述べていると言える。

これらのことから, 本研究における学習環境デザインとは, 学習者自身が環境との相互作用の中で思考し, 内省を深めることによって, 教師や仲間によって構成される共同体において構築された文化的人工物を媒介として, 自律的に学習を発展・深化させるための学習環境を創造することと定義する。デザイン

された学習環境の下では、共同体において知識が創造され、それを更新、活用される実践的営み、すなわち知識発展が促進されると考えられる。

第2項 相対主義的科学観

学習環境デザインにおいて構築される文化的人工物は、共同体において創造されるものである。

共同体において構築された文化的人工物を媒介として、知識を発展させる理科学習環境デザインは、相対主義的科学観に立脚していると言える。コール（Cole）とスクリブナー（Scribner）は、文化的背景が人の認知に及ぼす影響について研究し、学習者の示す能力が領域によって異なる「認識の領域固有性」を提起した（コール・スクリブナー，1985：248-296）。これは、知識は独自の様相を呈する様々な領域に区切られており、ある領域では暗記を中心に知識を獲得したり、別の領域では知識を整理したりと、内容に応じて学習のスタイルを変えていることを主張するものである。理科における観察や実験の方法や、これらから得られるデータの解釈も、コールとスクリブナーによって指摘された認識の領域固有性や文化状況に依存しており、学習者によってそれぞれの解釈がされることが示唆される。すなわち、「経験から抽象されうる科学理論の内容と質は、観察者が持っている概念体系によって決定される」のである（森本，1992：59-63）。つまり、理科における、観察や実験から導き出される科学理論とは、個人の思考や意志と関連し、個人内や個人間によって形成され、表出されるものである。したがって、これらの理論は絶えず更新されることによって客観性や妥当性を確認され続ける。このような科学観を、一般的に「相対主義的科学観」という（森本，1992：59-63）。

相対主義的科学観に対して、科学概念の体系が絶対的に構築されたとした科学観も存在する。現在においても流布している科学観として、例えば、「科学は客観的な観察と論理（帰納法）を基礎とする」という考え方である。森本は、「この考え方によれば、科学的知識は観察データを帰納的に収集し、これを一

般化することによって形成されるのである。これは、素朴な経験主義といふことができる」と指摘している。(森本, 1992: 59-60)。このような経験主義的科學観に立ったとき、理科學習とは、どの時代においてもどの国や地域においても、既に成立している事実を単に記憶、獲得し再生することによって成立すると言える。

しかしながら、科學知識は、科學者がその時代のパラダイムや理論を前提にしているため、導出される結果が異なっていた。したがって、複数の理論の優劣は、その理論を扱う共同体のもつ目的や信念によって差異が生じる。そのため、ある理論が、数多の共同体に永遠に受け入れられるということなどは決してなく、絶えず更新されたり、革命的な概念変換によって覆されたりする、相対的なものなのである。森本は、相対主義的科學観が、ラカトシュ (Lakatos), トゥールミン (Toulmin), クーン (Kuhn) らの現代の科學哲学の直接的な反映であるとして、図 3.2 に示すように整理した。

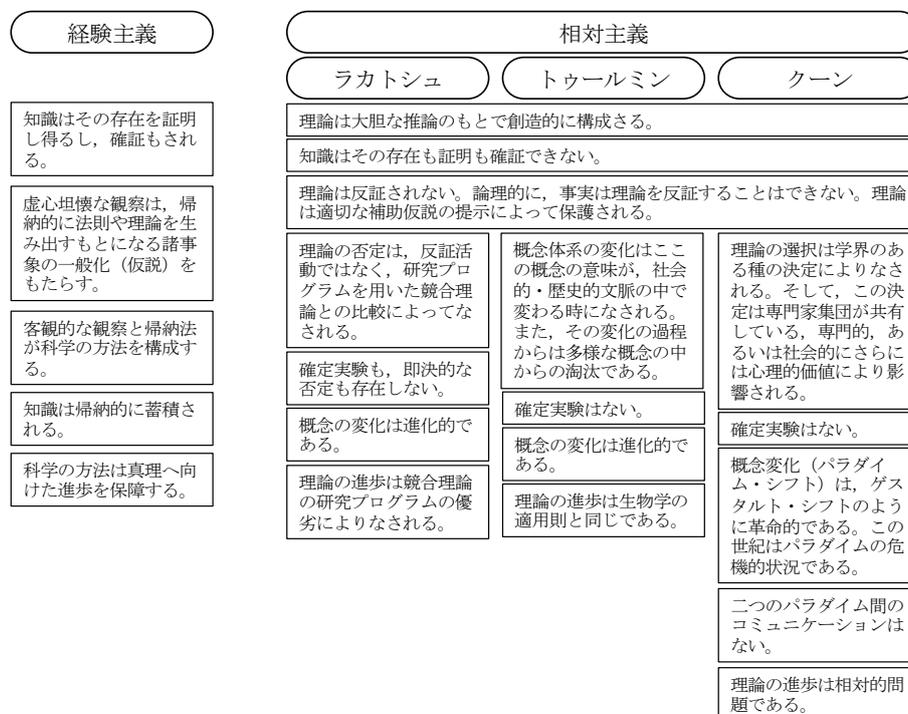


図 3.2 経験主義と相対主義 (森本, 1992: 61)

子どもは自らの参加する共同体において、どの理論を受け入れるのか、交渉し、吟味することによって、理科学習を発展させていく。換言するならば、理論を構築し、更新していく実践に参加することが求められるのである。このような相対主義的科学観に立ったとき、理科学習は、既に成立している事実を単に記憶、獲得し再生するのではなく、学習の実践に参加することで、知識を発展させる営みの重要性について理解することになる。すなわち、子どもが相対主義的科学観に立つことは、知識発展を志向する共同体における探究が開始されることを意味する。

第3項 学習科学の知見に基づく学習環境デザイン論

このような学習環境デザインに関する提言として、学習科学において得られた知見は、非常に有益である。学習科学は、1990年代以降、認知科学や教育心理学、文化人類学、など多様な学問分野を総合した学際的科学であり、学習と教育に関わる多様なアプローチから、科学的根拠に基づく教育改革を実践することを目指している。Bransford, Brown and Cocking は、学習科学の知見から得られた教育実践への示唆として、次の3点を挙げている (Bransford, Brown & Cocking, 2000 : 19-21)。1つ目に、既有知識を、学習を促進するものとして役立てることである。教室で学ぶフォーマルな知識だけでなく、その背景にある生活経験などに基づくインフォーマルな知識を考慮に入れた学習環境が必要である。また、そのために、形成的アセスメントを重視することが重要である。2つ目に、学習内容を深く理解できるような学習指導を行うことである。そのためには、インフォーマルな知識をフォーマルな知識と整合的に関連付ける必要がある。この関連付けには、教師自身が教科内容を深く理解していること、子どもの学習過程や思考の発達を理解できることが重要である。3つ目にメタ認知能力の育成の必要性である。教師がメタ認知の重要性を強調することにより、子どもたちはその重要性に気づくようになる。それによって自ら学習を制御し、進めていくことが可能になるのである。Sawyer は、これらの知見を

整理し、学習科学によって合意されている基本的な事実として、より深い概念的
理解の重要性、教授に加えて学習にも焦点を当てること、学習環境を創造す
ること、学習者の既有知識に基づくことの重要性、振り返りの重要性を指摘し
た (Sawyer, 2018 : 2-3)。

学習者、生活経験、知識、アセスメントなどの視点から捉える学習環境にお
ける、これらの指摘は、子ども自身が環境との相互作用によって、知識を発展
させていくときの教授・学習方略の視点として、有益であると考えられる。知
識発展は、共同体において共有している知識を更新し発展させていく営みであ
る。そこでは子どもが、それまでに構築されてきた文化的人工物を活用しなが
ら能動的に学習に取り組み、活動を振り返りながらより深い概念的理解を志向
するからである。この視点に立ったとき、Bransford et al.による学習環境のデ
ザインについての指摘は、共同体の知識発展について論じるにあたり、有益で
ある。

Bransford et al.は、図 3.3 に示す学習環境のデザインについて提唱した。こ
の学習環境のデザインは、共同体中心の学習環境 (community-centered) が、
学習者中心 (learner-centered)、知識中心 (knowledge-centered)、評価中心
(assessment-centered) の環境を包含し、これらの視点は互いに密接に関連し
ている。Bransford et al.は、共同体において子どもたちや教師が、学習を価値
あるものとみなす高邁な価値基準を共有していることの重要性を指摘し、教師
や教育関係者を含めた共同体に参加する者同士が相互作用し合う環境の必要性
を示した。

Bransford et al.が示した学習環境について、その主要なポイントについて、
次に示す。そして、これらの学習環境の要素と知識発展との関連について考察
する。

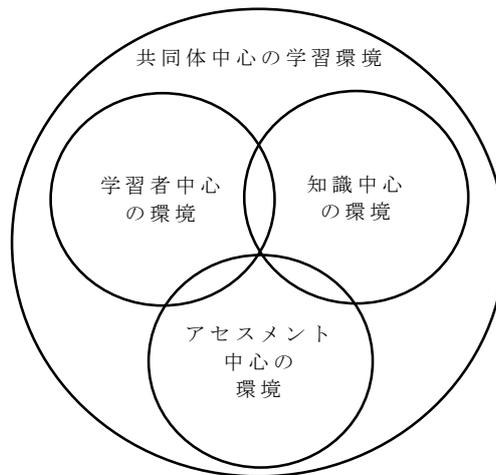


図 3.3 学習環境のデザインにおける4つの視点
(Bransford, Brown and Cocking, 2000 : 134)

(1) 学習者中心の環境

子どもは、教室で学習するときいわゆる「白紙」の状態ではない。既有知識やスキルをもっており、文化、状況に依存し、それに伴って学習に取り組む態度にも、教師は注意を払わなければならない。個々の子どもの成長に敏感であり、最も適した学習課題を工夫する必要がある。

このような学習者中心の環境をデザインするためには、①子ども一人ひとりの知識、技能、態度、信念などについて、診断的な指導 (diagnostic teaching) を行うこと、②子どもの文化的な実践やそれが教室での学習に与える影響に対して敏感になること、③日常の言語実践が尊重されることが重要である。したがって教師は、子どもたちが教室にもち込んでくる知識や信念、文化的実践などを理解した上で、教科内容と子どもとの橋渡しをすることが重要なのである。すなわち、教師は、子どもの興味や願いだけでなく、知っていること、気にしていること、できることやしたいことなどについて深く理解しておく必要がある。

知識発展に関わり、知識統合では、子どもの傾向を捉えて学習方略を検討し、知識や観念のレパートリーを広げることが明らかとなっている。また、知識構

築過程において、知識再編型の記述によって知識構築を行っていくことが指摘されている。これらはいずれも、学習者の実態から学習をスタートさせ、その変化や成長を捉えていく、学習者中心の学習環境の視点に則っているのである。

(2) 知識中心の環境

子どもたちが社会でうまく適応していくために必要な知識や技能を身に付けるためには、プランニングや方略的思考とそれを支える高度に体系化された知識が必要である。深い理解を反映するように体制化された知識は理解を促進し、深い理解を伴う学習は転移を促進する。したがって、知識中心の学習環境をデザインするときに重視しなければならないことは、子どもたちが理解に基づいて学習し、転移が生じるようにすることである。このような知識中心の学習環境をデザインするためには、①子どもが教科の原理を深く理解するのに必要となる情報や活動に注目すること、②子どものメタ認知的活動を促す環境であることが重要である。したがって、これらのことから、子どもが既有知識を考慮して知識中心の環境をデザインするとき、知識中心の環境は、学習者中心の学習環境と重なる部分が多くなる。

このような、知識中心の環境における教授法として、Bransford et al.は、「漸次式形式化 (progressive formalization)」を提唱した。これは、段階を追った支援によって、インフォーマルな概念がフォーマルなものに変容していく過程を、子ども自身が発見できるようにするものである。漸次式形式化において、子どもは自分のインフォーマルな概念に基づき、少しずつ体系的に学習を進め、その教科での概念や手続きを獲得していく。子どもが必要としている情報や活動を文化的人工物として構築し、子どもが自ら媒介できるようにする。さらに、これらを子ども自身がメタ認知できるように内省させ、フォーマルな概念に変容させていく見通しをもたせる活動、すなわち、学習環境デザインが重要なのである。

知識発展に関わり、漸次式形式化が達成されることにより、より基準の高い

フォーマルな証拠により意味が収斂し、概念理解を促進されると考えられる。この概念が科学的であり客観性や妥当性が担保されたものであるためには、基準の高い証拠に基づいた十分な吟味が必要になる。この合意形成に向けた吟味では、学習内容について教師が十分な知識の下で、深い理解を反映するように体制化することが重要である。

(3) アセスメント中心の環境

教室において利用されるアセスメントは、教師と子ども双方が学習過程の進捗を可視化する。アセスメントの利用に関して、形成的アセスメント(formative assessment)と総括的アセスメント(summative assessment)を区別することは、重要である。形成的アセスメントは、学習者の視点に立った評価であり、子どもは形成的アセスメントによって自分自身の思考過程を見直したり学習過程の進捗を知ったりすることができる。教師は、形成的アセスメントによって子どもの学習上の問題点を見出し、その後の探究と指導の方向性を探ることができる。総括的アセスメントは、学習活動終了時に子どもの学習成果を査定するためのアセスメントである。我が国においても、ペーパーテストや行動観察、論述やレポートの作成、発表、グループでの話し合いなど、多様な方法で評価し、学習状況の把握と指導や学習の改善に生かすとともに学期末や学年末に評価を総括することが示されている。(国立教育政策研究所, 2020: 3-22)

OECD 教育研究革新センターによる形成的アセスメントの研究によれば、形成的アセスメントは子どもの学習達成状況の向上を促す最も効果的な戦略の一つであることや、子どもの「学習の学習 (learning to learn)」技能を開発するために重要であることが指摘されている(OECD 教育研究革新センター, 2008: 25-36)。したがって、アセスメント中心の学習環境では、形成的アセスメントを重視し、教師と子どもの双方が、学習過程の進捗をモニタリングしたり、学習目標に沿ってフィードバックしたりすることによって、学習過程を修正する機会をもつことが重要である。

知識発展に関わり、他者との意見や考えの相違に気づき、意味を収斂させたり知識を統合したりすることで、新たな知識を創造する過程は、モニタリングとフィードバックによって支えられている。子ども自身によって知識発展を志向していくためにも、メタ認知を働かせることによって、合意形成してく能力が、教師のみならず、子どもにも求められている。

(4) 共同体中心の環境

人々が共同体の中でともに学ぶことによって成長し続けていくためには、「ともに学び合う仲間意識や規範」が成立している必要がある。そのために教師は、学級の中に仲間意識や共同体感覚が芽生えるようにすることが不可欠である。そうすることによって学級が学習者共同体となり、建設的な話し合いが促進され、協力して問題解決に取り組むことができるようになり、子どもたちの認知発達を促進するであろう。

Bransford et al. は、子どもたちが教室の中で、互いの考えを参考にしたり、話し合いを通して学び合ったり、協働的に問題解決に取り組む協働学習に関して多くの先行研究を分析し、その利点と同時に問題点についても指摘している。例えば、社会的偏見や学級内での評価が知識構築に影響を与えていることや、十分に理解していない子どもがいてもそれが見落とされる危険性などである。「協働学習の利点をすべての子どもにとって有益なものにするための方法を探究する必要がある」と述べている (Bransford, 2000 : 280)。

大島・大島は、学習科学における知見を整理し、学習環境デザインについて知識発展を思考する共同体において、子ども(学習者)自身が「知識構築実践に参画できるような学習環境を構築し、それに学習者が適応する過程そのものが知識創造活動に従事する有能さを習得していく過程であると考えられるべきであろう」と指摘している(大島・大島, 2009 : 411)。すなわち、子ども自身も学習環境デザインに参画し、貢献する主体なのであり、教師がそのことを子どもと共有していくことによって、子どもたちが自ら仲間意識や共同体感覚を醸成

していくことになるのである。そして、この意識や感覚の醸成こそ、知識発展には欠かすことができないと考えられる。

学習環境をデザインすることが、知識発展を志向する学習を構成するために必要であることを議論してきた。次節において、学習科学が依拠している構成主義的理科教授・学習論への歴史的変遷について、検討する。

第2節 構成主義的理科教授・学習論への変遷

前節において、知識発展を志向する共同体における、学習環境デザインの必要性について述べてきた。学習環境デザインは、構成主義的学習論の発展に基づいて、心理学や認知科学、学習科学などの研究を踏まえて構築されてきた理論であった。

本節では、これらの研究に関連する構成主義的学習論の変遷について精査する。具体的には、行動主義から構成主義へのパラダイム・シフトと、その後の構成主義の発展について、ピアジェの個人構成主義からヴィゴツキーの社会構成主義、コールの文化-歴史的活動理論について精査し、個人の認知としてネットワーク化された知識における記憶要素について検討する。

第1項 行動主義に基づく理科教授・学習論

行動主義は、20世紀初頭に隆盛した理論である。典型的な理論として、ワトソン (Watson) の行動主義の理論を挙げることができる (Watson, 1913)。ワトソンは、学習を刺激 (stimulus) と反応 (response) の連合として捉え、経験による活動の変容こそが学習であると提案した。刺激 (S) がある反応 (R) を誘発し、さらなる刺激が反応を誘発する。この繰り返しの経験によって学習がなされることが説明される。すなわち、全ての行動が S-R の要素に分類可能となるのである。

スキナー (Skinner) は、この S-R を学習の条件付けのメカニズムで捉えた。このメカニズムでは、外部刺激によって引き起こされる行動と、個体が自発す

るオペラント行動とを区別する。複雑な行動の的確な部分に対して報酬を与えることで、その行動が強化され、繰り返し生じやすくなる。言い換えるなら、強化刺激は一部の望ましい行動の発生を統制する。スキナーは、これを「オペラント条件付け (operant conditioning)」と名付けた。学習は複雑な行動の段階的あるいは連続的な模倣であると考えたスキナーは、教室での学習にすぐに応用できると主張した。

すなわち、行動主義から捉えると、学習とは習得に基づく行動の変化によって達成されると言える。行動を望ましい行動に変化させていくために、繰り返したり報酬を与えたりするなどの単純なフィードバックが有効である。基本的には、学習者の心的プロセスをブラックボックス化し、刺激 (S) に対する反応 (R) によってのみ、学習の達成を判断する。したがって、行動主義的学習論においては、知識を与えることが効果的に学習する方略であるとされ、ドリル学習やプログラム学習等において、基本的な理論として援用された。

このような行動主義心理学の立場から、Gagné は、学習を表 3.1 に示す八つのタイプに分類している (Gagné, 1977, 森本, 1992 : 6-12)。

Gagné は、簡単な言葉の定義や意味を確かめながら、様々な事象に当てはめて理解が進んでいくことを示し、学習にかかる時間を問わなければ年齢にかかわらず、段階に沿って学習を進めることによって期待される学習成果が得られると主張した (Gagné, 1968)。これはプロセス・スキルズとして、信号学習から順に学習を進めることによって、最終的には自らの力によって問題解決が可能になることを主張したのである。

これらの行動主義的学習論は、「知識を客観的に把握できる実態として捉え、知識の置かれている状況から知識を分離した中で分析を加えることで構造を説明することができるという信念」を前提としている (久保田, 2000 : 21)。つまり、知識構造を明確化し学習のプロセスを設計することによって、どのような状況においても、より効果的な教授・学習が達成できるというわけである。したがって、重視されていたのは客観的な学習成果であり、観察可能な一定の方

法論にのみ焦点化されており、子どもが以前に経験や学習したことに対する考慮がなされていない。脱文脈化され一つひとつに区切られた知識を、いかに効果的効率的に伝達するかということに、教師は注力してきた。これは、我が国においても、静的な学力観として勝田の指摘に基づいて第1章で議論した通りである。すなわち、組織化されている知識について、あらかじめ構成された内容をどれだけ獲得できているか、という一点において捉えられているパラダイムである。このような学習環境から、子どもが置かれている状況において、心的プロセスを明らかにし内面にアプローチするためには、新たな教授・学習論によるパラダイム転換が必要であった。

表 3.1 ガニエ (Gagné) による八つの学習のタイプ
(森本, 1992 : 6-12 を基に作成)

学習タイプ	活動内容
信号学習 (Signal Learning)	古典的なパブロフ流の「付随的な学習」を指す。幼児が親の大声に対して条件反射的に苦痛の到来を感得することなどがこの例である。
刺激反応学習 (Stimulus Response Learning)	オペラント条件づけに似た学習であり、基本的には特定の刺激に対する反応を形成することが狙いとされている。この意味で、形式的には S-R 型の学習を目指しているが、ここでの反応は「随意的である」と言える。
連鎖づけ (Chaining)	古典的なプログラム学習に見られるように、学習内容全体をスモール・ステップに分け、逐次反応を確認することにより学習内容の定着化を図る方法である。いろいろな S-R を結びつけることによりある種の内容を学習させようとするものである。
言語連合 (Verbal Association)	ここでの学習は子どもたちが既に学習した言語を色々なパターンに連合することを意味している。1メートルの100分の1が1センチメートル等の度量衡に関わる理解、あるいは公式の想起等を意味している。
複合弁別 (Multiple Discrimination)	多くの物理的刺激の中から、それぞれを他のものから区別することである。例えば、ある物の中に金属と非金属部分を同定したり、あるいは植物の葉に平行脈と網状脈を見いだしたりすることである。
概念学習 (Concept Learning)	複合弁別学習では事象の色々な刺激を同定することが必要とされたが、ここでの学習はこれらを、ことば、すなわち概念として一つにまとめ、ある種の意味を付与することである。たとえば、溶解、植物、金属、気体、電流、回路、侵食、堆積等。
原理学習 (Principle Learning)	二つ以上の概念を結びつけて、そこに意味、すなわち概念を説明する原理を見いだす学習である。一つの原理が形成されると、さらにこれより上位の原理が形成される。たとえば、個体、液体、気体という三つの概念を結びつけて、「すべての物質は三体変化する」という原理が構成される。
問題解決 (Problem Solving)	これまでに学習してきた概念、原理を用いて野外や実験室で未知の自然事象に対する多様な解釈、すなわち実験を試みることである。

第2項 構成主義に基づく理科教授・学習論

行動主義的学習論において、子どもの心的内面をブラックボックス化して教授・学習論が組み立てられており、教える側が知識を分析、構造化することによって効率的に知識を伝達する方法を開発してきた。これに対して、構成主義（constructivism）は、子どもの主体性と学習環境に対する能動的かつ積極的な働きかけを重視する。構成主義とは一般的に、子ども一人ひとりが積極的に様々な事象に働きかけ、その経験から主体的に意味を作り出そうとするときに、彼ら一人ひとりの中に知識が構成されるとする認識論的見解である。そのため、久保田（2000）は、「構成主義の教育理論では、このような学習者が主体的に世界と関わることを支援するための環境を整えることに重点が置かれる」（久保田，2000：49）と説明している。本項では、構成主義の歴史的変遷を議論することにより、学習環境デザインの基本的概念を明確にする。

（1）ピアジェの認知発達論

ピアジェ（Piaget）は、子どもが環境との相互作用によって子ども自身が知識を構成していく心的プロセスに着目した。ピアジェは、子どもの認知発達に関して「スキーマ（スキーマ：schema）」、「操作（operation）」、「同化（assimilation）」、「調節（accommodation）」、「均衡化（equilibration）」などの概念を導入し、その構造について考察している。スキーマとは心的構造、すなわち人の認識の枠組みを意味する。ピアジェは、まず、子どもを学習者という「主体」とそれを取り巻く環境である「客体」という二つの関係性に着目した。子どもは、客体の論理構造に対して操作、すなわち問題解決に当たって内面化されているスキーマを用いる。操作することにより既存のスキーマに客体の論理構造を取り入れることで質的により高次のスキーマを構成していく。このときに行われるのが、「同化」と「調節」である。同化とは、既存のスキーマを用いて情報を取り入れることである。子どもはこれまでに構築してきたスキーマを保持しようとする。取り入れたスキーマと自分のスキーマとの間に齟齬が生じたとき、二つ

のスキーマの整合性を取るために調節を行う。調節とは、今あるスキーマによって事象の取り入れが困難であるときに、質的に異なる新たなスキーマを獲得することである。こうして、スキーマは主体と客体の間でバランスを取りながら次第に環境の論理構造に近づいていく。このバランスを取りながら環境の論理構造に近づいていくことを均衡化という。均衡化は、常に主体と客体の関係性を通じて行われるため、子どもが学習環境に関わり続ける限り、ダイナミックに可動し続けている状態であると言える。

スキーマは、空間、時間、因果、関係などに分類され、発達段階に応じて構成される内容が変化する。ピアジェ理論における主要な指摘として、スキーマは質的に異なる領域に普遍的な段階性を帯びて変化的なものであり、及び子どもの高次の論理的思考がスキーマの論理操作を通じて発達段階的に得られることが挙げられる。すなわち、ピアジェは、それぞれの段階ごとに固有の認識能力を発揮することを提起した（ピアジェ、1972）。

感覚運動期

0歳から2歳までに子どもが獲得する最初のスキーマである。この段階のスキーマは子どもが環境に働きかけることによって生じる動作的なものである。外部の事物と自分の身体との間の直接的相互依存性により成立しており、イメージや言語などが媒介していない。そのため、このスキーマは思考によって操作されることができず、対象や事象が目の前になければ、それを想起することができない。

前操作期

2歳から6歳までに子どもが獲得するスキーマであり、言語活動、シンボルあそび、心像などによって内面化された活動である。こうした操作段階に入ることによって、子どもは心内において事象を想起したり予測したりすることが可能になる。したがって、子どもの認識は動作的なものから、抽象的なものへと変化していくと解釈される。一方で、子ども自身の視点に囚われ他者の視点に立って物事を考えることができないため、限定された範囲の情報しか得ることができ

ない。これにより、形の異なる容器に液体を注ぎ変えるとき水面が変わったことにより液体の量が増減したと捉えるなど、数や量の保存課題ができない。これをピアジェは自己中心性として説明した。

具体的操作期

7歳から11歳までに獲得するスキーマによって、具体的な対象や活動に照らし合わせて、事象に内在する論理性に着目し、思考することができるようになる。これにより、子どもは自己中心性を脱却し、脱中心化できるようになる。また、数の保存、系列化、分類、推移性といった論理操作が可能になる。しかしながら、これらは対象に対して働きかけることによって行なわれるため、抽象的な概念を用いた推論は不完全で恣意的なものにとどまる。

形式的操作期

11,2歳ごろから構成されはじめるスキーマによって、言語や記号を用いることで、具体的な内容に依存しない抽象的な思考を獲得する。仮説に基づいて結論を導く仮説演繹的思考が可能となる。仮定された命題どうしを関連付け、命題論理や比例概念などの抽象的な論理操作が可能となる。こうして、子どもの知識は一般性、抽象性を兼ね備えた、手続的枠組みの論理操作を可能とするのである。

ピアジェは、行動主義的学習論において捉えることのなかった心的プロセスに焦点を当て、刺激に対する反応がいかにか形成されているかについて論じたのである。ここで着目すべき視点として、スキーマの変化は、主体が学習環境に積極的に関わり、その相互作用によって引き起こされていることである。それにより、主体と客体を分化させ、言語やシンボルなどを操作することにより、抽象度の高い高度な思考が可能となることを明らかにした。

このピアジェ理論を基軸に開発されたイギリスの Science5/13 は、教育の内容・方法の全面に渡って取り上げており、注目に値する。Science5/13 は、5歳から13歳の具体的操作前期から形式的操作初期の子どもを対象にした、ピアジェの発達段階に沿う形で教材を配列した理科プロジェクトである。このプロ

ジェクトは、これらの発達段階にいる子どもたちの思考の構造に合致した教材を開発するために学習する科学概念や論理の発達過程を分析した(森本, 1992: 12-22)。森本は、*Science*5/13における内容は学習の到達目標ではなく、「このような分析に沿う形で学習の内容と方法を教師が準備するとき、彼らはまさに前操作を克服し、具体操作へ至り、最終的な到達点である形式的操作期へ向かうレディネスを獲得することができる」ことが重要であると指摘した(森本, 1992: 15)。すなわち、試行錯誤させるのではなく、事象理解をいくつかの基準を設けることによって組織的に整理して理解させることがねらいとされているのである。したがって、行動主義的学習論から派生したアプローチと、その方法論は異としながらも、「理科の学習論として具現化されるとき、その最終目標は、『知識の習得方法』重視という観点から、くしくも一致する」のであった(森本, 1992: 22)。このように、ピアジェ理論は、プロセス・スキルズと同様に、どの子どもにおいても、どのような内容においても適合させうる「定型の学習スタイル」が想定されていることに対して議論が生じたのである。

一方で、ピアジェは構成主義の視点から、子どもが環境との相互作用によって子ども自身が知識を構成していく心的プロセスにアプローチすることに評価を得て、中心的な地位を占めることになった。これは、学習環境デザインにおいて、学習者中心の環境デザインの視点が示されている依拠の一つである。

(2) ヴィゴツキーの社会構成主義的教授・学習論

ピアジェ理論は、行動主義的学習論とともに、学習の斉一性に対する問題が指摘された。人は周囲の事象を同じ方法で学習しているのではなく、彼ら自身が所属する社会や文化に依存した知識構成が行われていると解釈する考えである。

ヴィゴツキー(Vygotsky)は、人の発達はその社会的な要因に応じて変化すると考え、社会構成主義的教授・学習論を展開した。ヴィゴツキーは、概念形成や言葉の意味の取得、記憶、注意、思考など、自覚性と随意性を基本的特性とす

る「高次精神機能 (higher mental function)」の発達について、社会的な視点から相互作用が直接的な影響を与えるものとして、次のように位置付けている。

「あらゆる高次の精神機能は、子どもの発達において二回現れます。最初は集団的活動・社会的活動として、すなわち精神間機能として、二回目は個人的活動として、子どもの思考内部の方法として、すなわち精神内機能としてあらわれます。(中略)今は、子どもにとってまわりの人たちとの相互関係、友だちとの協同の中でのみ可能であることが、発達の内的過程が進むにつれて、後には子ども自身の内的財産となる一連の内的発達過程を子どもに生ぜしめ、覚醒させ、運動させるという事実にある、と断言してもよいでしょう」(ヴィゴツキー、2003: 21-23)。集団的活動・社会的活動において、子どもは周りの人間とのコミュニケーションの手段として、道具としてのことばを機能させる。精神間機能について「ことばの最初の機能はコミュニケーション・社会的結合の機能であり、大人の側からにせよ子どもの側からにせよ、周りのものに働きかける機能である。だから、子どもの最初のことばは、純粹に社会的なもの」(ヴィゴツキー、2001: 67)と説明している。これらのことばは、コミュニケーション・社会的結合の機能から次第に分化し、子どもの言語的論理的思考の基礎として「内化 (internalization)」する。これが、精神内機能として現れるのである。すなわち、単に物質的な外界との相互関係においてではなく、周りの人間との集団的社会的活動を構成する学習環境において、子どもは高次精神機能が発達すると捉えることができる。

精神間機能による精神内機能への影響について、ヴィゴツキーは「発達の最近接領域 (Zone of Proximal Development)」として論を提起した。図 3.4 に示した発達の最近接領域は、子どもが独力でできる作業と教師や自分よりも知的な仲間との協働によってできる作業との間に生じる差の存在を示している。ヴィゴツキーは「共同の中で、子どもは自分一人でする作業のときよりも強力になり、有能になる。かれは、自分が解く知的難問の水準を高く引き上げる。」と説明している (ヴィゴツキー、2001: 300)。「教育課程は、すでに存在し、組織

され、成熟した子どもの特質よりは、むしろ子どもの発達の最近接領域のなかにあるかれの特質に最も直接的に依存するものである」と表しているように、教師や仲間との対話や協働、すなわち心理的な道具が足場かけとなり、精神間機能から精神内機能への高次な精神機能の発達を促すことを示した（ヴィゴツキー，2003：36）。これは、学習環境デザインにおいて、アセスメント中心の視点が示されている依拠の一つである。子どもの現時点での発達水準とともに潜在的な発達水準についてアセスメントすることにより、発達の最近接領域を的確に捉え、より効果的な学習環境デザインを行うことができるようになるからである。

ヴィゴツキーは、高次精神機能の発達について社会的相互関係において捉えたが、いわば実験室のなかでの実験における分析であり、意識が形成される文脈や活動に十分な注意が払われていないことや、多様な文化的背景の学習者にとっての考慮が十分ではないなどの批判がなされたのである（コール，2002：470-473）。この批判からも捉えられるように、ヴィゴツキーの社会構成主義的教授・学習論は、個人の認知発達において社会との相互関係によって、個人の内部に知識を構築する理論として説明される。これは、Paavola et al.が指摘した知識創造における獲得メタファーの学習理論として捉えることができる。共同体の知識発展を志向する学習環境デザインでは、文化的背景や状況を重視しており、更なる検討が必要である。この点において、次に議論するコールの指摘は有益である。

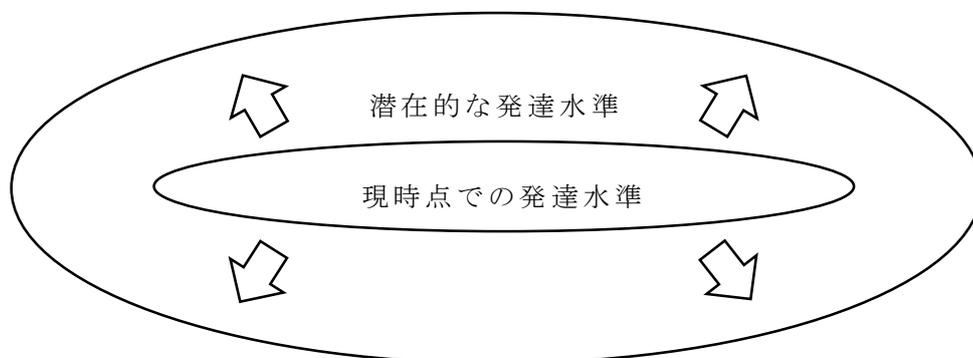


図 3.4 発達の最近接領域

(3) コールの文化-歴史的活動理論

コールは、さらに、比較文化的研究やヴィゴツキーの社会構成主義的学習・教授論などを再構成し文化心理学として整理した。コールは、ヴィゴツキーをはじめとするロシアの研究者たちが行ったように道具 (tool) の概念から始めるのではなく、より一般的な人工物 (artifact) の下位カテゴリーとして道具の概念を扱うことで、意識が形成される媒介的行為とその活動的文脈における一般化を試みたのである (コール, 2002: 161-202)。

コールは、人工物を「物質世界の一つの側面であって、それは目標志向的な人間の行為に取り入れられ、長い歴史の中で変形されてきた」ものであり、概念的なものでも物質的なものでもあるとした。(コール, 2002: 162)。この人工物は、人間が活動や実践を行うときにその媒介物、産物、そして、前提条件として現れ、文化の基礎的な構成要素であると位置付けられた。

コールによると、ロシアの文化-歴史心理学者たちは、個人と人工物による媒介と、それに並んで生じる環境との構造的関係を、図 3.5 のように示した (コール, 2002: 164-165)。これは、主体 (subject) -媒介 (medium) -対象 (object) の三項関係を表している。コールは、この構造図について、「主体と対象が単に『直接的』に結び付けられているだけでなく、同時に、人工物 (文化) からなる媒介物を通して間接的にも結びついている」と説明した (コール, 2002: 165)。さらに「活動の中に道具が組み入れられると、新しい構造の関係が作りだされ、そのなかで、(媒介された) 文化的構造と (無媒介の) 自然的過程が、相乗的に作用するのである。つまり、自らの目標を達成するために自分の環境を自己のものにするという能動的な行為によって、人々は、補助手段を (重要なことだが、他の人々を含めて) その行為に組み込むのである」と指摘した (コール, 2002: 165-166)。すなわち、したがって学習とは、学習者が人工物を用いることで対象を認識し、思考し、対象に働きかける活動が、新しい構造として作りだされる過程であると捉えることができる。

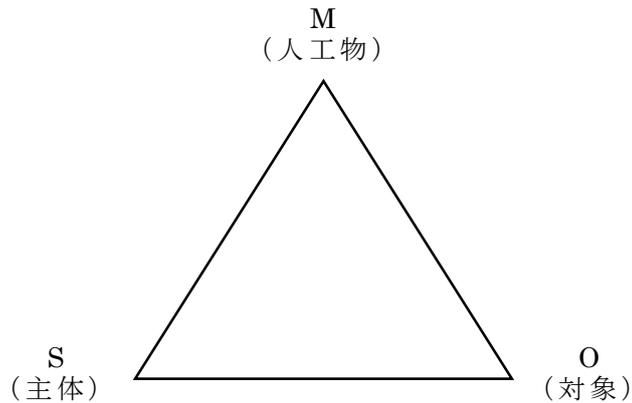


図 3.5 基礎的媒介三角形 (コール,2002 : 165)

コールは、子どもの学習における大人の本質的な役割として、人工物を使用した媒介システムを社会的関係においてうまく組織化する必要性を指摘している (コール, 2002 : 378-383)。

コールは、読みの発達過程を事例に、図 3.5 に示した基礎的媒介三角形の主体 (S)、対象 (O)、人工物 (M) をそれぞれ置き換えて、図 3.6 の図式を示した。これらは、教授の始めに子どもの読みの発達の基礎となる二つの媒介的システムと子どものための将来の発展した媒介システムである。常識的事実として、子どもは大人を媒介として世界を認知し、相互作用することができる (A)。大人はテキストを媒介として世界を認知し、相互作用することができる (B)。学習の目標は、子どもがテキストを媒介として世界を認知し相互作用できること (C) である。これらは、ヴィゴツキーが、高次精神機能が精神間機能から精神内機能へと発達するとした指摘と同一の構造を示している。この捉えに依拠すると、コールが指摘した基礎的媒介三角形を基軸とした提案は、Paavola et al.が指摘した知識創造における獲得メタファーの学習理論として捉えることができる。

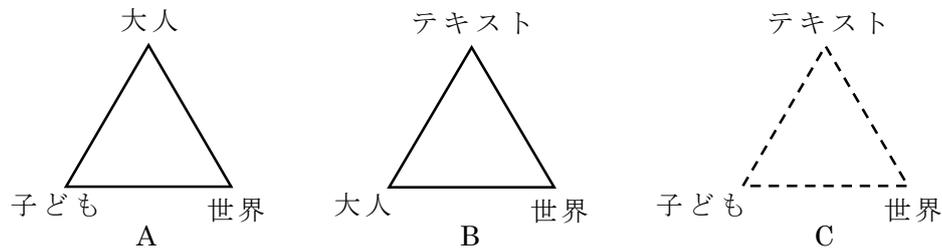


図 3.6 読みの発達過程における媒介三角形（コール，2002：381）

コールの指摘において有益である点は、この媒介三角形によって、子ども自らが人工物を媒介として世界と相互作用するための学習を成立させていることを説明していることにある。図 3.6 の 3 つの媒介三角形を並置し、分析的／教育的方略として示したものが図 3.7 である。ここでは、子どもが大人を媒介として世界と相互作用できるように、テキストを媒介として世界と相互作用できるようにすることを示している。そこには、大人が人工物であるテキストを媒介として、世界と相互作用する精神間の媒介システムが存在している。したがって、大人が行っている人工物を媒介として実践したことについて、詳細に分析することによって、子ども自らが人工物を媒介として世界と相互作用するための学習を成立させることができることを表しているのである。子どもが文化に参加し、人工物を媒介として世界との相互作用を志向する実践であると捉えたとき、コールが指摘した媒介システムにおける教育的方略を基軸とした提案は、Paavola et al. が指摘した知識創造における参加メタファーの学習理論の側面が、強く現れてくるのである。すなわち、学習環境デザインにおいて捉えたときに、文化的人工物を共同体の参加者が共有し、媒介として学習していることについて説明していると言える。一方で、この文化的人工物が発展することについての言及は、なされていない。共同体における文化的人工物の発展、すなわち、知識発展を捉える上で、ホワイトの指摘した記憶の 7 要素を用いて、次に議論する。

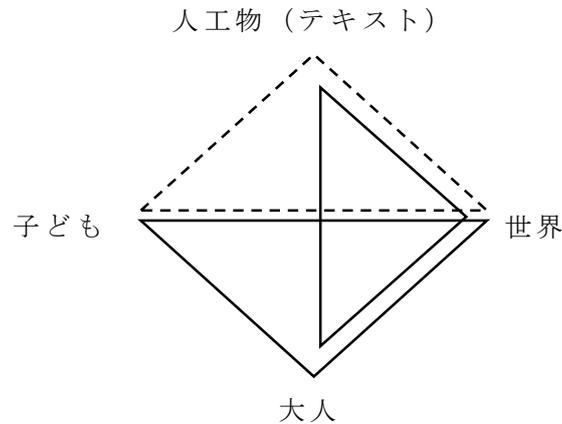


図 3.7 媒介システムにおける分析的／教育的方略
(コール, 2002 : 382 を基に作成)

(4) 情報处理的アプローチによる知識のネットワーク化

知識発展を志向する共同体において、自らが構築していこうとしている知識が、学習者によって違っていることに気づき、視点を交渉して協働的知識を構築していく実践を学習としている。このように構築された知識や科学概念とは、個人や共同体の外にあって客観的に存在しているものではなく、文化に依存し、現代社会の文脈において妥当であるとされている客観的事実の積み重ねであると言える。記憶は学習者個人の経験や既有概念によって関連付いて構築されており、思考は共同体において背景とされる文化状況に依存(context dependency)していると考えられる。これは、コールとスクリブナーが示した考え方であり(コール・スクリブナー, 1985 : 248-296)、思考というもの一つの尺度によって定義付けたり程度を測ったりすることは不可能なのである。

共同体において知識を更新する実践に参加し、貢献することが学習の営みであるとする学習環境デザイン論において、文化状況に依存する個人の知識構築を捉えるには、ホワイトの指摘は非常に有益である。なぜなら、個人が既存の知識として蓄えている記憶は、文化状況に依存する要素を包含しているからである。

ホワイト(White)は、理科学習における記憶を「整理棚のように仕切られて

いる『静的な情報システム』ではなく、むしろ非常に複雑なモデルによって記述される『動的な情報処理過程』であると言える」と指摘した（ホワイト, 1990 : 40）。この動的な過程としての記憶の記述をするために、学習内容の相違に基づいて、表 3.2 に示した 7 つの要素にタイプ分けし、定義付けた。森本は、このアプローチによる知識観において、「一つひとつの概念は孤立して存在しているのではなく、ネットワークとして相互に結び付けられて存在することにより、多様な問題に対して判断を下す機能（つまり方略）として結実していく」と指摘している（森本, 1992 : 86）。これは、知識が文化状況に依存し、文脈に結びついた形で記憶され、それによって方略が選択されることを示しており、共同体における知識を捉える要素として有用であると考えられる。

表 3.2 記憶要素の七つのタイプ（ホワイト, 1990 : 41）

要素	簡単な定義	例
ストリング	一つひとつが分離されず、まとまりをもった形で記憶されているひとつながりのことば、あるいは記号	すべての作用には、これと等しく向きが反対の作用が働く
命題	概念（ことば）の性質あるいは概念感の関連性についての記述	イースト菌は単細胞である
イメージ	感覚についての心的表象	アザミのじょうご形、塩素の臭い
エピソード	経験あるいは目撃した事象についての記憶	実験室での事故、顕微鏡の組み立て
知的技能	心的な課題遂行能力	化学反応式の両辺の収支を計る
運動技能	肉体的な課題遂行能力	ある印まで液体を注ぐ
認知的方略	思考をコントロールする際の概括的一般的技能	別の解釈を受け入れる、学習目標を決める、学習が成功しそうか判断する

これら7つのタイプの記憶要素は、図3.8に示す関連によって実際の問題解決に活用されていく(森本, 1992: 86-89)。この指摘を踏まえれば、知識発展を志向する共同体において、これらの記憶要素に基づく知識を意図的に引き出し、議論することによって知識の相互関連を強化し、更新することで知識発展が達成されると捉えられる。すなわち、知識発展において、文化に依存し、文脈に沿った記憶要素の共有が不可欠であり、共有された記憶要素を吟味することによって知識が発展していくと考えられる。

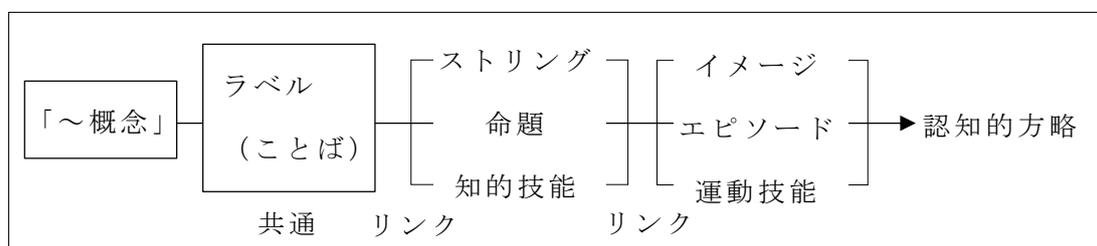


図 3.8 「～概念」を構成する記憶要素

第3節 知識創造メタファーに基づく理科教授・学習論

前節では、学習環境デザインが基盤としている構成主義的学習論の変遷について精査した。共同体における人工物が個人に取り入れられることにより、個人の認知としてネットワーク化された知識における記憶要素が構成されることを明らかにした。本節では、学習環境デザイン論の理論的位置付けを明確化することで、知識発展を図る理科学習環境デザインの特徴を明らかにする。

第1項 参加メタファーに基づく学習論

レイヴとウェンガーの状況的学習論

学習環境デザインにおいては、個人に焦点を当て社会的な相互作用は個人の認知や学習が起こる文脈として捉えていた認知的アプローチとともに、相互作用のアプローチが必要である。相互作用のアプローチとは、環境の中で物や情報システムを伴った共同行為に参加する個人が、集合したグループにおける協

調のパターンに焦点を当てるアプローチである。これら二つの統合を志向するアプローチが、状況的アプローチである (Greeno, 2006)。「状況的アプローチでは、問題解決は集団の中で起こるものであるということを前提に始まる。共同の問題解決に加わると、参加者は、会話をしたり、身振り手振りで表現したり、互いに視覚的な表象を作り出すことで相互作用する」(Greeno, 2006: 71)。すなわち、状況論的アプローチでは、これらの表象を記号と状況の関係として扱い、活動する人々の解釈によって生じるものとみなしているのである。したがって、学習者は、このような実践へ参加することが重視されるのである。

レイヴ (Lave) とウェンガー (Wenger) は、このような共同体における実践に参加すること自体が学習であり、社会的状況や文脈に埋め込まれているとする状況的学習論を提唱した (レイヴ・ウェンガー, 1993)。状況的学習論では、学習と状況が分離不可能な状態で実践されているという立場を取る。これは、学習が実際的な状況の中で行われているということだけでなく、その状況自体に学習と実践知が存在し、学習がなされることによって状況が再構築されていくことを意味する。これまでの学習論においては、学習を知識の内化として見ていたのと対照的に、レイヴとウェンガーは、「実践共同体への参加の度合いの増加」として見ている (レイヴ, ウェンガー, 1993: 25)。学習者が、ある実践の共同体に参加する過程で、社会的な関わりや様々なものとの相互作用によって学習が生じる。その学びは、共同体の参加者に分かたれている。学習の過程において、学習者は共同体の新参者として重要な実践ではない周辺的な実践を担当するところから始める。技術の熟達につれて中心的でより重要な実践を担当する十全的参加者へと変化していく。レイヴとウェンガーは、この学習論を「正統的周辺参加」という言葉で説明した (レイヴ, ウェンガー, 1993: 1-20)。

ウェンガー、マクダーモット、スナイダー (Wenger, McDermotto & Snyder) は、実践共同体 (communities of practice) が、知識を有効に体系化する上で極めて重要な要素であり、共通の基礎知識を確立する役割をもっていることを指摘している。知識は、個人の中に閉じられたものでも独立体の情報資産とし

て管理できる静的な「もの」ではない。「知る」という行為は個人的経験である。実践共同体において知識が体系化されることは、相互交流を行いながら大勢の人々とが関わり合うプロセスを通じて発達する、動的なものなのである。すなわち、実践共同体における知識とは、静的で形式的な知識だけでなく、個人が「知る」ことによって得られた経験による動的な実践知がその大部分を占めているのである。知識の中に必須の基礎的知識である「共通の基盤を確立し、すでによく知られていることを標準化することによって、メンバーが創造的なエネルギーをより高度な問題に傾けられるようにすること」は、実践共同体の課題である（ウェンガー、マクダーモット & スナイダー、2002：42）。

実践共同体において必須の基礎的知識として、コールが指摘した「人工物」を構築するとともに、個人が共同体に対して実践知を積み重ねることによって、共同体への参加の度合いが増加し、学習が成立することが示唆されている。したがって、この学習は、共同体において十全参加を志向する実践として捉えることが可能であり、Paavola et al.が指摘した参加メタファーの学習理論と軌を一にしていると捉えることができる。

第2項 知識創造メタファーに基づく理科教授・学習論

エンゲストロームの拡張的学習論

コールが、媒介システムを並置して子どもの学習を説明したのに対して、エンゲストロームは、基礎的媒介三角形を他の人々（共同体）、社会的規則（規則）、主体と他の人々の労働の分業を含めた、図 3.9 に示す「拡張的学習」モデルを提起した（エンゲストローム、1999：79）。これを、コールが提案した媒介システムにおける分析的／教育的方略（図 3.7）と重ねて捉える。主体が道具、すなわち人工物を媒介にして対象と相互作用するとき、主体は他者との社会的相互作用によって、学習を有意味なものにする。図 3.7 において「大人」と示されていた部分は、図 3.9 において「共同体」として捉えることができる。すなわち、共同体の媒介によって、対象との相互作用も生じる。エンゲストローム

(Engeström) は、「共同体」に加えて「ルール」及び「分業」によって活動を拡張させ、その学習活動の質を向上させていると説明した。これによると、子どもの学習を有意義なものにするためには、子どもの所属する共同体、社会や文化による背景などを含め、人工物についての理解とその媒介による相互作用について十分な分析が不可欠となる。学習環境デザインにおいて、人工物を媒介とする知識中心の学習環境をデザインすることの重要性は、これらの主張を基盤としていると捉えることができる。野原・和田・森本は、エンゲストロームによる拡張的学習を理科授業デザインの視点として援用し、主体的・対話的で深い学びを通した子どもの科学概念構築に関わる変化の様態について、形成的アセスメントの要素とその関連性を視点として分析している（野原・和田・森本，2018）。その結果、野原らは、知識としての「道具」が構築され、さらに、質的変容が図られたことを示した。すなわち、拡張的学習による理科授業デザインが具現化されることで、主体的・協働的に科学概念が構築されたことを明らかにしたのである。すなわち、拡張的学習モデルにおいて、媒介する文化的人工物の変容していくことによって、科学概念が構築され知識発展が図られているのである。これは、学習によって、共同体の実践によって、文化的人工物の変容し、共同体の実践そのものが変容して知識発展されていく点において、知識構築と軌を一にする。一方で、「ルール」、「分業」における具体的行為の内実をより明らかにすることや「ルール」、「分業」を促進していく機能の検討などの課題も指摘されている（野原・和田・森本，2018）。

共同体における人工物を媒介とした学習について、コールは、例えば読みの発達理論について、媒介システムを用いてその構造について説明している（コール，2002：375-893）。この事例においてコールは、読みの教授の目標として「子どもに印字されたテキストを用いて、解釈活動を再構成する手段を与えること」と述べている通り、個人ができることや知識の量が増大することとして捉えていた（コール，2002：378）。一方で、エンゲストロームの提起した拡張的学習モデルは、媒介システムをルール、共同体、分業に拡張することで、個々

の人間の認知過程の枠を越えた活動システムについて分析，援助，創造するための理論である。この理論によって，個々の心的プロセスについて捉えるだけでなく，システム諸要素間の内部矛盾が，システム全体に変革をもたらす要因となっていることを分析することが可能になる。したがって，拡張的学習モデルによって，学習が個人の精神内にとどまることなく，活動システムの制度的な文脈や歴史も捉えることが可能となるのである。すなわち，学習がなされることにより状況が再構築されるだけでなく，文化的実践についても絶え間なく変容し，文化的人工物の発展が具現化されるのである。これが，Paavola et al.によって，知識構築と並んで示された，知識創造メタファーの学習理論である。

知識発展を志向する学習環境デザインにおいては，このように，個人，人工物，及び媒介的行為のみにおいて捉えることなく，共同体とその文化的実践にも言及し議論する必要がある。すなわち，共同体とその文化的実践についての視点は，知識創造共同体の特徴でもある，共同体における知識を更新し発展させる実践を促進することになる。

次章において，これらの学習理論を踏まえて，理科における共同体の知識発展を図る理科学習環境デザインを具現化するフレームワークを開発し，これに基づく理科授業デザインについて議論する。

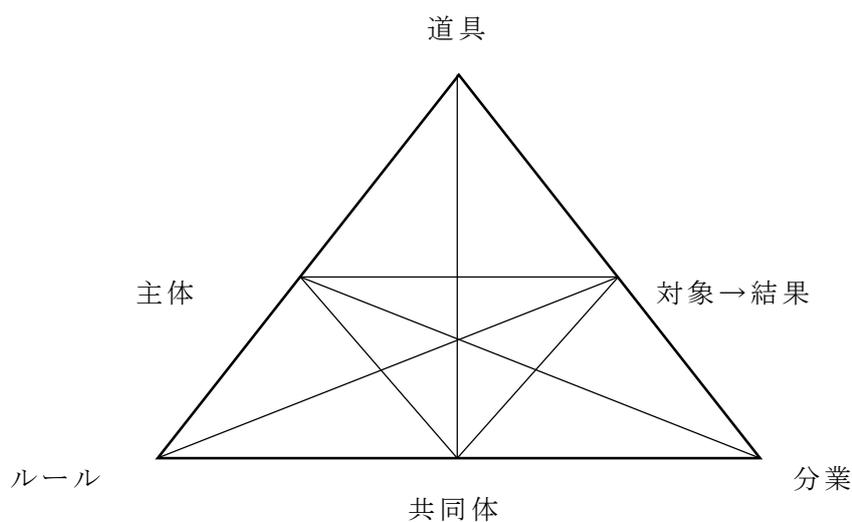


図 3.9 「拡張的学習」モデル（エンゲストローム，1999 簡略）

第Ⅱ部 理科教育における学力形成を具現化する学習環境デザインと
それに基づく知識発展を図る理科授業デザイン

第4章 共同体における理科学習環境デザインフレームワークの開発

前章において、構成主義的理科教授・学習論を基盤とする学習環境デザインの視点について議論した。子どもは、他者との相互作用により知識を構築し、文化的人工物として共有していくことを明らかにした。視点を共同体に焦点化したときに、共同体において知識発展を図る学習環境デザインが、重要であると換言できる。すなわち、学習環境デザインにおいて科学概念構築を志向する共同体の構成が、肝要になる。

本章において、学習環境デザイン論を基軸に、Garrison が提唱している探究の共同体フレームワークについて議論する。

第1節 理科授業における学習環境デザイン論

学習環境デザインにおける理科授業で肝要となるのは、科学概念構築を志向する共同体の構築である。子どもたちは、教師とともに学習の共同体における実践を行い、学習する。その過程で子どもは、自らの経験において構築してきた科学的な概念をもち寄り、他の参加者との相互作用において文化的人工物を構築し、より妥当な、科学概念として取り入れていくのである。

前章において示した Bransford, Brown and Cocking が指摘した、学習環境デザイン論を援用した我が国の理科教育研究として、渡辺・森本・小湊の研究が挙げられる（渡辺・森本・小湊，2014，2016，2017）。渡辺らは、学習環境デザイン論が「問題解決を通じた理科授業を踏まえることにより、児童・生徒の『科学的な思考・表現』を充実させ、それが彼らの科学概念構築過程として結実する授業を実現するために具備すべき必須の視点」であると指摘した（渡辺ら，2014：109-119）。また、渡辺らは、Taylor, Fraser and Fisher の提案した学習環境の枠組みを、理科授業に即した学習環境デザインの枠組みに援用することで、「問題意識をもって実験方法を考案し、実験により必要な情報を取り入れていく活動と、他者との議論によって、知識を構築し、それを適切に表現

する活動の実現を促すことができた」ことを明らかにした(渡辺ら, 2016: 469-480)。さらに渡辺らは, 心理的・社会文化的学習環境デザインの枠組みに基づくことで, 「新しい時代に必要となる資質・能力の育成のために, 主体的・協働的に学ぶ学習とその指導方法, 評価方法の充実」に寄与できると指摘している(渡辺ら, 2017: 423-434)。

これらはいずれも, 理科授業デザインにおいて, 文化的人工物である学習内容や学習活動を配置することによって, 共同体における学習環境をデザインすることの有用性を示したものである。一方で, この提案について知識発展を志向する理科学習環境デザインの視点で捉えたとき, 理科授業において固有の側面である, 科学の営みに必要不可欠な文化的人工物を媒介として, 学習を発展・深化させるための意図的に批判的な談話を形成することについて, 言及がなされていない。そこで, 次節において, 科学概念構築を志向する共同体を構成するための理科学習環境デザインについて議論する。

第2節 探究の共同体による理科授業デザインフレームワーク

共同体において文化的人工物を創造し, 知識発展を図るための学習環境デザインを開発するにあたり, 多面的な分析や考察をしたり, 妥当な考えに改善したりするために, 意図的に批判的な談話を形成するフレームワークについて検討する。他者と協働し, 批判的思考をしたり内省をしたりしながら探究の実践に取り組む共同体理論として, Garrison, Anderson and Archer の指摘は, 興味深い。Garrison et al.は, コンピュータを媒介としたコミュニケーションを分析し, 個人が目的的に学習している集団としての共同体を「探究の共同体 (Community of Inquiry, 以下 CoI)」と措定した (Garrison, Anderson & Archer, 2000)。これは, 個人が一人ひとり意味を構築し, その上で共同体として意図的に批判的な談話と内省を行うことで有意味な教育的経験を生み出すフレームワークである (Garrison et al., 2000: 87-105)。このフレームワークは, 理科学習環境デザインに特化したフレームワークではない。しかし, 共同体に

において文化的人工物を創造する過程で生じる，参加者が自らの意見を表出し，矛盾を解消して客観性や妥当性を追究する談話について示されており，理科学習環境デザインフレームワークとして，非常に有益であると考えられる。

Garrison は，CoI フレームワークとして図 4.1 を示して教育的実践に拡張するとともに，構成要素やその機能についての研究をまとめている。それによると，CoI フレームワークが，社会的側面，認知的側面，及び教授的側面から構成され，これら 3 つの側面が重なったところに有意味な教育的経験が位置付くと指摘した (Garrison, 2016 : 53)。

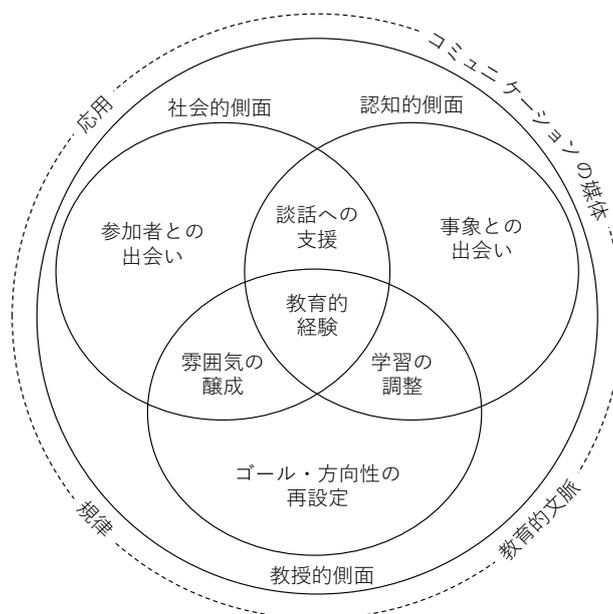


図 4.1 CoI フレームワーク (Garrison, 2016 : 59 に基づき作成)

社会的側面 (social presence) は，共同体における参加者との出会いの側面である。参加者は，学習の見通しをもち，信頼できる環境で意図的にコミュニケーションを図り，仲間の特性を捉えながら関係を築いていく。Garrison は，社会的側面において，「(1) 探究の目的の共有，(2) 自由で開放的なコミュニケーションの保障，(3) 個人的関係性の発展の視点が必要である」と指摘している (Garrison, 2016 : 60-61)。

認知的側面(cognitive presence)は、探究する事象との出会いの側面である。学習者は、個人における持続的な内省と共同体における談話を通じて意味を構築していく。Garrison は、認知的側面において、「知覚・検討・概念・実行の再帰的な過程を経ることで個人と社会における相互作用が繰り返され、矛盾のない説明や問題解決が行われていくこと」を指摘している (Garrison, 2016 : 59-60)。

教授的側面(teaching presence)は、実践におけるゴール・方向性の再設定を行う側面である。Garrison は、「共同体の参加者は、有意義な学習を実現するための認知的および社会的プロセスの設計、円滑化、および方向性を構成する。この機能は、教師のみならず、子どもたちにも要求される」と指摘している (Garrison, 2016 : 61-62)。

我が国において、中央教育審議会答申では、「主体的・対話的で深い学び」の実現に向けた授業改善の推進が示された(中央教育審議会, 2016 : 47-53, 文部科学省, 2018 : 94-95)。理科においては、自然事象から見いだした問題について、見通しをもった解決を図り、より妥当な考えをつくりだしたり、自らの学習活動を振り返り意味付けたりすることが「主体的な学び」として求められている。これは、主として認知的側面及び教授的側面に強く関連していると考えられる。また、「対話的な学び」として、問題解決のそれぞれの場面において、あらかじめ個人で考えた事柄を基に、意見交換したり、根拠を基にして議論したりして、より妥当なものにしていく学習が必要であると示されている。これは、主として社会的側面及び教授的側面に強く関連していると考えられる。さらに、「理科の見方・考え方」を働かせながら問題を解決していくことにより、目指す資質・能力を育み、知識を繋げ合わせ、概念化し、次の学習や日常生活などにおいて生かしていくことのできる知識へ発展できるようにすることが「主体的な学び」として、指摘されている。これらは、主として認知的側面及び教授的側面に強く関連していると考えられる。したがって、主体的・対話的で深い学びの授業改善の推進は、CoI フレームワークにおける3側面の重なり

を生み出す学習環境をデザインすることによって、達成することができると考えられる。換言するならば、CoI フレームワークによる学習環境デザインを分析することによって、主体的・対話的で深い学びの授業改善を推進するための視点や要素を抽出することができると考えられる。

次に、これら3つの側面の詳細を、学習環境デザインの視点から議論する。

第1項 社会的側面

社会的側面とは、参加者が学習過程を認識し、信頼できる環境で意図的にコミュニケーションを図り、仲間の特性を捉えながら関係を築く側面である。社会的側面においては、探究の目的、自由で開放的なコミュニケーション、及び個人的関係性の発展の3つの視点を捉える必要がある(Garrison, 2016: 60-61)。

第1の視点は、探究の目的である。共同体は、①目標の共有、②全員の参加、③蓄積された人工物の共有の3つの要素により構成された集団である(美馬・山内, 2005: 203)。物理的に同じ教室で学習しているから共同体になるのではなく、同じ問題を解決していくという目的の下であれば、例えば遠隔地の学校と協働して問題解決に当たる場合なども一つの共同体として位置付けられる。同じ文化を共有し、同じ目標に向けて取り組む共同体において、探究の目的が一致するように参加者の関係を築くことは、必須である。

第2の視点は、自由で開放的なコミュニケーションの保障である。共同体における探究には、この視点が必要である。探究とは、内省的談話と参加者同士の質問のやり取りから生じる問題解決のためのアプローチである(Garrison, 2016: 56)。共同体における探究は、持続的な批判的談話によって、具体的に個人の考えが評価される。そのため、目的の達成に向けたコミュニケーションは、参加者同士の信頼が必要不可欠である。子どもたちが批判的談話を持続できるようにするためには、Edwards and Mercerが指摘した「グラウンド・ルール(ground rule, 以下, GR)」が有用である(Edwards & Mercer, 1987)。GRとは、「相互の主張や発話内容、発話の意図を正確に理解するために、厳密な言語

学的知識に加えて、会話の参加者が保持していることが必要となる暗黙の理解」である（Edwards & Mercer, 1987）。理科学習においては、話し合いの活動の前提にある授業規律や学級文化が、GRに相当すると考えられる。松尾は、GRを理科学習に援用し、事例研究を行っている。教師と子どもが、「自由に表現してみよう」、「比べて、つなごう」などのGRを共有することで、対話が促進され、協働的な知識の構築につながっていると指摘している（松尾, 2018）。参加者同士が信頼し合う関係性によって成立する批判的談話は、理科学習において欠かせない要素である。子どもたちは批判的談話を通して、科学者のコミュニティにおいて行われてきた客観性・妥当性を根拠にした議論と同様の議論を行う。それにより、文化的人工物が客観性・妥当性を備えた科学概念として構築されうるからである。

第3の視点は、個人的関係性の発展の視点である。CoIは本質的に、人間の社会性と所属欲求に基づいたモチベーションの維持や、感情面での満足が要求される。開かれた価値ある談話によって、相互理解を深めることで、共同体としての団結を強めていく。Garriossnは、個人的な強い関係によって、グループ内での結束や批判的談話が損なわれる可能性を指摘し、グループにおいて団結する意図を明確にしておくことが重要であるとしている（Garrison, 2009）。共同体が成熟するにつれて、子ども同士が、互いのことをさらに理解し合うようになる。共同体において、このような関係が成熟してくることにより、「他のメンバーの強みと弱みを知り、彼らの発言や活力、関心、見解、個性を尊重するようになる。（中略）この種の親密感は、コミュニティで行われる議論を極めて豊かなものにする」のである（ウエンガーら, 2002: 154）。

Bransford et al.の措定した学習環境デザインの視点で捉えると、社会的側面は主として、学習者中心の学習環境及び共同体中心の学習環境をデザインする側面であると捉えることができる。学習者中心の学習環境では、子ども一人ひとりの知識、技能、態度、信念などを理解し、その実践や他の子どもたちの学習に与える影響を敏感に捉え、日常の実践を尊重することが必要である

(Bransford et al., 2000)。それにより、共同体に対する所属意識が向上し、個人的関係性の発展が可能になる。

以上の3つの視点を捉えることにより、共有した目的に向けて学び合う仲間意識と規範が成立し、共同体中心の学習環境をデザインすることが可能になると考えられる。

第2項 認知的側面

認知的側面とは、学習者が持続的な内省と批判的談話を通して意味構築を強化する側面である。Garrisonは、中でも学習や思考の中核として重要な要素である認知的な側面を、図4.2のようにモデル化(Practical Inquiry Model: PIM)している(Garrison, 2016: 59-60)。

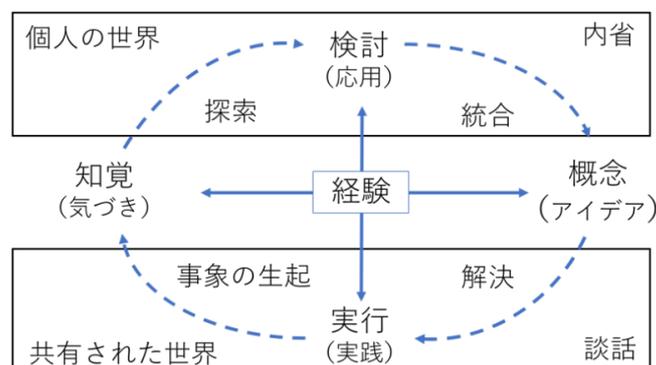


図 4.2 Practical Inquiry Model

(Garrison, 2016: 60 に基づき和田らが作成)

和田・後藤・猪口は PIM について、次のように説明している。「PIM によれば、協働的な探究の実践は、共有化された世界における事象の生起、そして探索、情報の統合と解決の再帰的過程により構成される。また、PIM は協働における学習や思考の過程として、大きく2つの次元を含んでいる。一つ目が、個人と社会を繋ぐ、検討-実行のラインである。これは、個人の内省、そして情報を共有して繰り返し熟考する、個人と社会の繋がりで見られる実践的活動の関

係である。二つ目が、個人と共有化された世界の境界に生じる、知覚－概念のラインである。これは、知覚による情報の発散過程と、意味を精査して概念へと収束させる過程を対応付けている。知覚と概念化を境界面として、個人と社会との相互作用が繰り返され、矛盾のない説明の組み立てと共有化できるモデルの構築、およびその活用が協働的に展開される。その過程における個人の内省や談話を通じて、問題解決に向けた方略決定への気づき(メタ認知的気づき)を深め、批判的な思考を高めることにもなる。それは「協働」という極めてダイナミックな世界をアセスメントすることで見いだされる側面である。」(和田・後藤・猪口, 2019)

また、和田・後藤・猪口は、「PIMを理科学習に援用し、協働学習の過程を事象の知覚から概念化に至る個人と社会の相互作用過程としてモデル化することが可能になった」と述べている(和田・後藤・猪口, 2019)。和田らは、理科学習の立場からPIMの捉え直しを図り、「事象の生起から問題の解決までの再帰的過程は、理科における問題の共有、予想や仮説に基づく観察、実験による検証、そして結果の整理・分析、考察といった探究過程と一致する」(和田・後藤・猪口, 2019)と指摘した。すなわち、個人と社会を繋ぐ「検討-実行ライン」は、自己の既有知識や考えを他者と共有したり、観察、実験結果など根拠に基づいた議論を行ったりする過程である。この過程で構築されて共有された文化的人工物が、次の問題解決に機能し、新たな実践活動を生み出していくことになる。自分なりに思考し、他者と共有・交渉を通じて協働的に合意形成を行うことで、文化的人工物である協働的知識が科学概念へと収束していく。この過程が、「知覚－概念ライン」なのである。

学習環境デザインの視点で捉えると、認知的側面は主として、学習者中心の学習環境及び知識中心の学習環境をデザインする側面であると捉えることができる。子どもの知識や技能などを理解することは、個人の世界に着目して子どもの内省と熟考の過程を促進し、共有された情報が個人にどういった影響を与えるか注意を払うことに直結する。これは、学習者中心の学習環境デザインに

他ならない。同時に、共有された情報に着目し、矛盾のない説明の組み立てやモデルの構築と活用がなされるように学習環境をデザインするとき、これは知識中心の学習環境であると言える。この学習環境によって、内省と批判的談話を通じて文化的人工物を構築するとともに、問題解決に向けたメタ認知的気づきを深め、批判的な思考を高める。すなわち、この学習環境は、教科の原理を子どもが深く理解するのに必要な文化的人工物に着目し、内省と批判的談話によってメタ認知的活動を促進し、フォーマルな概念に変容させることを意図しているからである。

第3項 教授的側面

教授的側面は、有意味な学習を実現するための認知的および社会的プロセスの設計、円滑化、及び方向性を構成し、目的を達成するために実践を持続させる側面である。教授的側面において、参加者がリーダーシップを発揮することによって、共同体の「デザイン」、「ファシリテーション」、及び「直接指導」を機能させることが求められる。具体的には、CoIの参加者が、自分自身の主張を、他の参加者との談話として成立するように知識や能力に応じてレベルを調整することであり、また、その談話が尚早な収斂や不適切な発散をしないようにすることである（Garrison, 2016 : 61-62）。

Garrisonは、このような働きかけを「教師だけでなく、子どもたちにも求める」としている（Garrison, 2016 : 61-62）。責任を参加者個人に分散することは、単に子どもが協働についてのメタ認知を発達させることができるだけでなく、協働的思考と学習に多大な影響を与えるからである。これは、CoIフレームワークにおいて、個人におけるメタ認知と同様に、共有されたメタ認知にも重点が置かれていると言える。教授的側面は、教師にも子どもにも、共同体の参加者として、共通の目的に向けた方向性を決定する責任を生じさせるのである。共有されたメタ認知に関して、猪口・後藤・和田は、理科学習における社会的メタ認知の研究を行い、他者のメタ認知をモニタリングすることで、客観

性，実証性，公共性が向上した考えを構築する様態を示した。同時に，そのような社会的メタ認知の機能によって個人内メタ認知機能についても，より適切な自己の既存情報の再検索，取捨選択，有機的な関連付けといった情報処理機能の洗練が図られたことも明らかにしている（猪口・後藤・和田，2018）。すなわち，メタ認知が，教師と子どもの区別のない教授的側面として，探究の実践に機能することを示すとともに，実践において個人のメタ認知機能が向上することも示唆される。

学習環境デザインの視点で捉えると，教授的側面は主として，アセスメント中心の学習環境及び共同体中心の学習環境をデザインする側面であると解釈することができる。共同体中心の学習環境において，建設的な話し合いが促進され，協力して問題解決に取り組むことで認知発達を促進させることを志向する。このような実践の具現化のための教授的側面であると捉えることができる。アセスメント中心の学習環境において，教師と子どもの双方がメタ認知を働かせることで，学習過程の進捗を把握し，調整しながら実践することが重要である。その具現化として，探究の目的に沿った談話を調整するファシリテーションと直接指導の機能があると捉えることができる。これらによって，子どもたちは教師とともに共同体に参画する所属意識や共同体感覚を醸成していくことになる。

第3節 CoI のカテゴリ

CoI フレームワークにおける探究の実践は，上述した認知，社会，教授の3つの側面が互いに関連しており，その様態は複雑である。CoI フレームワークの性質上，共同体における探究は常に進展し展開していくからである。そこで，Garrison は，上述した CoI の3つの側面を細分化し，カテゴリとして，表 4.1 のように整理している（Garrison, 2016 : 63）。ここに示されたカテゴリは，探究の共同体の状況に応じた重点があり，この状況の変化に応じて変化していく。また，異なる側面のカテゴリ間も相互に関連しており，各側面の重なりを生じ

ることに寄与している。したがって、カテゴリを用いることによって、各側面の探究の共同体の状況に応じた機能や各側面の重なりを生む相互関連を捉えることが可能になる。

第1項 社会的側面のカテゴリ

社会的側面のカテゴリは、「目的を共有したグループの団結」、「開かれたコミュニケーション」、及び「個人的・情緒的關係性の発展」である。この3つのカテゴリは、社会的側面を捉える3つの視点と関連しており、探究の実践の進展に伴って、その重点が変化していく。

「目的を共有したグループの団結」は、第1の視点である探究の目的と強い関連がある。ここでは、共同体を構成する要素として目的が挙げられている。これは例えば、目指している目的を共有することによって仲間意識を醸成したり、協働を通じてメンバーの団結を図ったりすることである。「開かれたコミュニケーション」は、第2の視点である自由で開放的なコミュニケーションと同義である。例えば、安心できる表現によって何のリスクを感じることなく、参加者がコミュニケーションに参加できることである。「個人的・情緒的關係性の発展」は、第3の視点と同義である。例えば、メンバー同士が互いのことを知り合い、より安定した関係に発展することである。

このように確立した共同体においては、自分たちが探究してきた領域や創造してきた文化的人工物に対して、強い所有者意識をもつようになる。(ウェンガーら、2002: 154)。したがって、社会的側面の各カテゴリが充実することによって、参加者の情意面が安定し、より主体的に探究の実践を行うことが可能になる。

第2項 認知的側面のカテゴリ

認知的側面のカテゴリは、「事象の生起」、「探索」、「統合」、及び「解決」である。和田らの指摘の通り、これらは、理科における問題発見・解決過程と一

致する（和田・後藤・猪口, 2019）。

「事象の生起」は、問題に出会い、差異点や共通点を明らかにすることなどによって問題を見いだすカテゴリである。「探索」は、解決したい問題について、既習の内容や生活経験と関連付けて予想や仮説を発想したり、制御する要因と制御しない要因を区別しながら計画的に観察、実験を行ったりするカテゴリである。「統合」は、自然の事物・現象を複数の側面から捉え、関連付けて解釈したり、考察したりするカテゴリである。「解決」は、考察したことを共同体の共有された世界に戻し、新たな実践に生かすことで、更なる「事象の生起」へとつなげていくカテゴリである。

共有された世界において生起した事象は、知覚を通じて個人の世界で情報の探索、統合が行われる。そして、概念として共有された世界に表出され、実行されることによって解決が図られる。したがって、個人の世界の内省と共有された世界の談話の往還によって、共同体において創造された文化的人工物の実証性、再現性、客観性を吟味し、それを科学概念として構築することが可能になる。

第3項 教授的側面のカテゴリ

教授的側面のカテゴリは、「デザイン」、「ファシリテーション」、及び「直接指導」である。

「デザイン」は、多くの学習内容や学習方法の中から、意図する成果に向けて計画を練る過程である。「ファシリテーション」は、探究の実践において持続する談話の形成を図る方略である。「直接指導」は、探究の実践の中で発生する問題に対して、その解決を図る方略である。「ファシリテーション」と「直接指導」は、ともに尚早な収斂や不適切な発散を防ぎ、確かな議論が行えるようにすることで、社会的側面や認知的側面に働きかけ、学習の調整を促進する。すなわち、教師と子ども双方が学習過程の進捗を把握し、「ファシリテーション」と「直接指導」を行うことによって共同体における探究が進んでいくのである。

したがって、教授的側面は、CoI フレームワークにおける探究の実践を成功に導き、持続させるために、極めて重要な側面である。

本章において、科学概念構築を志向する共同体を構成するための理科学習環境デザインについて議論した。その結果、Garrison が指定した CoI フレームワークを援用することで、多面的な分析や考察をしたり、妥当な考えに改善したりすることができる理科学習環境デザインフレームワークの有用性が明らかになった。

次章において、知識発展を志向する理科学習環境デザインフレームワークにおける理科授業デザインとして、教授的側面における CoI フレームワーク実践の原則に基づいた理科授業デザインを構想する。その事例分析に基づいて、理科学習環境デザインフレームワークを検証し、その視点を議論する。

表 4.1 CoI のカテゴリ (Garrison, 2016 : 63 を基に作成)

側面	カテゴリ
社会的側面	目的を共有したグループの団結 開かれたコミュニケーション 個人的・情緒的關係性の発展
認知的側面	事象の生起 探索 統合 解決
教授的側面	デザイン ファシリテーション 直接指導

第5章 理科学習環境デザインに基づく理科授業デザインによる知識発展の具現化

前章において、Garrison が措定した CoI フレームワークを理科学習環境デザインとして援用することの有用性について議論した。図 5.1 に示す CoI フレームワークは、「社会」、「認知」、及び「教授」の各側面が、相互に関連しながら有意義な教育的経験を構成するフレームワークであった。そこでは、個人における内省と共同体における批判的談話によって、文化的人工物が吟味される。これにより科学概念が構築される学習環境をデザインする側面が明らかになり、理科学習環境デザインフレームワークとしての有用性が示唆された。本章において、理科学習環境デザインフレームワークに基づく理科授業デザインを行い、事例を基に議論することで知識発展の具現化について検討する。

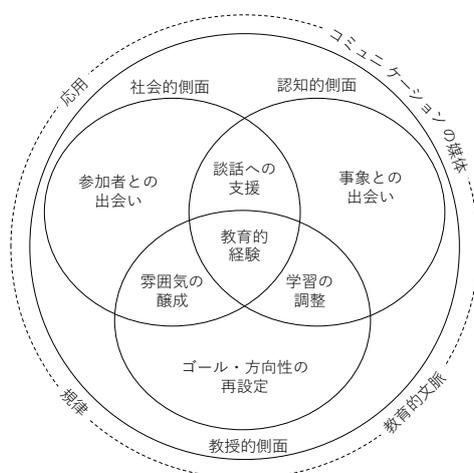


図 5.1 CoI フレームワーク (Garrison, 2016 : 59 に基づき作成)

第1節 CoI フレームワーク実践のための教授方略

第1項 教授的側面から捉えた CoI フレームワーク実践の7原則

Garrison が、あえて教授的側面に着目した原則を提示したのは、この側面が探究の実践を成功に導き、持続させるために、極めて重要な鍵となる側面だから

らである (Garrison, 2016 : 61)。教授的側面は、社会的側面に機能することによって、信頼できる環境で意図的にコミュニケーションを図り、仲間の特性を捉えた関係による共同体の「雰囲気醸成」を行う。すなわち、信頼できる環境、安心できる仲間に支えられた、批判的談話と内省が可能な状態の醸成である。また、認知的側面に機能することによって、「学習の調整」を行う。すなわち、生じた事象について、共有された目標に向けて、問題を見だし、情報の探索と統合によって解決を図ろうとする実践を方向付けるのである。

教授的側面が他の両側面に機能することは、社会的側面、認知的側面の重なりである、「談話への支援」が形成されることにつながる。醸成された雰囲気は、認知的側面の要である持続的な内省と批判的な談話の継続を支援する。仲間の特性を捉えた学習の調整は、参加者が安心して談話に参加できるようにするための「談話への支援」であると捉えられる。したがって、教授的側面による、これらの機能が、「主体的・対話的で深い学び」の授業改善を促進するものであり、社会的側面、認知的側面、及び教授的側面の重なりを生み出し、有意義な学習経験を形成すると考えられている。そのための教授方略として、Garrison は、CoI フレームワーク実践の 7 原則 (表 5.1) を示した (Garrison, 2016 : 88)。

社会的側面に向けて機能するのは、原則①「開かれたコミュニケーションと信頼を計画する」、原則③「共同体の団結を確立する」、原則⑤「尊敬と責任を持続させる」である。この 3 つの原則により、教授的側面と社会的側面の重なりである「雰囲気醸成」を行う。認知的側面に向けて機能するのは、原則②「批判的な考察と談話を計画する」、原則④「探究のダイナミクスを確立する」、原則⑥「解決に向かう探究を持続させる」である。この 3 つの原則により、教授的側面と認知的側面の重なりである「学習の調整」を行う (Garrison, 2016 : 88)。

①～⑥に示した原則は表 5.2 に示した教授的側面のカテゴリと関連付いている。原則①②はデザイン、原則③④はファシリテーション、原則⑤⑥は直接指導についてのカテゴリである。原則⑦「意図した過程と結果の一致を確かめる」

は、3つの側面全てに関わる原則である。なお、⑦のアセスメントは、教授的側面のみならず、社会的側面、及び認知的側面にも関連しているため、表 5.2 に示した教授的側面のカテゴリには含まれていない。しかし、CoI フレームワークを実践する方略として捉えたときに、参加者が共同体の探究を進捗させるために、アセスメントは不可欠なものとなる。

表 5.1 CoI フレームワーク実践の 7 原則 (Garrison, 2016 : 88 を基に作成)

【デザイン】	
①	開かれたコミュニケーションと信頼を計画する。(社会的側面)
②	批判的な内省と談話を計画する。(認知的側面)
【ファシリテーション】	
③	共同体の団結を確立する。(社会的側面)
④	探究のダイナミクスを確立する。(認知的側面)
【直接指導】	
⑤	尊敬と責任を持続させる。(社会的側面)
⑥	解決に向かう探究を持続させる。(認知的側面)
【アセスメント】	
⑦	意図した過程と結果の一致を確かめる。

表 5.2 CoI のカテゴリ (Garrison, 2016 : 63)

側面	カテゴリ
社会的側面	開かれたコミュニケーション 目的を共有したグループの団結 個人的・情緒的關係性の発展
認知的側面	事象の生起 探索 統合 解決
教授的側面	デザイン ファシリテーション 直接指導

次に、各原則についての Garrison による説明を次に示す (Garrison, 2016 : 87-99)。なお、各原則の特徴となる部分に筆者が下線を加えた。

原則① 開かれたコミュニケーションと信頼の計画

原則①は、開かれたコミュニケーションと信頼の計画である。社会的側面の「開かれたコミュニケーション」に向けたデザイン原則である。

参加者が互いをよく知るために、探究の目的を確認したり見通しをもったりするために話し合うことで、これらをデザインしていくことができる。

原則② 批判的な内省と談話の計画

原則②は、批判的な内省と談話の計画である。これは、認知的側面の「事象の生起」に向けたデザイン原則である。

探究に必要な教材や資料の準備、活動の構成が、その内容となる。また、これらがより効果的に活用されるために議論の流れや活動を配置するとともに、活動のグループサイズなどを計画することも含まれる。

原則③ 共同体の団結を確立する

原則③は、共同体の団結の確立である。これは、社会的側面の「目的を共有したグループの団結」に向けたファシリテーション原則である。

原則①においてデザインされた話し合いの進め方やルールによって、望ましい社会的な関わりや感情的な振る舞いを示していくことが重要になる。情意面のみに目を向けるのではなく、学習内容に焦点化することで、参加者の満足を得られるようにすることが必要になる。

原則④ 探究のダイナミクスを確立する

原則④は、探究のダイナミクスの確立である。これは、認知的側面の「探索」、「統合」に向けたファシリテーション原則である。

対話によって意図した内容についての探究へと方向付ける。個人の考えを明確にするとともに、反例を示すなどしてその考えを揺さぶり、より批判的な思考を促す。すなわち、探究のプロセスを通して、個人がメタ認知を働かせ、学習を他者と調整しながらその活動を実践していくことを参加者に求めていると

言える。

原則⑤ 尊敬と責任を持続させる

原則⑤は、尊敬と責任の持続である。これは、社会的側面の「個人的・情緒的關係性の発展」に向けた直接指導の原則である。

議論において、問題解決に向けた自由な議論や共同体の団結に対して肯定的な言動が称賛され、否定的な言動には介入が必要とされる。すなわち、相手に対する尊敬とアイデアに対する反論を整理し、直接指導することにある。

原則⑥ 解決に向かう探究を持続させる

原則⑥は、解決に向かう探究の持続である。これは、認知的側面の「解決」に向けた直接指導の原則である。

目標の達成に向けた即時的な直接指導である。鍵となる概念や情報、誤った考えへの介入、解決への働きかけ、議論の要約などの提供が考えられる。これらの手立てにより、議論の中心と根拠を明らかにし、結論への見通しを示す。すなわち、CoIにおいて、全ての参加者がメタ認知を働かせ、解決に向かう探究を共同体として持続させる方略を求められていると言える。

原則⑦ 意図した過程と結果の一致を確かめる

原則⑦は、意図した過程と結果の一致の確認である。これは、3つの側面全てに関わる原則である。

形成的アセスメントは、動機付けやプロセスについての認識などを意図して行われる。参加者がルーブリックによって自らの学びを明確にアセスメントし、より深く意味ある実践ができているか振り返ることも重要である。すなわち、共同体における探究の実践について、参加者自身が探究の目的に近づいているかアセスメントするのである。また、探究のプロセスについてアセスメントすることは、結果についてのアセスメントと同様に重要であると言える。

第2項 理科学習環境デザインフレームワークに基づく理科授業デザインの開発

CoI フレームワーク実践の原則は、社会的側面と認知的側面の双方に働きかける教授的側面の機能を端的に示しており、探究を実践するための理科授業デザインの要素として、非常に有益であると考えられる。

事例を分析するにあたって CoI フレームワーク実践の原則に基づいて、上述の説明の下線部を基に、分類指標を作成した（表 5.3）。

表 5.3 理科学習における CoI フレームワーク実践の原則に基づく分類指標

カテゴリ	原則	分類指標
デザイン	①	探究の目的となる学習目標を確認している。 目的の確認や見通しをもつための話し合いの進め方やルールを設定している。
	②	教材や学習対象、活動方法、グループ編成などの構成をしている。
ファシリテーション	③	教師は、望ましい振る舞いを示すために話し合いの進め方やルールを確認している。 子どもは、ルールに則って話し合いを進めている。
	④	探究の目的に沿って個人の思考を明確にしている。 個人や共同体の考えを揺さぶっている。
直接指導	⑤	自由な議論を称賛している。 反論に対して適切に介入したり意見を整理したりしている。
	⑥	鍵となる概念や情報、議論の要約、結論への見通しなどを提供している。 誤った考えに介入している。 議論の中心や根拠を明らかにしようとしている。
アセスメント	⑦	ルーブリックに基づいて実験の結果を振り返っている。 活動を振り返り、自らの問題に答えている。

これは、各原則における特徴となる部分（下線部）を基に、理科授業デザインとして援用可能な教授方略を捉えるために作成したものである。この分類指標を基に授業を分析することで、図 5.2 に示した3つの側面の重なりを形成するために寄与する原則が明らかになると考えられる。これにより、各原則に関

連付くカテゴリの機能が明確になる。これに関わり本研究では、CoI フレームワーク実践の原則の出現回数や傾向を分析し、理科学習環境デザインフレームワークが、理科授業デザインにおいてどのように機能しているのかを明らかにし、知識発展の具現化について検討する。

第2節 小学校理科における事例分析

第1項 授業実践の概要（小学校第3学年「音の性質」）

（1）調査

時期：2019年3月

対象：横浜市立小学校第3学年29名

（2）実施単元

実施単元は、小学校第3学年「音の性質」である。本単元は2020年度から実施される学習指導要領に新たに加えられた内容を先行して実践した（文部科学省，2018：33-35）。

（3）指導計画

概要は表5.4に示した通りである。

本単元は、糸電話を体験するところから導入した。子どもたちは、糸電話で遊んだ経験がほとんどなく、興味をもつと考えたからである。糸電話を使って声を伝えて遊ぶことを通じて、単元を通じた学習問題を見出すことを計画した。声が糸を通じて伝わっていくことや声の大きさによって振動の大きさが変わることなど、実験で確かめながら探究することができると思ったからである。これは、認知的側面に働きかけるデザイン原則②「教材や学習対象，活動方法，グループ編成などの構成」である。その後、楽器などの音についても問題を追究していく予定であった。しかし、子どもたちは糸電話によってなぜ声が伝わるのか、どこまで声が届くのか強く疑問にもった。そのため、糸電話による問

題追究を十分に行った後、楽器による音と振動の関係を確かめる実験を行うことになった。

なお、年度末にあたる3月の実践のため、子どもたちは約1年間、ともに理科授業を行ってきた。そのため、授業に対するルールや規律など授業態度が定着しており、子どもたちは落ち着いて授業に取り組むことができている。すなわち、社会的側面に働きかけるデザイン原則①に示された、「話し合いの進め方やルール」が一定程度定着している状況であった。

事例分析は、第6時「音も振動か調べよう」にて行った。

表 5.4 単元の概要

<p>第1次 糸電話で遊ぼう（5時間）</p> <p>第1時 糸電話の不思議を見つけよう</p> <p>第2時 糸電話を作ろう</p> <p>第3時 なぜ声が伝わるのか調べよう</p> <p>第4・5時 100m 糸電話に挑戦しよう</p> <p>第2次 音と振動について調べよう（1時間）</p> <p>第6時 音も振動か調べよう</p>
--

（4）授業の分析方法

授業における教師及び子どもの発話を、表 5.3 に示す CoI フレームワーク実践の原則に基づいて分類する。なお、プロトコルのうち T は教師、C は子どもの発話を、A, B, D, E, F, 及び G はそれぞれの記号に対応する同一の子どもの発話を表している。この分析は研究者2名で行い、分類に違いが出た場合には、討議の上、判断を行った。

1時間の授業の内、学級全体で話し合いが行われている場面を抽出して分析した。本授業において、目標設定、結果の共有、声についての考察、リコーダ

一や口笛の考察，及びまとめの場面である。表 5.1 に示した認知的側面の各カテゴリの場面を抽出することで，理科学習環境デザインフレームワークに基づく理科授業デザインの全体像を把握するためである。

第 2 項 事例分析

(1) 学習目標の設定

第 1 次において，糸電話での問題追究を行ってきた子どもたちは実験を通じて，声が振動であること，振動が伝わることで声が伝わること，大きい声は振動も大きいことを理解した。教師は教室にあったギターを取り出し，音を出して見聞きさせることで，楽器が発する音も振動で伝わっているのではないかと子どもたちが疑問をもった。そこで，ギター以外の楽器についても音と振動の関係について問題追究を行うことになり，学習目標づくりを行った（表 5.5）。従って，これは認知的側面のカテゴリのうち，事象の生起の場面であると捉えられる。

教師は T1，T2 において，いずれの楽器も音が出ているときには，振動が起きているという考えを明確にした。これは，個人が表出した意見を明確にしているため，CoI フレームワーク実践の原則④が機能した場面であると考えられる。C1 において，子どもが「(楽器も音が出るときには) 振動が起こる。」と答えたことを受けて，教師は T3 において次の活動の目標を示している。T4 において教師は，「今からのゴールは何？」と問いかけることで，T3 において示された「それ」の内容について確認しようとしている。これらは，原則①「学習目標を確認している」のデザイン原則が機能した場面であると考えられる。

C2，C3 において，どのように表現すれば良いか悩んでいる発話が見られる。そこで教師は，T5 において，教師は学習内容を提示している。これから取り組む学習活動において音と振動の関係を調べる計画を立てていると捉えることができる。そのため，原則②「学習活動を構成している」のデザイン原則が機能した場面であると考えられる。

この場面の T7, T10 においては, 教師は子どもたちとループリックを共有することで学習目標を確認し, 解決の見通しをもたせている。したがって, これらも原則①のデザイン原則が機能したと考えられる。また, T6, T8, T9 においては, 楽器の音と振動の関係について調べることを説明し, T11 において, 活動の計画を明確にするように指示している。すなわち, 教材や活動を設定しているため, 原則②のデザイン原則が機能した場面であると考えられる。

以上のことから, 学習目標の設定場面では, 探究の目的を明確にするとともに, 探究に必要な教材や活動の構成を位置付けるために, 社会的側面及び認知的側面についての授業デザインが行われていると捉えられる。

表 5.5 学習目標の設定場面のプロトコル

	発話	原則
T1	今言ったみんなの話で言うと, ギターだけじゃなくって, ギロとかタンバリンとかクラベスとか, こういった楽器も音が出るときには・・・	④
C1	振動が起こる。	
T2	振動が起きているってということですか?	④
T3	残りあと30分ぐらいですが, それを確かめてみますか?	①
Cs	はい	
T4	今からのゴールは何?	①
C2	今からのゴールは・・・	
	(中略)	
C3	今日のゴール	
T5	楽器も音が出ているときは振動しているか調べる。	②
	(中略)	
T6	「(音が) 出ているとき振動しているか」調べられたら, それ	②

	が丸で。二重丸はどうしますか？振動しているか調べられたら丸でしょう。二重丸は？	
C4	調べる。	
T7	「調べる」は、丸でしょう？	①
C5	しらべて・・・	
C6	調べてみる	
T8	ちょっと気になるのは、これかな？大きな音のときと、どうか。	②
C7	いや、振動している・・・	
C8	弦がビヨヨンって。	
T9	それはギターの場合ね。それ以外の楽器のことを調べていくよ。	②
C9	ギターの場合、それは止まるまでなり続けるんだよ。	
C10	ええ、じゃあ、強く弾けば、強く弾くと振動が長く続くかを・・・	
	(中略)	
T10	じゃあ、もう一回確認するね。強さがどうかっていうところも調べてね。花丸は、それが「説明できたら」で、いいかな？	①
T11	自分が調べたいなっていうの(楽器)を(ワークシートの)「調べたいこと」というところに、楽器の名前を書けるといいと思います。	②
C11	OK	

(2) 結果の共有場面

子どもたちが観察、実験をした後、集合して結果の共有を行った。これは、認知的側面のカテゴリのうち、探索の場面であると捉えることができる。この場面の学級全体で話し合われている部分を分析する。そのプロトコルを表 5.6 に示す。

教師は、子どもたちが集合直後に注意が散漫になっていることに対して、A児の発言を傾聴するように指導した。その後、T12において、教師はA児を指名した。これはルールに則った発言を促し、学習内容に焦点化できるようにしているため、原則③のファシリテーション原則が機能した場面であると捉えられる。そこでは、クラベスについての実験結果が報告された。

T13、T14において、A1では音が出ているときの事象について言及がなかったことを指摘し、「強く持って音が出てくるときには振動があった」という情報を引き出した。T13において学習目標を意識させ、根拠を明示させる原則⑥の直接指導の原則を機能させることで、音の有無と振動の有無について焦点化していると捉えられる。さらに、教師はT14において、A2の「振動が」を復唱することで、自分の考えを最後まではっきり述べる必要があることをA児に示唆した。これは、探究に向けて考えたことをきちんと伝える話し方のルールを確認している、原則③のファシリテーション原則が機能した場面であると考えられる。

T15、T16、及びT17において教師は、音が小さいときや他の楽器について比較を促し、認知面への働きかけを行った。D1は、B1が木のクラベスでは、音の大小にかかわらず振動があまり感じられなかったという意見に対して、「振動が大きかった。揺れてた。」と反論した。教師はT18において、振動が大きかったことを確認することで意見を整理し、E1の同意を引き出した。これによりE1が安心して対話に参加することができたと捉えることができるため、原則⑤の直接指導の原則が機能した場面であると考えられる。これを受けてD児は、D2において、「ね、Eちゃん。」と他の子どもに同意を求めた。これは、E児に内容確認をするとともに、E児が話し合いに参加しているか確認し、E児の参加を促す社会的側面のファシリテーション（原則③）を子ども自身が行っていると考えられる。

教師は、T19、T20、及びT21においてF児を指名し、大太鼓においても鉄琴と同様に、大きい音のときは振動が大きく、小さいときは振動も小さいと

いう情報を引き出した。指名することでルールに則って F 児の考えを表出させ（原則③）、根拠を明らかにしていくこと（原則⑥）で、音の大きさによって振動の大きさも違うという情報を引き出したと考えられる。F1において「太鼓みたいなやつ」と表現したところ、複数の子どもたちから「大太鼓」との発言があったのは、認知的側面の直接指導（原則⑥）が、子どもによってなされた場面であると言える。

この場面において、子ども自らの実験結果についての発言は、いずれも探究が意図した過程と結果の一致について確かめていると捉えることができる。そのため、子どもによるアセスメントの原則⑦が機能した場面であると考えられる。

図 5.2 は、大太鼓で実験した子どものワークシートに記録された結果である。音の大きさに対して振動の様子を言葉だけでなく波線を用いて表現している。このように学習内容に焦点化された自由な表現方法が保障されていることにより、子どもが自信をもって話し合いに参加したり、自らの活動をアセスメントしたりできたと考えられる。

結果の共有場面においては、子ども一人ひとりがもっている結果を引き出すために社会的側面に働きかけている。このようにして引き出された結果は、子どもによってアセスメントされ、認知的側面に働きかける原則によって精緻化されている。このプロセスを繰り返し行うことで、学級全体で結果が共有されていったと言える。

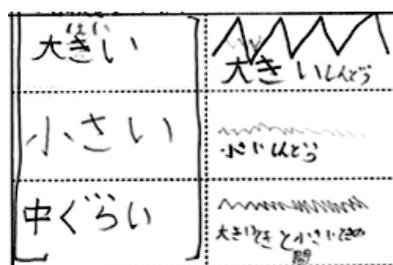


図 5.2 ワークシートに記録された大太鼓の実験結果

表 5.6 結果の共有場面のプロトコル

	発話	原則
T12	はいどうぞ。	③
A 1	木のクラベスと金属のクラベスは、強く持つと振動があったけど普通に持っている振動はなかった。	⑦
T13	音が出ているときに振動があったかなかったっていう話だけ。	⑥
A 2	強く持って音が出ているときに振動が。	
T14	振動が？	③
A 3	あった。	⑦
T15	振動があった。大きい音のときには振動があった。小さい音のときは？	⑥
A 4	そんなになかった。	⑦
T16	なかった。関係している？	④
B 1	木のクラベスをやったんだけど、振動が小さくなくても、大きくなっても振動はあんまり変わらなかった。音はあるんだけど振動は。	⑦
T17	あまり感じない。なるほど。他の楽器はどうですか？はいどうぞ。	⑥
D 1	鉄琴なんだけど、大きい音だととても振動があった。揺れてた。	⑦
T18	とても振動ありっていうことは、振動が大きいっていうことでもいいですか？	⑤
E 1	うん。	⑦
D 2	ね、Eちゃん。で、小さい音だと、あんまり振動は感じなかった。	③
T19	はい。(F 児を指名)	③
F 1	太鼓みたいなやつでやったんだけど。	
Cs	大太鼓。	⑥
T20	太鼓みたいなやつ？大太鼓ね。	⑥

F 2	大きい音でやったら結構振動は大きくて、小さい音でやったら、鉄琴と同じであんまり感じなかった。	⑦
T21	あまり感じないっていうのは、振動がないっていうことですか？それとも小さかったっていうことですか？	⑥
F 3	小さかった。	⑦

(3) 声についての考察場面

教師は、表 5.7 に示す通り、T 22 において、前時まで扱っていた声について問題提起した。これは、認知的側面のカテゴリのうち、統合の場面であると捉えられる。

教師は、実験を行うために音楽室に移動するとき、A 児が声も振動であることに気づいていることをアセスメントしており、音との結果と組み合わせることで理解を深めることができると考え、問題提起した。すなわち、デザインの原則①、及び②を機能させた場面であると考えられる。なお、前時までに糸電話を伝わる声は振動であることなどを文化的人工物として構築している。

T 22 のデザイン原則①②を受けて A 児は、A 5 において、「音は全部振動ではないか？」という問いを明確にした。T23 において教師は、「全部」という言葉には声も含まれていることを精緻化した。したがって、これらは原則④のファシリテーション原則が機能した場面に該当すると考えられる。

教師は、T24、T25、及び T26 において、声が振動かどうか確かめるように促した。子どもたちは、これまで糸電話を伝わる声が振動であることを確認している。声そのものも振動であることを確認することで、実際の活動を通して A 5 が提起した問題について確かめることを計画した。このことから、これは原則②のデザイン原則が機能した場面であると捉えられる。

また、T26 において、教師が「声はどうですか？」と発言を促すと、G 児は G1 において、身振りを交えながら A 5 に対する考えを表出した。声そのものも振動であることを確認し、個人の思考を明確にすることを促しているため原則

④のファシリテーション原則も機能していると考えられる。

G1「小さい声にすると振動がなくなっちゃって」というA5に対する反論について、教師はT27において「なかった？」と反論に対する介入（原則⑤）を行っている。さらに、T28において、認知的側面に働きかけることにより、G2、G3によるアセスメントを引き出した。ここでは、Csにおいて、根拠に対する疑問が投げかけられることにより、子どもによる教授的側面が機能し、「小さい声でも振動がちょっとあった」と精緻化されたアセスメントが導き出された。これにより、声の大小にかかわらず「声も音も振動である」という文化的人工物が構築されることで、「音は振動」という文化的人工物が拡張されたと捉えることができる。

すなわち、声について焦点化した対話がデザインされることにより、主として認知的側面に働きかけるファシリテーション及び直接指導の原則が機能し、より精緻化されたアセスメントが導き出されていたと言える。

表 5.7 声についての考察場面のプロトコル

	発話	原則
T22	なんかさっき職員室の前あたりで、声の話している人いたね。Aさん教えて。	①②
A5	音は全部振動じゃないか。	④
T23	音は全部振動じゃないかなっていう話？音も声も。	④
Cs	(あーと声を出し、喉を触り始める)	
T24	あーって言っている喉触ってみてってやつね。やってみて。	②
C12	喉振動してる。	
T25	大きい声出してみて。	②
Cs	(声の大きさを大きくする)	
T26	(声の大きさを下げるジェスチャーをしながら) 小さく。声	②④

	はどうですか？はい。	
G 1	声で強く声を出したら，振動はヴーってなってて（喉元で手を震わすジェスチャー），それで，小さい声にすると振動がなくなっちゃって。	
T27	なかった？	⑤
G 2	振動を感じなかった。	⑦
Cs	小さい声でもあったよ。（その他複数人が「あったよ」と発言する）	⑥
T28	えっと，感じないっていうのは0．0じゃなくてちょっとあるよっていう意味なのか，どちらですか？	⑥
G 3	ちょっとあった。	⑦

（４）リコーダーや口笛についての考察場面

C13において、「リコーダーは（振動が）なかった」という呟きから，リコーダーや口笛は，振動を感じないのに音が鳴っていることについて話し合った。その場面のプロトコルを表 5.8 に示す。この場面も声についての考察場面と同様に，認知的側面のカテゴリのうち，統合の場面であると捉えられる。

C13によって，音も振動であることに対する反例として笛の場合について考察が必要であるという情報の提供がなされた。これは，原則⑥の直接指導の原則が機能した場面であると捉えられる。

これを受けて教師は，T29において，「リコーダーは？」と投げかけることにより，笛についての問題に焦点化したデザイン（原則①②）を行った。

さらに教師は，T30において，リコーダーから口笛について議論の対象を拡張し（原則⑥），T31において，口笛が鳴っている場所についての情報提供を行った（原則⑥）。いずれも，口笛によって振動が起こっているかどうか確かめるように認知的側面に働きかけていると捉えることができる。

D3，C15において，子どもたちは疑問を表出することによって，自らの探

究を明らかにするとともに、他の子どもたちに思考の明確化を促した。これまで議論してきた楽器と笛を比較することで問題を見いだしており、これは、子どもによる教授的側面の現れ（原則④）であると捉えられる。それを受けて、C31は「声を出すときだけ（震えている）」とアセスメント（原則⑦）した。すなわち、これらの発言から「リコーダーや口笛の音は振動していない」という文化的人工物が構築されたと捉えられる。

これに対して、T32において、教師は「そこは謎だね」とフィードバックすることで、小学3年生の子どもたちが実験で事実を確認することに限界があることを示唆した。それに対して、C17は「謎ですね」と受け入れてアセスメント（原則⑦）した。

声についての考察場面と同様に、リコーダーや口笛の考察場面においても、笛に焦点化した談話がデザインされることにより、主として認知的側面への教授的側面が機能し、より精緻化したアセスメントが導き出されていると言える。

表 5.8 リコーダーや口笛の考察場面のプロトコル

	発話	原則
C13	（「リコーダーなかった」と呟く）	⑥
T29	リコーダー？リコーダーは？	①②
D3	リコーダー（振動）なくない？	④
C14	（だれかが口笛を鳴らす）	
T30	あ、口笛。	⑥
Cs	（口笛を鳴らしだす）	
C15	喉はどうだろう？	④
T31	喉じゃないよ。ここ（口）でなっているよ。	⑥
Cs	（口笛を吹きながら、口元や頬、喉に手を当てて、振動が感じられないことを確認する）	

C16	声を出すときだけ（震えている）。	⑦
T32	じゃあそこは謎だね。	⑦
C17	謎ですね。	⑦

（５）まとめの場面

まとめの場面のプロトコルを表 5.9 に示す。この場面は、認知的側面のカテゴリのうち、解決の場面であると捉えられる。「楽器も音が出ている時は振動しているのか」という問題に対する解決を行う場面だからである。

T33, T34 において教師は、残りの時間と活動内容を示している。これは、目的を確認し活動の設定をしているため、デザインの原則①及び②であると捉えられる。また、T35 において G 児を指名しており、ルールに則って話し合いを進行しているため、原則③のファシリテーション原則が機能した場面であると考えられる。

これを受けて、G 児は「音は振動で生まれている」という考えを表出し、これまでの実践をアセスメント(原則⑦)している。T36 及び T38 において教師は、子どものアセスメントを復唱しながら、メタ認知を働かせた学習の調整を促し(原則④)、共同体における探究の精緻化を図っている。さらに教師は T37 において、自由な議論に向けてルールに則った発言を促すことで(原則③)議論を全体化し、T39 及び T40 において E2 のアイディアに対する批判を整理している(原則⑤)。これにより、「音は振動」という文化的人工物が構築されようとしていたと捉えることができる。

これに対し C19 はこれまでの実践をアセスメントし、「(音は振動) だと思う。」と発言(原則⑦)している。教師は T41 において、「なんで？」と問い返すことで談話を方向付け(原則④)、C20 の「まだ分からない」というアセスメント(原則⑦)を引き出している。子どもは、C21 において、「まとめとは明らかになったことを書くことである」というメタ認知的知識の課題についての知識を表出することで、「音は振動である」と断言することはできないと、誤りに

介入している。そのため、原則⑥の直接指導の原則が機能した場面であると捉えられる。

以上の対話を通じて、教師も子どもも T42 及び C22 において、笛が振動しているか謎のままであったことを価値づけ、自らの探究の成果をアセスメント（原則⑦）した。これにより、図 5.3 の板書に示す通り、この学習活動は、「音は振動だと思う。」（下線部は板書のまま）とまとめられた。「音は振動。」という文化的人工物に対し、実験結果に基づいたより科学的な概念として「音は振動だと思う。」と結論付けられたと捉えることができる。すなわち、科学概念との齟齬がある「笛の音は物体の振動ではない」という表現を、実験結果を踏まえた科学的に妥当な表現に修正してまとめたと言える。

まとめの場面においても、デザインの原則により探究のプロセスが計画されている。教師及び子どもの発言によってアセスメントに対するファシリテーション及び直接指導の原則が機能していた。これらが社会的側面、認知的側面に働きかけることにより、文化的人工物を構築するとともに、認知的側面への働きかけにより科学的な妥当性が吟味され、結論が導き出されていたと言える。

表 5.9 まとめ場面のプロトコル

	発話	原則
T33	えっとそれでは時計を見てみるともうおしまいの時間なので、まとめをしたいと思います。(3年生の理科の学習が本時で最後だということを伝える)	①
T34	今日のまとめ、というかこれまでのまとめ。まとめたいです。	②
G4	はい。(挙手)	
T35	はい。(Gを指名)	③
G5	糸電話は、まあ、音は振動で生まれている。	⑦
T36	糸電話は、音は、振動で生まれている？	④

G 6	音は振動で生まれている。	⑦
T37	どうですか？	③
Cs	(何人かが「いいと思う」と呟く)	
T38	音は？	④
	(中略)	
E 2	音は振動からできてる。	⑦
T39	振動？からできてるの？音は振動でいいんじゃないって(前の方の子どもが)言ってるけど、どう？いい？	⑤
C18	いいと思う。	⑦
T40	「音は振動，まる(句点)」でいいですか？	⑤
C19	だと思う。	⑦
T41	だと思う？なんで？	④
C20	だってさ，まだ分かんない。	⑦
C21	まとめて分かってること書くから。	⑥
T42	あ，なるほど，まだこれだけしか調べてないから他は違うかもしれない。	⑦
C22	だと思う。	⑦

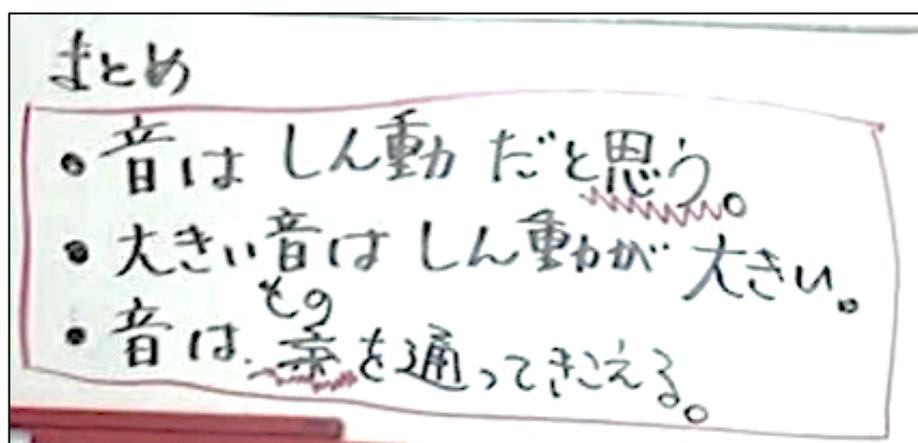


図 5.3 音の性質の学習のまとめの板書

第3節 学習環境デザインフレームワークに基づく理科授業デザインによる 知識発展の具現化

第1項 理科授業デザインによる知識発展の具現化

前節までの分析に基づき、教授的側面である CoI フレームワーク実践の原則が、どのように社会的側面及び認知的側面に対して働きかけているか考察する。具体的には、CoI フレームワーク実践の原則の出現数から各場面における傾向を捉えることにより、社会的側面、認知的側面、及び教授的側面の関連を示す。それにより、理科学習環境デザインフレームワークが、理科授業デザインにおいてどのように機能しているかが明らかになり、知識発展の具現化について検討できると考えた。

前節の分析から各場面における CoI フレームワーク実践の原則の出現回数をまとめたものが表 5.10 である。この表において、子どもによる教授的側面の現れを括弧内に内数で示している。

「目標設定」場面において、認知的側面に向けたファシリテーションの原則④が2回見られた。これは、議論の中心を明確にし、対話の方向性を示すためであった。その後、CoI フレームワーク実践の原則の内、デザインのカテゴリ

表 5.10 CoI フレームワーク実践の原則の出現数

原則	目標設定	結果の共有	考察(声)	考察(笛)	まとめ	計
①	4		1	1	1	7
②	5		4	1	1	11
③		4 (1)			2	6 (1)
④	2	1	3 (1)	2 (2)	3	11 (3)
⑤		1	1		2	4
⑥		6 (1)	2 (1)	3 (1)	1 (1)	12 (4)
⑦		8 (8)	2 (2)	3 (2)	8 (7)	21 (19)

() は教授的側面における子どもの発言 (内数)

である原則①及び②が合計で9回出現していた。4回出現していた原則①において、学習目標を確認するとともにルーブリックを共有し解決の見通しをもたせていた。5回出現していた原則②において、子どもの実態を基にした教材や活動を構成していた。このことから、分析した理科授業における目標設定の場面では、社会的側面、認知的側面の両面に働きかけるデザインの原則が機能していることが明らかになった。

「結果の共有」場面において、設定された目標に対する結果について、子どもによるアセスメントが8回表出していた。これらは、4回の社会的側面に向けたファシリテーションと、6回の認知的側面に向けた直接指導とともに表れていた。この二つの原則は、他の場面と比較して一番多く表れている。一般的に、理科授業において「結果の共有」場面では、共通の経験として共有できるように、複数の実験の結果の表出を促し、その表現を精緻化していくことが重要である。そこでは、話し合いのルールや進め方だけではなく、図2に示したイメージ図などによる表現方法を保障することによって結果の表出が促進される。これは、Roschelleが提唱した収斂説によって説明可能である。収斂説では、意味を共有し理解を構築していくことに対して、学習者が互いに貢献することに重点が置かれている(Roschelle, 1992)。本事例分析において、他者との意味の共有を通じて、客観性や妥当性がより高い科学概念を構築し、他者との交渉の過程と構築に関わる個人の責任を明らかにしていく、知識発展の過程として捉えられる。これは、すなわち分析した授業において、社会的側面に向けた原則によって表出された結果を子ども自身がアセスメントし、認知的側面に向けた原則が機能することによって精緻化され、「音が小さくても振動はある」という文化的人工物が構築されていく様態が、明らかになった。

「考察」の場面では、始めに教師によるデザインの原則により、議論の目的が焦点化された。それに基づき、ファシリテーション及び直接指導により探究の実践が行われていた。ここでは、子どもによるファシリテーション及び直接指導が11回中5回見られた。アセスメントについては、2つの場面を合計して

5回のうち、4回が子どもによるアセスメントであった。これは、Linnの指定した知識統合における、個人の見方や方法を表出するときに、相手の表象に対して知識を付加することで矛盾を解消したり、知識の関連付けを促進したりすることで、知識が更新されていく過程（Linn, 2006）と解釈することが可能である。知識統合を可能にしているのは、共同体における知識を吟味し、その知識を更新し、継続していくことを強く推進する知識発展によるものと捉えることができる。すなわち、子ども自身が、共同体における知識をアセスメントし、根拠に基づいた議論によって共同体に貢献することで合意形成を図り、知識を発展させていたと言える。学習環境デザインフレームワークとして捉えると、子どもによる教授的側面の機能が顕著に観察され、子どもによって文化的人工物が構築されていく様態が現れていた。Garrisonが指摘した、教授的側面が子どもによってなされる様態が現れていたと言える。分析した理科授業における考察の場面では、表出された子どもの考えを基に、根拠に基づいた議論が行われて合意形成が図られていた。そのため、認知的側面に介入していくことで、科学的な概念の形成を促進していると捉えることができる。

「まとめ」の場面においても、場面の始めにデザインの原則を機能させ、ファシリテーション及び直接指導により結論を導出し、その結論をアセスメントしていた。考察場面と異なり、子どもが表出したアセスメントに対して、ファシリテーション及び直接指導が機能している。理科授業におけるまとめの場面では、子どもたち一人ひとりが構築した科学的な概念を統合し、結果に則した科学概念としての文化的人工物としていくことが必要であると考えられる。この場面で構築された文化的人工物は、実験結果の適用範囲を限定する形で結論付けられており、今後の活動において使用可能な人工物となるように意図されている。これは、Stahlが提唱した協働的知識構築モデルにおいて、協働的知識が形式化・客観化されることによって文化的人工物が構築される過程と一致すると解釈できる（Stahl, 2000）。

社会的側面に働きかける実践の原則①③⑤は 17 回、認知的側面に働きかけ

る実践の原則②④⑥の出現数は、34回であった。これは、学年末の授業実践であり、授業に対するルールや規律など授業態度が定着していたことに起因していると考えられる。一方で、科学知識は共同体において創造され更新されていく、すなわち、知識発展が図られるものであるという感覚が希薄な日本の子どもには、認知的側面に働きかけることが必要であると捉えることもできる。

また、このフレームワークは、自律的に探究を実践するためのものであるものの、教師が主導していると捉えられる場面も見られている。これは、小学校第3学年という発達段階によるものなのか、教師による教授の在り方による課題なのか、明らかになっていない。この点を明らかにするためには、学年や時期、学習内容、指導者など、様々な条件のもとで、更なる調査分析が必要である。

分析した理科授業において、社会的側面及び認知的側面の両面に働きかけながら、子どもによる実践のアセスメントを引き出し、その根拠を精緻化することによって、科学的に妥当な文化的人工物を構築する様態が明らかとなった。

第2項 CoI フレームワークによる理科学習環境デザインフレームワーク

前項の議論を基に、理科授業の視点から CoI フレームワークにまとめたものが図 5.4 である。教授的側面における実践の原則が機能することによって、社会的側面では、子どもたちの思考の表出が促進される。認知的側面では、概念の精緻化の促進が図られる。共同体において共有された概念は、社会的側面において合意形成が図られて文化的人工物が構築される。同時に、認知的側面において根拠を基にした科学的な概念への転換が図られる。これらを実践することによって、理科授業における探究の実践が成立していると考えられる。これにより、CoI フレームワークの教授的側面における実践の原則が機能し、社会的側面及び認知的側面に働きかけることにより、科学的に妥当な文化的人工物が構築される様態が次の通り明らかになった。

(1) 教授的側面における実践の原則が社会的側面に機能することで、思考

の表出が促進され、合意形成が図られ、文化的人工物が構築されていた。

(2) 教授的側面における実践の原則が認知的側面に機能することで、概念の精緻化が図られ、根拠に基づく科学的な概念が構築されていた。

(3) 文化的人工物と科学概念との齟齬に対してアセスメントが行われることにより、ファシリテーション原則及び直接指導の原則が機能し、その齟齬の解消に向けて科学的に妥当な文化的人工物が構築されていた。

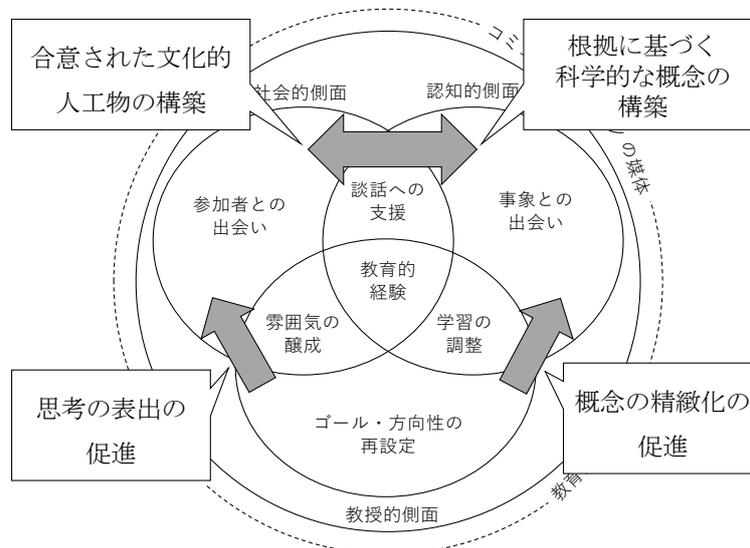


図 5.4 理科授業デザインの視点から捉えた理科学習環境デザイン

第3項 学習環境デザインフレームワークに基づく理科授業デザインによる知識発展の具現化

共同体が科学概念構築を志向するために、多面的な分析や考察をしたり、妥当な考えに改善したりするために、意図的に批判的な談話を形成するフレームワークを開発し、それに基づく理科授業デザインを行った。理科授業デザインにおいては、CoI フレームワークの実践の7原則を理科学習に援用して実践した。

その結果、次の3点が明らかになった。

- (1) 理科学習環境デザインフレームワークの3側面の重なりを生み出すために7原則が機能し、これに基づくことで理科授業デザインが行われていた。
- (2) 知識発展の様態として、思考の表出の促進と概念の精緻化の促進が図られ、3側面の重なりが生まれ、根拠に基づく科学的な概念としての文化的人工物の構築が達成され、有意味な教育的経験が成立していた。
- (3) 問題解決活動において、実践の7原則の出現過程を量的に分析することによって、場面によって強弱があったことが明らかになった。

この結果において、場面によって実践の7原則において強弱が生じる原因として、アセスメント機能との関係性が考えられる。アセスメントの内容に応じて、次の教授行動が選択されていると考えられるからである。そこで次章において、アセスメントを基軸に、理科学習環境デザインフレームワークを基盤とした、知識発展を志向する理科授業デザインの教授・学習方略について議論する。

第6章 理科学習環境デザインにおけるアセスメントと理科授業デザインの教授・学習方略

前章において、学習環境デザインフレームワークに基づく、知識発展を図る理科授業デザインについて議論した。ここでは、理科学習環境デザインフレームワークの中核である、CoI フレームワークの社会的側面、認知的側面、及び教授的側面の重なりを生むために、教授的側面における実践の7原則が機能しており、問題解決の場面によって強弱があることが明らかになった。また、3側面の重なりを生み出す理科授業デザインによって、科学的な概念としての教室における文化的人工物の構築が達成されていた。

一方で、理科学習環境デザインフレームワークに基づく理科授業デザインに関わり、Garrison が、「教授的側面は教師の側面ではなく、参加者全員に求められる」と指摘しているものの（Garrison, 2016: 61-62）、誰が何をどのようにアセスメントすることでフィードバックを行い、協働的な知識構築が促されているのか明確になっていない。

本章では、理科学習環境デザインフレームワークに基づいた知識発展を図る理科授業デザインに関して、アセスメントの内実を分析することで、協働的に知識を構築するための教授・学習方略を明らかにし、理科授業デザインの視点を具体化する。

第1節 学習環境デザインフレームワークにおけるアセスメント

第1項 アセスメントの定義と子どもに求められるアセスメント

アセスメントについて、有本は「周到な観察」と指摘し、「児童生徒が言ったりしたりすることに対する周到な観察であり、日本の教室で『見取り』『見極め』といわれてきたものである」と、説明している（有本, 2008: 274）。具体的には、子どもの発言や行動、ワークシートやノートの記述内容などについて、周到に観察することによって、学習状況を捉えることである。

理科学習環境デザインフレームワークにおいて、Garrison は、アセスメントを含む「教授的側面の機能は、教師の側面ではなく、参加者全員に求められる」として、教師も子どもも、「建設的・形成的フィードバックするための責任を担い、価値ある教育的経験を保障する」ことを想定すべきであると指摘している（Garrison, 2016 : 61-62）。このフレームワークにおいて、表 6.1 に示した実践の 7 原則のうち 7 番目の原則が、アセスメント原則である。アセスメント原則とは、「意図した過程と結果が一致しているか確かめる」ことである（Garrison, 2016 : 97）。教師による形成的アセスメントだけでなく、子どもは自らの学習をメタ認知し、アセスメントすることが必要とされている。このため、理科授業デザインにけるアセスメント原則とは、ルーブリックによって自らの学びを明確にアセスメントし、より深く意味ある実践ができているか振り返ることであると捉えられる。したがって、子どもが互いの発言や行動などをアセスメントしたり、自らの活動や記述に対して、周到に観察したりすることによって学習状況、すなわち、協働的な知識発展の状況を捉えることが求められているのである。これは、子ども自身が学習についての学習を行い、「生涯にわたって学んでいくのに計り知れないほどの貴重な技能を開発」することにもなるのである（OECD 教育研究革新センター, 2008 : 29）。

理科学習環境デザインに関わる協働的な知識発展の営みである、協働学習のアセスメントを具現化するにあたり、Aalst は、次の点について指摘している。すなわち、「グループ活動の成果物やグループ活動後の個別のアセスメントでは、その子どもの学習状況などを的確に見取ることが難しい」こと、「協働すること自体を能力の価値とみなしてアセスメントすべきであるが、その客観性、信頼性を担保することは難しい」ことである。これらは、「協働学習におけるアセスメントが確実に行われることで、これらの問題について解決が図れる」ことを意味する（Aalst, 2013 : 280-296）。そのために、「教師による形成的アセスメントだけでなく子ども同士の相互アセスメント、子ども自身の自己アセスメントも重要であり、それを可能にするためにはアセスメントのための仕組み

が必要である」と言及している（Aalst, 2013 : 293）。

表 6.1 理科学習環境デザインフレームワーク実践の7原則と
理科授業における分類指標（Garrison, 2016 を基に作成）

カテゴリ	原則	理科授業における分類指標
デザイン	①開かれたコミュニケーションと信頼を計画する（社会的側面）	探究の目的となる学習目標を確認している。目的の確認や見通しをもつための話し合いの進め方やルールを設定している。
	②批判的な考察と談話を計画する（認知的側面）	教材や学習対象，活動方法，グループ編成などの構成をしている。
ファシリテーション	③共同体の団結を確立する（社会的側面）	教師は，望ましい振る舞いを示すために話し合いの進め方やルールを確認している。子どもは，ルールに則って話し合いを進めている。
	④探究のダイナミクスを確立する（認知的側面）	探究の目的に沿って個人の思考を明確にしている。個人や共同体の考えを揺さぶっている。
直接指導	⑤尊敬と責任を持続させる（社会的側面）	自由な議論を称賛している。反論に対して適切に介入したり意見を整理したりしている。
	⑥解決に向かう探究を持続させる（認知的側面）	鍵となる概念や情報，議論の要約，結論への見通しなどを提供している。誤った考えに介入している。議論の中心や根拠を明らかにしようとしている。
アセスメント	⑦意図した過程と結果の一致を確かめる	ルーブリックに基づいて実験の結果を振り返っている。活動を振り返り，自らの問題に答えている。

第2項 授業デザインの視点としての形成的アセスメントを機能させる

フィードバックとルーブリック

（1）クライテリアとコメントによるフィードバック

実際にアセスメントを行っていく際，まず始めに必要なことは，学習目標と評価規準を明確にし，それらを子どもたちと共有することである（William & Thompson, 2007）。アセスメントした内容に対して，「通常，いかにうまくなさ

れてきたか、または、なされたかについての情報」をフィードバックという (Sadler, 1989)。フィードバックを適切に行うためには、評価規準が必要である。アセスメントとしての評価では、評価規準のことを「クライテリア(criteria)」と呼んでいる。クライテリアを教師と子どもが共有することは、子どもが学習を進める上での見通しになり、子どもが相互アセスメントや自己アセスメントするために不可欠である。

クライテリアに関して、Wiliam は、目標に準拠したクライテリアと、子どもの考えを構築するための二つの規準の必要性を指摘している。目標に準拠したクライテリアのみでは、子どもの学習状況を完全に把握することができないため、子どもの考えを構築させるためのクライテリアの必要性を提案している (Wiliam, 1992 : 11-20)。目標に準拠したクライテリアを「先決したクライテリア」、子どもの考えを構築させるためのクライテリアを「即時的なクライテリア」と捉え、渡辺・黒田・森本は、教師が即時的なクライテリアに基づいてフィードバックする様態を明らかにしている。具体的には、子どもの表現をアセスメントすることで、即時的なクライテリアを生起させ、それに基づいて発話によるフィードバックを積み重ねていくことで、先決されたクライテリアを達成させていった (渡辺・黒田・森本, 2015 : 17-27)。

理科学習環境デザインフレームワークは、目的を共有する共同体における探究の実践が基盤となっている。先決したクライテリアは、目的や学習目標を規準として示したものである。教師も子どもも、アセスメントを通じて次の活動に向けたフィードバックを行うときに、先決したクライテリアの達成に向けて、即時的なクリアテリアを生起させていくことが求められる。このとき、即時的なクライテリアを達成するための方略は、発話によるフィードバックだけでなく、教授・学習過程の見直しによることも考えられる。

(2) ルーブリック

アセスメントを具現化するために必要なツールとして、ルーブリック (rubric)

がある。ルーブリックとは、「仕事やパフォーマンスの各タイプをアセスメントするために使用される明示的なクライテリアのセット」である（The Teaching, Learning and Technology Group, 2011）。

Garrison は、ルーブリックについて「アセスメントにおいて重要なことは、どのようにルーブリックが使用されて評価されるのかを、参加者が明確に理解していることであり、アセスメントが深く意味ある学習を反映していることなのである」と指摘している（Garrison, 2016 : 98）。理科学習環境デザインフレームワークにおいて、アセスメントは教師も子どもも行う活動である。したがって、学習にアセスメントを反映させていく上で、ルーブリックを子どもと共有することが不可欠なことなのである。Aalst は、子ども自身がアセスメントする場面においては、「子どもがクライテリアを定義する役割を果たし、そのクライテリアに基づいてアセスメントしている」ことを指摘している。これは、子どもがアセスメントするときに、即時的なクライテリアを子ども自身が決定しているという指摘である。子どもが決定する、この即時的なクライテリアをより効果的なアセスメントにつなげていくためには、「教師と子どもがともにアセスメントを作り上げていくことが重要な鍵である」と指摘している（Aalst, 2013 : 290）。すなわち、実際にアセスメントを有意味な学習へとつなげていくためには、ただルーブリックを共有するだけでなく、先決したクライテリアを基に、子どもの実態に即した即時的なクライテリアも子どもと共有することが、より効果的であると考えられる。

（3）アセスメントにおけるフィードバックの方略

渡辺らは、教師が子どもの学習状況から指導内容を決定し、教授過程を調整していることを明らかにしている（渡辺・黒田・森本, 2013 : 13-26）。これは、フィードバックの方略として、発話によるフィードバックのみならず、教授過程の調整による方略があることを示唆している。

教師が子どもの学習状況をアセスメントし、フィードバックする方略につい

て Ruiz-Primo and Brookhart の指摘は注目に値する。Ruiz-Primo and Brookhart は、コメントによるフィードバックと教授行動によるフィードバックの 2 つの方略を示し、それに関わる 3 つの特徴を示した (Ruiz-Primo & Brookhart, 2018: 14-15)。第 1 の特徴は、フィードバックを受け取るのは一人ではなく、参加者全員が受け取ることができるということである。また、参加者は、フィードバックを提供する側にもなることができる。これは、理科学習環境デザインフレームワークにおけるアセスメントが、参加者全員に求められていることと一致する。第 2 の特徴は、教室の文脈におけるフィードバックは、単なる口頭や記述のコメントのみならず、教授行動 (instructional moves) にも現れる。いずれも、子どもの考えや行動をよりよい学習に向かわせるものである。これに関連して、渡辺・黒田・森本の一連の研究では、発話による即時的なフィードバックのみならず、学習活動の計画についても修正を加えながら教授を行っていることが明らかになっている (渡辺・黒田・森本, 2013, 2015)。これは、前章で明らかになった通り、理科学習環境デザインフレームワークにおいて、アセスメントを基にデザイン原則が機能し、探究の実践が持続されることと一致する。第 3 の特徴は、フィードバックは、現在進行している相互作用の、まさにその状況に結びついているということである。理科学習環境デザインフレームワークにおける探究の共同体では、共通の目的の下にアイデアを表出し、ジレンマを解消し、相互支援とフィードバックが絶えず行われる (Garrison, 2016: 8)。このフィードバックが、常にその状況に結びついていることは、明確である。

ルーブリックを基にアセスメントを行い、フィードバックする活動は、理科学習環境デザインフレームワークにおいて教師も子どもも行う活動である。次項において理科授業デザインを行う際の視点として、アセスメントとフィードバックの方略について検討する。

第3項 アセスメントの三項アプローチ

理科学習環境デザインフレームワークにおいて現れる，教師も子どもも行うアセスメントの仕組みについて，Vaughan, Cleverland-Innes and Garrison の指摘は有益である。Vaughan, et al.は，指導者や外部専門家による形成的アセスメント（instructor assessment），相互アセスメント（peer assessment）と自己アセスメント（self-assessment）の3つのアセスメントの方法を示し，これらを統合したアセスメントの三項アプローチ（triad approach）を提案している（図 6.1）。主体が異なる3つのアセスメントが，「それぞれ独立して行われるのではなく，統合されたプロセスとして実施されることで，子どものメタ認知能力の育成を支援する」としている（Vaughan, Cleverland-Innes & Garrison, 2013 : 94-95）。前章において分析した理科学習環境デザインフレームワークにおいても，授業の各場面にアセスメント原則が出現しており，この3つのアセスメントが相互に関連し，子どもがメタ認知を機能させながら協働的に知識発展を図っていくと考えられる。そのため，このアセスメントの三項アプローチは，理科学習環境デザインフレームワークに基づく授業デザインの視点を具体的に導出するにあたり，注目に値する指摘である。

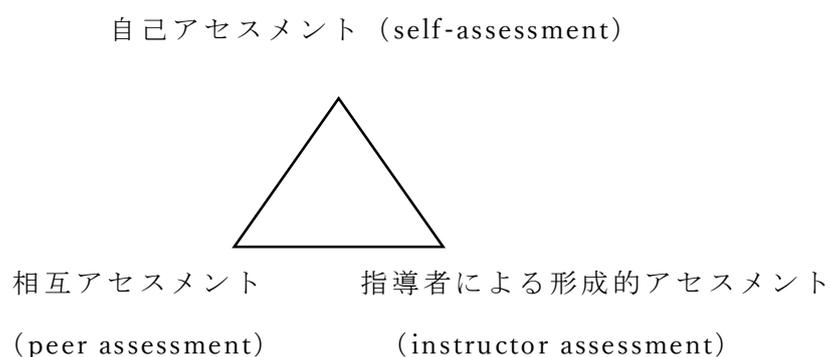


図 6.1 アセスメントの三項アプローチ（Vaughan, Cleverland-Innes and Garrison, 2013 : 95 を基に作成）

(1) 指導者による形成的アセスメント

理科学習環境デザインフレームワークにおいて、教授的側面は教師の側面ではなく、その授業に参加している全てのメンバーが担っている側面である。したがって、教師に限定されることなく、全てのメンバーが、アセスメントを行う主体になり得る。

このアセスメントの中で、教師によってなされるアセスメントを *instructor assessment* という。Garrison は、*instructor assessment* について、形成的アセスメント (*formative assessment*) が重要な役割を占めていることを指摘した。探究の実践において、「(a) 熟考するためのアイデア、(b) 談話を向上させる方法、(c) 動機付ける、(d) 意図した成果への進捗の認識について、フィードバックすること」が必要であることを示した (Garrison, 2016 : 97)。すなわち、社会的側面・認知的側面・教授的側面全ての側面に向けた形成的アセスメントの必要性に関する指摘である。そこで、本研究においては、*instructor assessment* を「指導者による形成的アセスメント」とする。

Ruiz-Primo and Brookhart は、フィードバックの方法について、学習計画を見直し、授業内容を変更する学級全体に関わる方法と発話や記述などのコメントによって個別に行う方法があることを指摘している (Ruiz-Primo & Brookhart, 2018 : 49-76)。

理科授業デザインの視点を具体化するにあたり、子どもの知識や経験、思考、関心などをアセスメントし、学習内容の配列、実験方法や道具などの計画を修正することや、授業中の教師と子どもとの対話、ノートやワークシートへのコメントなどの「指導者による形成的アセスメント」が不可欠であると考えられる。これらにより、熟考するためのアイデアや探究の進捗についてのフィードバックを行うとともに、談話を向上させたり動機付けたりすることが重要であると言える。当然、これらは次に論じる相互アセスメントや自己アセスメントに取り入れられ、探究の実践で活用できるようになることが、子どもに求められる。

(2) 相互アセスメント

相互アセスメント (peer assessment) は、一緒に探究の実践を行っている友達をアセスメントすることである (The Foundation Coalition, 2002)。相互アセスメントについて、Ruiz-Primo and Brookhart は、「次のステップへの計画を生み出し、活動の向上を見込むことができる。一方で、外的フィードバックという点で共通する教師によるフィードバックと比較すると、権威に欠ける。そのため、活動の修正のためのフィードバックより、むしろ協働学習活動としての活用が重要」であることを指摘している (Ruiz-Primo & Brookhart, 2018: 109)。また、Aalst は、「相互アセスメントは協働にむけて構成されたアプローチの一つ」としての視点を示し、「自己アセスメントを行うための初めの一步でもある」と述べている (Aalst, 2013: 289)。すなわち、共同体と個人を繋ぐアセスメントとして重要な活動であると考えられる。

Garrison は、探究の実践について「批判的談話の過程である」と指摘している (Garrison, 2016: 12)。これは、協働学習の活動において、子ども自身が他者の探究に対するアセスメントを行うことで、多様な視点や経験から、その目的と手段の整合性を確認したり、論理的な矛盾を解消に向かわせたりすること自体に意味があるという指摘として捉えることができる。

理科授業デザインの視点を具体化するにあたり、子ども同士が談話を通じて相互アセスメントを機能させる機会の設定が必要である。学級全体の話し合いにおいても、教師と子どもの対話から子ども同士の談話へと促していくことが考えられる。グループ活動やペア活動を取り入れることで、子ども同士の関わりを増やし、アセスメントし合う活動を設定することが考えられる。これらの相互アセスメントにおいて、指導者による形成的アセスメント同様、多様なフィードバックの方法が考えられる。もっとも容易な方法は、口頭でのコメントである。ワークシートやノートに付箋を貼ったり直接書き込んだりする、記述によってフィードバックする方法もある。また、活動の修正を提案し一緒に実践することも考えられる。これは、相互アセスメントにおいても、学習活動の

修正を伴う教授行動によるフィードバックが行われることが想定されることを意味する。これらは、いずれも探究の目的や学習目標に向けたアセスメントになっていることが重要である。そのために、相互アセスメントが効果的に機能するようにルーブリックを用いることが重要であると考えられる。

(3) 自己アセスメント

自己アセスメント (self-assessment) は、自分自身の表現について、ルーブリックに基づいた観察、分析、判断し、その表現を向上させる能力である (Alverno College, 2001)。これは、探究の過程についての知識や過程を振り返ったり、活動を調整し、適した方略を採用したりする能力を含む (Varghan et al., 2013 : 83)。

探究を実践し、協働的に学習を進める際には、メタ認知が不可欠である (Garrison, 2016 : 22-23)。ルーブリックに基づいて、他者からのフィードバックを参考にしながら、自己の思考をさらに深めるためである。

理科授業デザインの視点を具体化するにあたり、まずルーブリックの共有が必要である。教師から与えられたルーブリックは、単なるチェック項目としての機能しか期待できない。子どもがルーブリックの作成に関わることによって、より効果的な自己アセスメントが可能になる (Varghan et al., 2013 : 84)。また、ここで共有されるルーブリックは、指導者による形成的アセスメントや相互アセスメントに使用されることになり、アセスメントの三項アプローチを形成する上で重要なツールとなる。

記述による振り返りは、自己の活動や思考を俯瞰することになる。これはメタ認知の促進のために必要である。また、自己アセスメントに対して指導者による形成的アセスメントを行うことで、より客観的にメタ認知を働かせることが促進され、自律的に学習を進めることができる自己調整力を育むことが期待される。ただし、振り返りの頻度については、子どもの思考の妨げにならないタイミングで行う配慮が必要である。

第4項 アセスメントの三項アプローチを基軸とする理科授業デザインの視点

アセスメントの三項アプローチを理科授業デザインに組み込むことについて検討する。指導者による形成的アセスメントは、子どもの学習状況について子どもとの対話や子ども同士の談話の様子や行動、ノートやワークシートの記述などに基づいて行う。フィードバックは、コメントだけでなく、計画の修正などを行うことが考えられる。相互アセスメントでは、授業中に子ども同士が協働学習の活動をできる機会を多く設定することが考えられる。特にグループ活動やペア活動は、相互アセスメントの機会を保障する視点から必要である。観察・実験などの技能面では、作業を手伝ったり実際に操作して見せたり、直接支援することも考えられる。自己アセスメントについて、活動の振り返りを記述することが考えられる。これは、自己の活動や思考を俯瞰するためである。

以上の視点について、まとめたものを表 6.2 に示す。

表 6.2 アセスメントの三項アプローチによる授業デザインの視点

	アセスメントの対象	フィードバックの方法
指導者による形成的アセスメント	<ul style="list-style-type: none"> ・子どもとの対話や子ども同士の談話 ・子どもの記述 ・行動 	<ul style="list-style-type: none"> ・口頭でのコメント ・記述によるコメント ・授業計画の修正
相互アセスメント	<ul style="list-style-type: none"> ・グループ活動やペア活動 	<ul style="list-style-type: none"> ・口頭でのコメント ・記述によるコメント ・直接支援
自己アセスメント	<ul style="list-style-type: none"> ・活動の振り返り 	<ul style="list-style-type: none"> ・記述

第2節 アセスメントを基軸とした理科授業デザインの教授・学習方略による 知識発展の具現化

理科学習環境デザインフレームワークに基づいた知識発展を図る理科授業デザインし、アセスメントの内実を分析することで、協働的に知識を構築するための教授・学習方略を明らかにし、理科授業デザインの視点を具体化する。

第1項 授業実践の概要

(1) 調査

時期：2020年7月

対象：横浜市立小学校第6学年 27名

(2) 実施単元

実施単元：小学校第6学年「植物の養分と水の通り道」（概要は表6.3）

（事例分析は、第8時「始めの水はどこに行ったのか」の授業を中心に実施）

表6.3 単元の概要

第1次 植物の水はどこからどこへ？（9時間）

第1時 単元の見通しを立てよう

第2～5時 水の通り道を調べよう

第6・7時 水はどこから吸収するのだろうか？

第8・9時 水はどこへいくのだろうか？

第2次 植物の養分はどこから？（3時間）

第10時 植物の養分はどこから来るのだろうか？

第11・12時 光合成でデンプンができるのか調べよう

(3) 本時の学習活動計画

第2時から第5時までの学習で、染料を吸収させたハウセンカで水の通り道がよくわからなかったため、第6時に再実験することになった。その結果、第7時では根から水を吸収していることが確かめられた。さらに、その水の行方

について意見が複数出されて、議論になった。その結果、根から吸収された水が葉まで行き渡っていることから、葉から蒸発しているのではないかという見通しをもった。そこで、本時である第8時に、子どもたちは、根から吸収した水がどこに行くのか問題追究することになった。

蒸散について調べる本時の理科授業デザインとして、教師は、表 6.3 に示す授業展開を計画した。なお、感染症予防のため、グループごとの実験が制限されていたことから、学級で一つの実験を行い、観察することとなった。

アセスメントの計画を表 6.4 に示す。導入の場面は、一斉指導で行うため、形成的アセスメントが機能すると考えた。展開では、ペア活動を入れることにより、相互アセスメントの機会を保障し、さらに、一斉指導で形成的アセスメントと子ども同士の対話による相互アセスメントが機能すると考えた。終末において、学習活動の振り返りを行うことで、自己アセスメントを行う計画を立てた。

表 6.4 授業展開の計画

	学習活動 (学習形態)	形成的 アセスメント	相互 アセスメント	自己 アセスメント
導入	本時の学習問題と活動の見通しの確認 (全体)	話し合い	話し合い	
展開	予想と実験方法の立案 (個人)		ノート記述	
	実験方法の確認 (ペア)		ノート記述 話し合い	
	実験方法の決定 (全体) 実験のセット	話し合い	話し合い	
終末	振り返り (個人)			ワークシート記述

(4) 本実践で使用したルーブリック

本実践において、理科における評価の3観点を基に、表 6.5 に示した振り返りの項目を作成した。これを、理科学習環境デザインフレームワークの3つの

側面のうち、特にアセスメントが機能すると考えられる社会的側面と認知的側面についてクライテリアを設定した。【知識・技能】、【思考・判断・表現】は、主として認知的側面に関連したクライテリアとなっている。主体的に学習に取り組む態度について、理科学習環境デザインについてアセスメントするために、【問題解決】【協働学習】の2観点に分けた。【問題解決】は、主として認知的側面にに関わり、【協働学習】は主として社会的側面に関わるクライテリアとして機能すると考えたからである。また、【知識・技能】における実験方法の計画や【問題解決】の次の問題や見通しについては、探究の実践をデザインする教授的側面に関わるクライテリアとして機能することも考えられる。

振り返りの項目は、子どもが振り返りを行うときに使用するワークシートに記載した。また、授業中に教師が説明をしたり、振り返りに対してコメントを記述したりすることによってルーブリックの共有を行った。ワークシートに記載されたルーブリックは、先決したクライテリアであり、コメントとしての記述が即時的なクライテリアとして機能すると考えた。

このルーブリックによって、他者と目的を共有し探究の実践を行う理科学習環境デザインフレームワークに基づく理科授業デザインが可能になると考えた。

表 6.5 本章の実践事例における振り返りの項目

<p>【知識・技能】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・学習内容がわかった ・観察実験の方法を考えて、実施して、結果を出せた 	<p>【思考・判断・表現】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・結果や経験，調べたこと，話し合ったことを根拠に自分の考えを作り出せた ・友達の意見を取り入れたり，自分の意見を言ったりして考えを広げたり深めたりした 	<p>【問題解決】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・何のために学習しているのか，見通しをもって活動できた ・知りたいことが分かったか，振り返ることによって次の問題や見通しをもてた 	<p>【協働学習】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・話し合いをよく聞いて，自分の意見を言ったり，友達の意見を取りいれたりできた ・学級のみんなが納得できているか考えながら，話し合った
--	---	--	--

(5) 分析方法

分析について、指導者による形成的アセスメント及び相互アセスメントは、授業発話及びノート等への記述を基に行った。自己アセスメントは振り返り用

のワークシートの記述を基に行った。

形成的アセスメント及び相互アセスメントについて、アセスメントの内容を表 6.1 の分類指標を基に、社会的側面、認知的側面、及び教授的側面に分類した。この分類に基づいて、これらのアセスメントが教授・学習過程のどこに位置付き、その後のアセスメントに関連していたか考察した。

なお、それぞれの記号について A, B, D, E, F, 及び G については、それぞれ同一人物の発話及び記述となっている。この分析は研究者 2 名で行い、評価に違いが出た場合には、討議の上、判断を行った。

第 2 項 結果及び考察

(1) 学習問題の設定場面

表 6.6 は、学習問題の設定場面のプロトコルである。T1 において、教師は、前時までの学習を想起させるフィードバックを行った。本時において解決する課題を考えさせているため、(a) 熟考のためのアイデアであると捉えられる。これは、探究の目的を確認し、学習対象を構成しているため、社会、認知両側面に働きかけていると考えられる。このフィードバックを受けて、C1 は、「始めの水がどこに行ったのか」と答え、探究の目的を共有している。教師は、この発話を受けて、前時に確認をしている「葉から蒸発しているのではないか」という考えを引き出すために、T2 において A 児に発言を促している。精緻化した目的を共有することで、協働的に問題追究できるようにする (c) 動機付けを行い、前時までに共有されていることを確認する (d) 進捗状況と見通しを把握させるためであった。(c) 動機付けは社会的側面に、(d) 進捗状況と見通しの把握は認知的側面に働きかけていると捉えられる。

A1 の「袋の内側に水滴がついていました」という発言を聞き逃した教師が、T2 において「何がついていた？」と問い返したところ、A2 は、「水蒸気」と言い直した。これを聞いた C2 は、「水蒸気？」と聞き返し、袋についていたのが目に見える水滴なのか、目に見えない水蒸気なのか確認した。これは探究の

見通しを明確にするために、相互アセスメントが認知的側面に向けて機能した場面として捉えることができる。

表 6.6 学習問題の設定場面のプロトコル

	発話	アセスメントの種類
T1	今日は、何を解決するんだ？	a) 熟考のためのアイデア（認） c) 動機付け（社）
C1	始めの水はどこに行ったのか。	
	（中略）	
T2	昨日 A さんが言ってくれたのは、「お店の袋に入れたときに」というのを話してくれましたが。もう一回言ってもらっていい？	c) 動機付け（社） d) 進捗の認識（認）
A1	袋があって、その袋の内側に水滴がついていました。	
T3	何がついていた？	
A2	水蒸気。	
T4	水蒸気がついていた。	
C2	水蒸気？	相互アセスメント（認）
T5	水蒸気？水滴？	a) 熟考のためのアイデア（認）
A3	水滴	精緻化（認）
T6	水滴。なんで、そこを突っ込んだの？みなさん。 水蒸気は？	b) 談話の向上（社・認）
B1	気体で目に見えないから、目に見えているっていうことは、気体ではなくて、液体だから。	メタ認知的知識の表出（認）

T5において教師は、用語の確認とA児の経験の共有のために、「水蒸気？水滴？」と問い返した。A3は、「水滴」と答えることで、袋の内側に液体の水滴がついていたことを確認した。これは子どもの誤った考えに介入しているため、認知的側面に向けてアセスメントが機能している場面と捉えられる。これにより、相互アセスメントの精緻化を図り、「A児の経験」という共有された人工物の質の向上をもたらしたと捉えられる。

教師は、T6において、「なんでそこを突っ込んだの？」と全体に発問することによって、ことばを精緻化して議論することの重要性と、子どもたち自身の行動に対するメタ認知を促した。これに対して、B1は、「目に見えているってことは、気体ではなく液体だから。」と、精緻化された考えを表出させた。教師が、(b) 談話を向上させる方法についてアセスメントすることで、話し合いの進め方に対するメタ認知を促した。これにより、認知的側面における思考の精緻を図ったことから、社会的側面及び認知的側面にむけて機能していると捉えられる。

T2の発問から、この場面において教師は、前時までの学習をアセスメントしており、それを基に探究をデザインしていることは明らかである。また、A児に対しては、経験を基に理由付けされた意見の表出を促すとともに、その他の子どもたちに対して、話し合いをよく聞き自分の意見を言えるようにしたり、納得できるような話し合いになったりするようにフィードバックしていた。教師によるアセスメントにより、教授行動としての学習活動の計画と、社会的側面、認知的側面に向けた働きかけが、コメントによって機能していたと言える。

(2) 予想の共有場面

教師は、葉以外にも蒸発している場所があるのではないかと、問いかけた。前時までの話し合いにおいて、葉から蒸発しているという一応の合意が得られていたものの、他の学級においては、茎など他のところから蒸発しているのではないかと意見が出されており、多様な考えがあるという認知的側面と、自由に意

見を表出できていないという社会的側面をアセスメントしていた。そのため、教授行動として、(a) 熟考を促したのである。

この問いかけに対して、花や茎からも蒸発しているかもしれないという意見が表出された。また、葉の全部ではなく、一部からではないかという意見とともに、「土からも蒸発しているかもしれない」という意見が表出された(表 6.7)。

D1の「土からも蒸発するかも」という意見に対して、教師は、T7において「土からも出ている」と復唱した。これに対してC3では、花壇に土があるから、その可能性について、受容する発話があった。

さらに教師がT8において「土はさ、どう？」と学級全体に問いかけることで、C4以降の発話を引き出した。C4は「土(から)は、蒸発している」と過去の経験を表出した。続いてC5「土は植物じゃない」、C6「始めの水。(について調べる)」と、発言があった。さらにE1は、「土は植物じゃないから、土は関係ない」と、探究の目的から外れていることについてアセスメントしていた。

この場面において、T7、C3において、D1の意見を受容することで、社会的側面に働きかけ、自由なコミュニケーションを保障し、教室談話に対する動機付けが行われていると捉えることができる。授業前の教師の計画では、すぐに個人の予想を記述する活動をする予定だった。しかしD1の意見を契機に、相互アセスメントと教師のコメントによるフィードバックの必要性をアセスメントし、教室談話を継続するという教授行動にフィードバックしていた。これにより、「土」という条件が探究の目的に対して合っているのか、相互アセスメントによって確認され、実験の対象から外されることになった。すなわち、(a) 熟考するためのアイデアを提供することで、認知的側面に向けた相互アセスメントが機能していたと捉えることができる。

T8において、「どう？」と子どもたちに問いかけることで、教師は「土からも蒸発するかも」というアイデアに対する相互アセスメントを促している。すなわち、教授的側面を参加者全員の側面として機能させるために問いかけた

と捉えることができる。

T9及びT10において、教師はアセスメントとして(d)進捗の確認と、(a)熟考するためのアイデアを表出している。T10の「土じゃないところから出ているよってというのがわかればいいんだよね」という発話は、次の活動内容をデザインしているため、認知的側面への働きかけであると同時に教授的側面としての機能を捉えることができる。

表 6.7 土からも蒸発していることについての相互アセスメント

	発話	アセスメントの種類
D1	土に植っているから土からも蒸発するかも	
T7	土からもでている。	(c) 動機付け (社)
C3	花壇は土があるから	相互アセスメント (社)
T8	土はさ、どう？	(a) 熟考するためのアイデア (認)
C4	土は蒸発している。	相互アセスメント (認) (経験の想起)
C5	土は植物じゃない。	相互アセスメント (認) (探究の目的の確認)
C6	始めの水。	
E1	土は植物じゃないから、土からは関係ない。	
B2	同じです。	
T9	わかった？	(d) 進捗の確認 (認)
	(中略)	
T10	土じゃないところから出ているよってというのがわかればいいんだね。	(a) 熟考するためのアイデア (認) (教)

(3) 実験の計画における相互アセスメント

共有された予想を基に、子どもたちは、ノートに自らの予想とそれを確かめ

る実験計画を立案した。さらに、その予想と実験計画について、ペアで読み合い、予想を確かめる実験計画になっているかどうかについて話し合った。教師が、認知的側面である実験方法の立案の技能を確実に身に付けることを意図し、子ども一人ひとりが相互アセスメントできる機会を設けたのである。

B児は、図3に示すように「主に葉で蒸発して、茎も少しは蒸発する」という予想を立て、花、葉、茎、それぞれにビニル袋などをかぶせて水滴がつくか実験する方法を考えた。それに対し、相互アセスメントのペアになったF児は「(葉や花を) 切り取っても取らなくても同じなのかなと思った。」と記述している(図6.3赤実線枠)。このことから、F児は、B児が自分と同じ予想だったが、実験方法が違っていたために、B児の方法でも確認ができるのではないかと考えていると捉えることができる。すなわち、相互アセスメントによって、F児は、B児の実験方法でも確認ができる見通しをもち、そのことをB児のノートに記述した。その記述によってB児は、実験方法に対する動機付けを高めたと考えられる。B児は、ペア活動の後の学級全体の話し合いにおいて、「葉から蒸発していると思って、さっきFさんが言っていて、Fさんの意見(中略)に納得して、葉からだけだと思って、実験方法は、Dさんのと一緒に、花だけとか茎だけとか葉だけとかでラップで覆う。」と発言している。これは、F児のアセスメントが社会的側面に機能した場面であると考えられる。

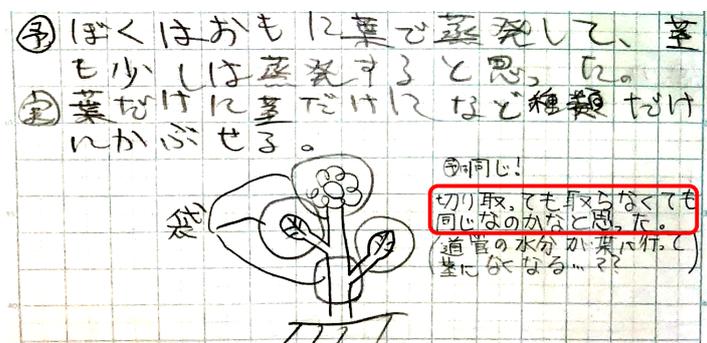


図 6.3 B児の実験方法と相互アセスメント

図 6.4 は、F 児の実験方法と相互アセスメントによるコメントである。F 児は、始めに茎から葉や花を取って、別々に袋に入れる方法で確かめることを計画していた。なお、茎の断面に水を通さないものを塗ることで、蒸発する可能性を茎の表面からのみに絞る方法を考えていた。これに対して、B 児は、「葉を切り取らなくてもいいんじゃない？」と、葉を切り取る必要性を疑問視しているコメント（図 6.4 赤実線枠）を記入した。

F 児は、B 児の実験方法のノート記述と自分の実験方法に対する相互アセスメントを経て、B 児の実験方法を取り入れ、茎と葉、茎と花をそれぞれ切り取らずに実験する方法を考え、図 6.4 の青破線枠の中に記述した。

相互アセスメントについて、F 児は自己アセスメントに「確かに（葉を）切り取らなくても良いなと思った。（考えが変わった）」と記述している（図 6.5）。すなわち、F 児においては、相互アセスメントによって、探究の目的に沿って実験方法を見直し、改善が図られるとともに、メタ認知が働いている姿として捉えることができる。このことから、認知的側面に向けた相互アセスメントが機能し、アイディアの精緻化が図られたと解釈することができる。

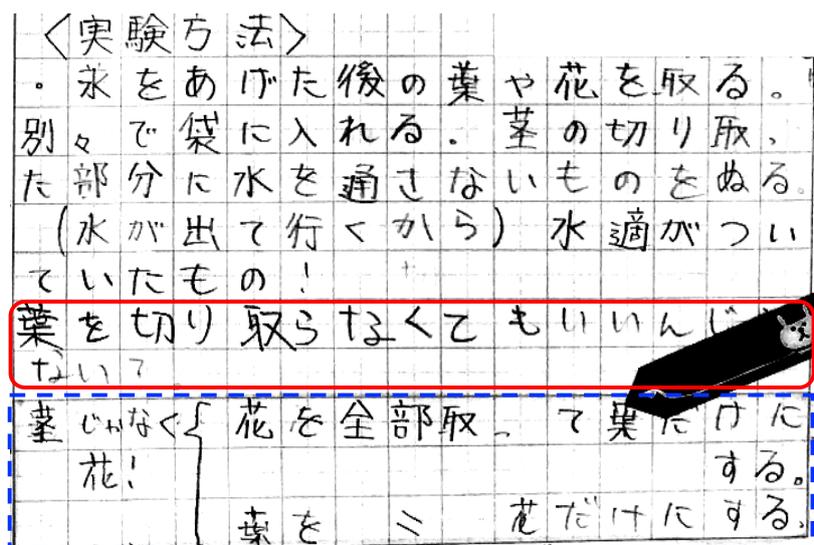


図 6.4 F 児の実験方法と相互アセスメント

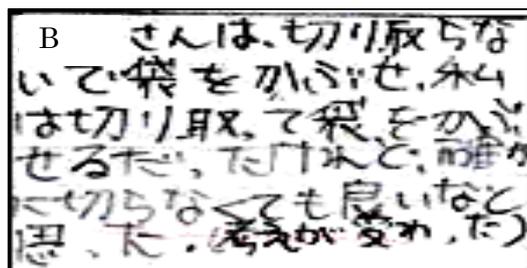


図 6.5 F 児の自己アセスメント

(4) 実験方法の決定の場面

実験方法について相互アセスメントした後に、学級で行う実験を決めるために学級全体で話し合いを行った。話し合いの一部を表 6.8 に、子どもから出された実験方法を表 6.9 に示す。

G 児は、葉からのみ、蒸発していると予想し、教師との対話により、その方法を精緻化して学級全体で共有した。教師は、T 10 において、表 6.9 に示した (あ) (い) (う) の三つの方法で調べようとしていることを確認した。(d) 進捗を確認するために認知的側面に働きかけるとともに、実験の見通しをもたせる (c) 動機付けにより社会的側面に働きかけるアセスメントを行っているといえることができる。

それを受けて、E 児から「葉と茎 (い) から水蒸気が出ていたときに、葉からじゃなくて茎からかもしれないし、花と茎 (う) も花からじゃなくて茎からかもしれない」と、結果の見通しについて質問が出された。すなわち、結果によっては、この実験では明らかにできないことがあるのではないかという問題提起である。これは、E 児において、認知的側面に働きかけるアセスメントが機能していると捉えることができる。これに対して、G 3 は、「茎が蒸発していなかったとしたら」と、予想を基にした前提条件を示した上で、結果によっては再実験があり得ることを示した。G 3 の発話は、E 児のアセスメントにより、見通しが精緻化され、協働的知識として学級全体に共有されたと言える。したがって、結果への見通しが提供されているため、認知的側面への働きかけであ

ると同時に、次の活動である実験のデザインをしているため、教授的側面の機能として捉えることができる。

表 6.8 実験方法を決定する話し合い

	発話	アセスメントの種類
G1	実験方法は、茎と花と葉と、調べて、茎が蒸発しなかったとしたら、植物の場合、〇〇がなくしているということがわかって、(以下、聞き取れず)	
T9	茎だけ (あ) と。	
G2	葉と茎 (い) と、花と茎 (う)。	
T10	花と茎 (う) の三つでいいかな？	(d) 進捗の確認 (認) (c) 動機付け (社)
E2	質問。Gさんの、花と茎 (う) と葉と茎 (い) というのがあって、茎だけ (あ) っていうのがあって、葉と茎 (い) から水蒸気が出ていたときに、葉からじゃなくて茎からかもしれないし、花と茎 (う) も花からじゃなくて茎からかもしれないから。 (中略) それをどうするのかなって。	相互アセスメント (認) (見通しの交渉)
G3	茎が蒸発していなかったとしたら、葉と茎も残ったのは、葉 (い) と花 (う) っていうことがわかるから、その二つにしているっていうか。茎が蒸発したときに、葉も花も全部曇ったら、(水滴が) ついたら、それは、そのときだけは、葉っぱで茎を、蒸発できないようにしちゃって (もう一度実験する)。	見通しの精緻化と共有 (認) (教)

表 6.9 子どもから出された実験方法

①全体に袋をかぶせる	(あ) 茎のみ (葉と花を取り除く) (い) 茎と葉 (花を取り除く) (う) 茎と花 (葉を取り除く)
②部分ごとにプラケース やラップで覆い, 調べる	(え) 葉の表 (お) 葉の裏 (か) 花 (き) 茎

実験方法が決定した後，表 6.9 に示した方法で実験を行った。この場面における話し合いを通じて合意形成が図られ，予想を検証する実験方法が，文化的人工物として構築されたと捉えることができる。実験の結果，(あ)と(お)の水滴が顕著に多かったことから，葉の裏から主に蒸発していることが確認された。

(5) 実験結果と自己アセスメント

一連の問題解決について，F 児が振り返り用のワークシートに記述した自己アセスメントを図 6.6 に示す。

7月22日の【思考・判断・表現】や7月27日の【協働学習】のように，他者の意見を取り入れたことに対しての記述がある(図 6.6 青破線枠)。また，7月27日の【思考・判断・表現】では，「自分の発表も根拠づけながらみんなが納得できるように話せた」と振り返っている(図 6.6 緑二重枠)。

自己アセスメントにおいて，ルーブリックに基づいて詳細に振り返りを行うことで，自分の考えと他者の意見を客観的に比較して，批判的に思考することができるようになると考えられる。すなわち，ルーブリックによって，振り返りの視点として他者と協働的に知識を構築していくことの価値を共有することで，自己アセスメントが社会的側面に機能し，他者との相互作用によって学習

ドバックを行った。活動の見通しをもつときに、予想と実験方法の見通しについて詳細に思考させるためであった。

表 6.10 理科授業デザインにおけるアセスメントの実態

	学習活動	形成的 アセスメント	相互 アセスメント	自己 アセスメント
導入	本時の学習問題と活動の見通しの確認（全体）	話し合い ↓ 教授行動としての フィードバック	話し合い	
展開	予想と実験方法の見通し（全体）	話し合い	話し合い	
	予想と実験方法の立案（個人）		↓	
	実験方法の確認（ペア）	↙	ノート記述 話し合い	↘
	実験方法の決定（全体） 実験のセット	話し合い	話し合い	↙ ↘
終末	振り返り（個人）			ワークシート記述
授業後	ノート・ワークシート	コメント	←	↖

展開では、この教授行動により、相互アセスメントする視点が明確になり、実験方法についての考えを、コメントとしてお互いのノートに書き込んで確認した。また、このコメントにより、さらに熟考したり、次の場面で発言したりするなど、認知的側面、社会的側面に機能していた。

実験方法は、相互アセスメントされた考えを基に話し合われた。形成的アセスメント、相互アセスメントにより、合意形成が図られ、より具体的に詳細な実験計画を立てることができた。すなわち、予想に応じた検証方法という、文

化的人工物が構築されたと捉えられる。

終末では，1時間の学習を振り返ることで，メタ認知が促進され，それに対して形成的アセスメントされることによって，さらにメタ認知が促進され，理科学習環境デザインの3側面に機能し，次の学習活動に反映されていたことが明らかになった。

第2項 アセスメントによる教授・学習方略

アセスメントの三項アプローチは，アセスメントを行う主体によって異なるアプローチがあり，その関連によって有意義な学習が形成されることを示しているものであった。3つのアセスメントについて，本分析を基に整理したものを表 6.11 に示す。

表 6.11 アセスメントの機能と教授・学習方略

	指導者による形成的アセスメント	相互アセスメント	自己アセスメント
社会的側面	(b) 談話の向上 (c) 動機付ける	考えの受容による動機付け	他者と協働的に知識を構築していく意識の醸成
認知的側面	(a) 熟考するためのアイデア (d) 進捗の認識	アイデアの精緻化 見通しの交渉	理解したことへのメタ認知
教授的側面	活動内容のデザイン	活動の見通しの共有	
教授・学習方略	話し合い活動	話し合い活動 ペア活動	振り返りの記述
	コメント (記述・発話)	コメント (記述・発話)	ループリック コメント

指導者によるアセスメントは，二つの方略が取られていた。学級全体の話し合いと振り返りに対するコメントである。

学級全体の話し合いにおいて，(a) 熟考するためのアイデア，(b) 談話を向上させる方法，(c) 動機付ける，(d) 意図した成果への進捗の認識について

のフィードバックが機能していた。(a), (d) は主として認知的側面に向けて、(b), (c) は主として社会的側面に向けて機能していることが明らかになった。また、このフィードバックは、話し合いにおける相互アセスメントを促す機能、すなわち、子どもによる教授的側面を促進する機能があることが明らかになった。

振り返りに対するコメントでは、ルーブリックに基づくアセスメントが認知的側面に機能することにより、メタ認知を促進していた。また、社会的側面にも機能することで、共同体に対する責任感が増加し、より貢献しようと動機付けられていた。それにより、自己アセスメントが具体的な記述に変化し、その向上に機能していた。

相互アセスメントは、学級全体の話し合いと、ペア活動において、行われていた。

学級全体の話し合いにおいて見られた相互アセスメントは、主として認知面に機能し、ことばの精緻化や過去の経験の想起、探究の目的の確認、見通しの交渉などその機能は多岐にわたった。いずれの相互アセスメントも、探究の目的に位置付けられていた。また、相互アセスメントは、次の探究活動がデザインされることによって、教授的側面として機能することが明らかになった。そこでは、指導者による形成的アセスメントが多面的に機能することで話し合いを促進しており、相互アセスメントによるフィードバックの質を高める役割を果たしていた。

ペア活動における相互アセスメントでは、アセスメントする内容が明確であり適切なフィードバックが行われていた。それにより、社会的側面への働きかけとして、自分の考えを受容されることで動機付けが高められる機能と、認知的側面への働きかけとして、実験方法を見直す機能の存在が明らかになった。

これらは、相互アセスメントによるフィードバックや話し合いによるやりとりを通じて、自己アセスメントに反映されており、ルーブリックによって相互に影響しながら学習が行われていた。

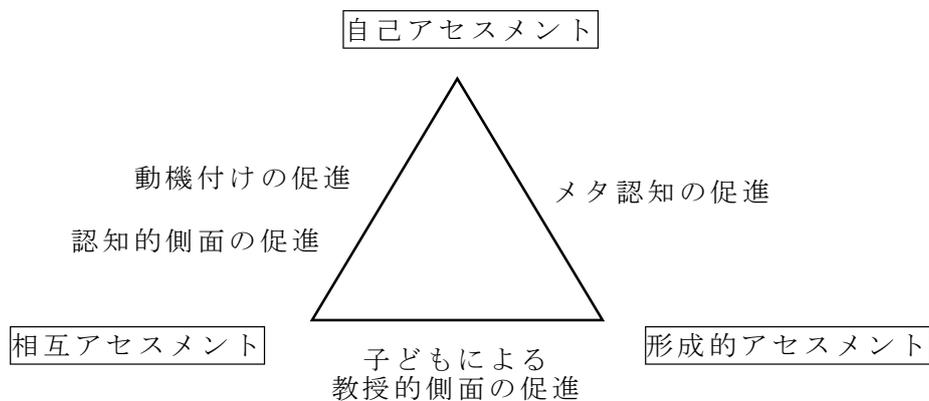


図 6.7 3つのアセスメントの相互関連

自己アセスメントは、振り返り用ワークシートを用いて記述によって行われていた。探究の実践に応じたルーブリックを設定することにより、その目的を意識したアセスメントを行っていた。指導者によるフィードバックを参考にしたり相互アセスメントによるフィードバックを取り入れたりしたことをメタ認知し、振り返りをしていた。これにより、自己アセスメントが、社会、認知両側面に機能していたことが明らかになった。

これらを基に、アセスメントの三項アプローチに整理したものを図 6.7 に示す。自己アセスメントに対する形成的アセスメントによって、メタ認知の促進が図られていた。相互アセスメントに対してコメントすることで、子どもによる教授的側面が促進されていた。相互アセスメントは、認知的側面、及び動機付けの促進が図られていたことが、自己アセスメントによって明確に示されていた。これらの相互関連によって、理科学習環境デザインフレームワークが成立していたことが明らかになった。

第3項 アセスメントを基軸とした理科授業デザインの教授・学習方略

本節では、理科学習環境デザインフレームワークに基づいた、知識発展を図る理科授業デザインをアセスメントの側面から行い、その内実を分析した。それにより、3つのアセスメントが相互に関連して、理科学習環境デザインの3

側面に機能していることを明らかにした。その結果、文化的人工物が構築され、協働的な知識発展が図られる様態が明確化した。

教師は、探究の実践に向けたアセスメントの機会を準備し、相互アセスメントや自己アセスメントを促進するためのフィードバックを行っていた。子どもは、相互アセスメント及び自己アセスメントを通じて、動機付けやメタ認知を促進させ、問題解決に向けてより高次の文化的人工物を構築していった。

したがって、アセスメントを基軸とした理科授業デザインの教授・学習方略として次のことが明らかになった。

- ① 教師は、アセスメントの三項アプローチが関連付くように、形成的アセスメント、相互アセスメント、自己アセスメントをする機会を計画的に設けること。
- ② アセスメントに活用するルーブリックを子どもと共有すること。
- ③ フィードバックは、社会的側面・認知的側面・教授的側面への機能を考慮して行うこと。

本章においては、一事例についての分析によって得られた結論である。アセスメントの機能や人工物の創造を促進する教授・学習方略は、実に多様である。次章以降では、理科授業デザインの視点から、人工物の創造過程について議論する。

第Ⅲ部 理科授業デザインによる人工物の創造過程とその分析

第7章 共同体における人工物の創造を促進する理科授業デザインの構想

第Ⅱ部において、理科教育における学力形成を具現化する学習環境デザインとそれに基づく知識発展を図る理科授業デザインについて議論した。まず、子どもが共同体において批判的談話と内省を繰り返し、意味ある教育的経験を形成する理科学習環境デザインフレームワークを開発した。さらに、それに基づく理科授業デザインを行い、社会的側面、認知的側面、及び教授的側面の重なりを生み出し文化的人工物が構築される過程を明確化し、アセスメントの機能による理科授業デザインの教授・学習方略について明らかにした。

本章において、理科学習環境デザインフレームワークを基盤に、教室という共同体において構築された文化的人工物が、科学的に妥当な科学概念として矛盾を解消し、より精緻化されていく理科授業デザインについて検討する。第2章で明確にしたように、知識発展は、共同体における人工物が創造され、新たな人工物として更新されることである。知識発展としての共同体における人工物の創造を促進する理科授業デザインとして、協働的知識構築モデルに着目して、その具現化について議論する。第2章でも取り扱ったように、Stahlが指定した協働的知識構築（collaborative knowledge building）モデルは、共同体において、談話を重ねることによって意味を構築し、知識を発展させる理論である（Stahl, 2000: 70-77）。個人の理解と協働的知識構築の2つの分別可能な段階からなる循環的な過程として示されており、協働的知識構築の状況を詳細に段階分けして人工物の構築を分析できるモデルとなっている。これは、言葉を変えると、共同体において、教授的側面の機能により社会的側面と認知的側面に働きかけることによって知識発展を図ることができるモデルであると言える。

そこで、第Ⅲ部において知識発展としての人工物の創造過程について、協働的知識構築モデルを援用した理科授業デザインを検討する。本章においては、協働的知識構築モデルを小学校理科授業に援用することで、子どもが協働的に、

より妥当な考えを構築し、それを学級の文化として定着させ、自らのものとして活用していく様態を明らかにする。その上で、これに関わる授業デザインの視点を見出すことを議論する。

第1節 協働的知識構築のフェーズ

協働的知識構築モデルは、個人的及び社会的な知識構築のサイクルを構成する複数の区別可能なフェーズを組み込んだ社会的プロセスとして学習を理解する理論である（Stahl, 2000 : 70）。個人から表出された考えが、共同体においてコミュニケーションを通じて議論され、意味の明確化が図られ、交渉を経て合意形成に至った協働的知識が、文化的人工物としてまた、個人の考えに取り込まれていく。このプロセスの循環的な特性にから、共同体における人工物の構築過程と知識発展を図る理科授業デザインの具体を明らかにすることができると考えた。

協働的知識構築は、図 7.1 の左下、暗黙の前知識から始まる。この暗黙の前知識は、個人がこれまでに学習したことや経験によって培われてきたという点では、「根本的には社会的プロセスであり、その解釈には言語や歴史、文化、社会構造などが影響している」（Stahl, 2000 : 72）。個人では解決できない問題に出会ったとき、前知識が意識化され、問題として個人の考えとして現れてくる。この最初の個人の考えを言語化して、発表することで、協働的知識構築のサイクルに入る。この考えが言語化され、他者の意見とともに話し合われることで、根拠を基に精緻化されていく。この議論の中で、それぞれの言葉の意味が明確になり、共同体で共有された理解となる。複数の共有された理解は、有用性について交渉されることにより合意形成が図られ、協働的知識となる。さらに客観化され形式的に使用されるように形作られることによって、共同体において活動に使用される文化的人工物となる。個人の考えは、この人工物を用いることで、さらに意味が明確に理解される。これが、個人の理解であり、個人内で受容されることにより暗黙の前知識となる（Stahl, 2000 : 71-73）。

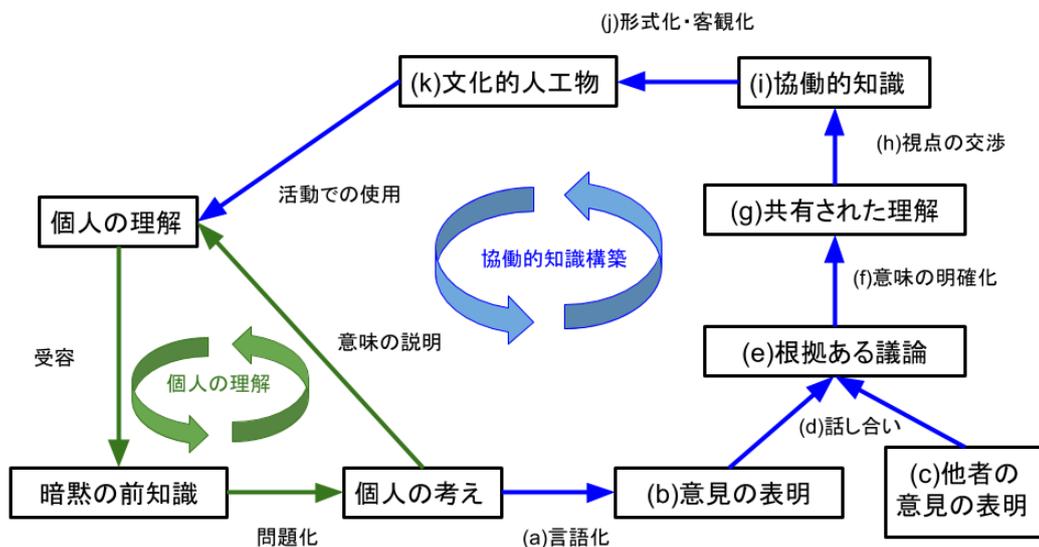


図 7.1 協働的知識構築過程モデル (Stahl, 2000 を基に作成)

Stahl は、協働的知識構築モデル (図 7.1) のそれぞれの場面と活動を表 7.1 のように (a) ~ (k) の 11 のフェーズに分類している (Stahl, 2000 : 74-75)。これらのフェーズは、長方形で囲われている知識の形式 (forms of knowledge) と矢印で示されている変容過程 (transformative processes) を示している (Stahl, 2000 : 71)。

(a) 言葉で明瞭に表す (articulate in words)

協働的知識構築の起点として、自分の考えを明確にして表出する変容過程である。

(b) 自分の意見を表明 (public statements)

意見の表明は知識の形式のフェーズである。自分の意見を表明し、他者の意見と比較する。意見の相対化によって、個人の意見とは異なる、より一般化された視点を形成していくことができる。

(c) 他者の意見の表明 (other people's public statements)

他者の意見の表明は、知識の形式のフェーズである。他者の意見を、自分やグループの意見と比較できるように整理することが求められる。

(d) 話し合い (discuss alternative)

話し合いでは、意見の相手を明確にすることで共通理解を生成していく過程である。それにより、共同体の中で認められたアイデアが形成されていく。

(e) 根拠ある議論 (argumentation and rationale)

根拠ある議論は、話し合いで形成されていく共通理解やアイデアが、精緻化される過程にある状態の知識の形式である。そのため、新たな証拠が必要なのか、代案はないのかなどの、知識構築過程のメタレベルでの理解が求められる。

(f) 意味の明確化 (clarify meanings)

言葉の意味を明確に定義する過程である。グループによる知識構築は、言葉の意味を明確にすることで促進される。言葉を明確に定義していくことで、それぞれが違った理解をしていたことに気づき、他者の視点や理解を共有していくことができる。

(g) 共有された理解 (shared understanding)

定義された言葉によって概念を共有する知識の形式である。この概念は、今後の話し合いの焦点となる。

(h) 視点の交渉 (negotiate perspectives)

視点の交渉は、知識の共有に多角的な視点を組み込む過程である。従前の考えは変化しにくく、また、協働的知識構築のための複数の視点は互いに批判的になりがちであるため、慎重に行う必要がある。

(i) 協働的知識 (collaborative knowledge)

交渉された知識が個人や小集団に受け入れられる過程である。交渉された協働的知識の積み重ねは、結果的に小集団の視点となる。その内容はそのメンバーたちに受け入れられることで継承される。メンバー個人は、自らの視点から協働的に知識を構築したり批判したりするサイクルを開始することができる。

(j) 形式化・客観化 (formalize and objectify)

客観性を高め形式化することで他の場面で活用したり、他の共同体に持ち出

されて活用されたりできるようにする過程である。

(k) 文化的人工物と表現 (cultural artifacts and representations)

文化的人工物とその表現は、知識の形式である。より一般的な知識として個人及び共同体に受け入れられるとともに、人工物として、これから構築される知識の基礎を形作る。ただし、これらは共同体において固定化されたものではなく、今後も批判の対象となることがある。

表 7.1 知識構築のフェーズ

協働的知識構築のフェーズ	要素の内容
(a) 言葉で明瞭に表す (articulate in words)	自分の考えを書き表す
(b) 自分の意見を表明 (public statements)	自分の意見を表明する
(c) 他者の意見の表明 (other people's public statements)	他者の意見を整理する
(d) 話し合い (discuss alternative)	ある意見に対する意見を述べる
(e) 根拠ある議論 (argumentation and rationale)	共通理解やアイデアをメタレベルで理解し精緻化する
(f) 意味の明確化 (clarify meanings)	言葉の意味を共同体の中で明確に定義する
(g) 共有された理解 (shared understanding)	言葉の定義を共有する
(h) 視点の交渉 (negotiate perspectives)	知識の共有に多元的な視点を組み込む
(i) 協働的知識 (collaborative knowledge)	交渉された知識が個人や小集団に受け入れられる
(j) 形式化・客観化 (formalize and objectify)	形式化することで他の場面で活用したり、他の共同体で活用されたりできるようにする
(k) 文化的人工物と表現 (cultural artifacts and representations)	より一般的な知識として受け入れられる

第2節 協働的知識構築モデルに基づく事例分析

第1項 授業実践の概要（小学校第3学年「かげと太陽」）

（1）調査

協働的知識構築モデルに基づく理科授業を構想し、事例分析を通じて、人工物の創造を促進する理科授業デザインの視点を見いだすことを目的とした。

（2）対象と単元

横浜市の公立小学校第3学年 28名の学級を対象に授業実践を行った。単元は、「かげと太陽」である。本単元では、太陽と地面の様子との関係について、日なたと日陰の様子に着目して、それらを比較しながら調べる活動を通して、日陰のでき方や変化、日なたと日陰の違いなどについて理解し、差異点や共通点を基に問題を見だし、表現することがねらいとされている（文部科学省、2018：42）。

（3）指導計画

授業は、2018年5～6月に実践した。授業計画は、表7.2に示した全8時間である。

第1次は、影踏みをすることによって問題づくりを行う。子どもたちは、日常の経験に加えて、学校において日当たりによる植物の生育の違いなど、日なたと日陰に関する学習経験がある。一方で、小学校第3学年の5月であるため、理科の学習は始めたばかりである。そのため教師は、子どもの生活に近いところから、暗黙の前知識を問題化する必要があると考えた。そのため、木陰がある場所にコートを設けることで逃げる範囲を制限し、問題が顕在化するように場を設定した。また、影の向きや太陽の位置を知るときに、方位磁針が必要になるため、教師はあらかじめ校庭に方位磁針を準備していた。

第2次では、できた影が時間とともに変化していくことを捉えることをねらいとしている。時間的・空間的見方で、影のでき方を拡張し、第1次で創造す

る人工物を拡張する。

第3次では、日なたと日陰の比較をすることによって、太陽光を明るさと暖かさの伴ったエネルギーとして捉えることができる人工物を創造していくことをねらいとした。第1次、第2次で創造した人工物を発展させることによって、共同体における知識発展を意図した。また、ここで創造された人工物は、その後の他の単元においても活用可能な文化的人工物になることを想定した。

表 7.2 授業実践の概要

第1次	かげのできかたを調べよう(2時間)
第2次	かげの動きと太陽(3時間)
第3次	日光と日なた・日かげ(3時間)

(4) 授業の分析方法

分析の対象とした授業は、第1次および第2次の全5時間である。授業ビデオ記録及びノート記述、教師が作成した板書や提示物等を基に、授業場面を表7.1に示したフェーズに分類した。

第2項 結果と考察

(1) 第1時 問題化から(d)「話し合い」までの場面

まず、教師は影と太陽に子どもの意識を向けるために、影踏みを行った。その際のプロトコルが表7.3である。子どもは、C2、C3、及びC4の談話に見られるように、木陰を含んでいるコート内で影踏みを行うことを通じて、木陰に入ると影が踏めないことを見いだした。これによって「影の存在」という暗黙の前知識を顕在化することが可能となり、図7.1における問題化が図られたと考えられる。理科学習では、こうした「影の存在」といった日常生活と関連する情報への着目と、その変化の気づきを重視することによって、問題づくりが可能になると考えられる。

表 7.3 暗黙の前知識から問題化を図る場面のプロトコル

プロトコル (T: 教師 C: 子ども)	
T 1	いつも通りの普通の鬼ごっこでいいかなあって、先生、ちょっと悩んでるんだけど。
C 1	かげおにー。
	(校庭に出て影鬼 (影踏み) を行う)
C 2	ねえねえ、みんなさ、そこ (木陰) にいたらつまないじゃん。
C 3	おれは影 (木陰) なんかにいないぞ、影が・・・の中に・・・
C 4	えっと、皆この影 (木陰) に入っただけで、なんか、鬼の人が全然、影踏めない。

次に、教師は、子どもを日陰に集めて遊びの中で出てきた問題を話し合う場面を設けた。

この時点で、「影の中に入ると影がなくなる」「コート of 北側に行くと言が踏めなくなる」という2点について意見の表明があった。「コート of あそこ (北側) に行くと言が踏めなくなる」という意見について話し合いが行われた、フェーズ (d) 話し合いの場面のプロトコルを表 7.4 に示す。

表 7.4 フェーズ (d) 「話し合い」場面

プロトコル (T: 教師 C: 子ども)	
C 5	こう (線上に立つ) やるから…だからここ (線の中) に影なくなっちゃうから、こっち (線の外側) に行っちゃうからタッチできない。
T 2	え! ? C さん、ちょっとそこに立って。
	(中略)
C 6	(子どもが北側に移動して) …かげがはみでちゃいましたー。
C 7	1 回目は (みんなが) そこに張り付いちゃって、全然、鬼がタッチで

	きなかった。
	(中略)
T3	え？何？あそこ（北側）じゃないとダメなの？
	(中略)
C8	あそこ（北側）だと，影が線からはみ出しちゃうから。
T4	うん。うん。
C9	タッチできないし，踏めない。影が。
T5	え？影が外に出ちゃうのあそこ（北側）だけ？
C10	うん。
C11	あそこ（北側）だけ。だって太陽があっち（南を指して）だから。
C12	きよよーん。（南側から北側に手を動かしながら）
C13	太陽が。
T6	ん？太陽が？
C14	あっちだよ（南側）。お日様。
T7	ん？太陽がどっちにあるの？
C15	あっち（南側）。

教師は、C5の意見についてT2で「そこに立って」と指示して場所を確認し、うなずいたり(T4)復唱したり(T6)しながら意見の表明を促している。教師は、子どもの意見が直前の意見に関連しているのか、それとも別な意見として述べているのか整理しながら、話し合いを進めた。さらに教師は、C11の太陽に注目した意見に対して、T7でその方向を確認するように促し、意見の吟味を行った。これにより、太陽のある方向と、その反対方向に影があることを共通理解として確認した。これは、理科学習環境デザインフレームワークにおける教授的側面を具体化しており、話し合う内容を確認し、他者と積極的に関わることを誘発していると捉えることができる。こうした教師による働きか

けによって、フェーズ (b)「自分の意見を表明」、(c)「他者の意見の表明」が行われ、フェーズ (d)「話し合い」の成立が図られたと解釈できる。

(2) 第1時 (e)「根拠ある議論」から (f)「意味の明確化」の場面

表 7.4 のプロトコルの後、「木陰に入るのは 10 秒間、3 回まで」「コート of 北側にいる人の影を踏むときは、足をコートの外に伸ばしていい」という二つの追加ルールの確認をし、さらに 2 回、影踏みを行った。その後、再び日陰に集まり、本時の振り返りを行った。そこで表明された意見を表 7.5 に示す。

表 7.5 第1時の振り返りで表明された意見

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">・自分が素早く動けば影も素早く動く・太陽が動くから影の場所がどんどん変わっていく・影はずっと北側にある・太陽のエネルギーがなくなった部分が影・(光が) 通らない道具は全部影になる |
|---|

1 回目の話し合いに取り上げられた話題である、影ができる方角と太陽の位置について、フェーズ (e) 根拠ある議論、(f) 意味の明確化が行われた。その場面について表 7.6 に示す。

C22, C23, 及び C24 の発話において、影ができる向きについて、太陽の位置が変化していることを指しているのか、それとも教師からの向きを表現しているのか、子どもが混乱している様子がみられた。C26 の発話では、社会科ですでに学習している方位を用いた説明をすることで、混乱を解消できることに気づいた。教師は、この気づきをあらかじめ想定しており、方位磁針を準備していた。子どもにそれを配り、それぞれが方角を確かめる活動を行った。この観察の結果から、真南より東寄りに太陽があることが明らかとなった。すなわち、方位を用いて太陽の位置と影ができる方角を確認したことで、フェーズ (g)

「共有された理解」がなされたと捉えられる。

理科学習において、メタ認知的活動を促し、問題解決のプロセスの中で不足している情報を見つけ、観察、実験を行うことが重要である。これらから得た情報を根拠付けて議論することは、理科学習環境デザインフレームワークにおける認知的側面を具体化していると捉えることができる。すなわち、「得られたデータなどからエビデンスに基づき矛盾のない論」を構築するプロセスの具現化である（和田・後藤・猪口，2019：215）。

また、この場面において、影のできる方角について、協働学習によってより詳細な方角について共有していくために、既習の知識である方位とを関連付ける知識の概念化が行われている。これは、Roschelle が指摘する知識が収斂していく過程を示していると考えられる（Roschelle, 1992）。したがって、フェーズ（e）「根拠ある議論」からフェーズ（g）「共有された理解」への移行について、理科学習では、個人の知識を出し合い、その差異に着目しながら収斂させていく過程として捉えることができると考えられる。

表 7.6 第1時の根拠ある議論と意味の明確化についてのプロトコル

プロトコル（T：教師 C：子ども）	
C16	場所が違う。
T8	場所が違う？どういうこと？
C17	太陽の場所が動くから、影の場所がどんどん変わっていく。
T9	そうなの？
C18	そう！
T10	どんどん変わっていくの？
C19	そう！
C20	太陽がういーんって。（手を左から右に動かしながら）
C21	太陽がこう（南側）いくと、こっち側（北側）にあって、こっち側

	(北側) にいると後ろ (南側) にある。
C22	後ろ？
C23	違う，前側にある。
C24	今も前側に・・・
	(中略)
C25	方位で言えたらいいね。
T11	おう，方位で言えたらいいね。
C26	いや，方位で言えたらいいけど・・・

(3) 第2時 (g)「共有された理解」から (k)「文化的人工物と表現」の構築

第2時で教師は，前時の影踏み活動を想起させ，C27, C28, 及びC29の発言を促し「昼の時は影が北」という (g)「共有された理解」を確認した (表7.7)。そして，T13において「影のことについてちょっとノートに思い出して自分で書いてみようか。いろいろと影について知っていること。」と，子どもに投げかけて (a)「言葉で明瞭に表す」フェーズに戻し，学習活動を始めた。C30において子どもは，表現するにあたって「図で描いた方がわかりやすい。」と発言した。これを受けて教師は，T14において「図で描いてもいいですよ。」と承認した。ホワイトによれば，理科学習に関わる知識要素には，記号や言葉だけでなく，イメージやエピソードなどの非言語要素も含まれる (ホワイト, 1990)。したがって，理科学習においては，言語・非言語の両要素を踏まえた表現の要請が，(a)「言葉で明瞭に表す」のフェーズでは重要になると考えられる。

さらに，「昼の時は影が北」という「共有された理解」について，(h)「視点の交渉」を行った。C28において，「だいたい昼のときは影が北」と時間帯を昼に限定しているのに対して，C29において，「太陽は朝から夜にかけて移動するから」と時間的な理科の見方を働かせた発話が見られた。それに対してC32では，「影鬼 (影踏み) やったとき」と，前時に影踏みを行った時間帯に限定する発

言をしている。すなわち、視点の交渉を通じて、時間的見方において、「昼」という視点で条件制御を行うことで合意形成を図り、(i)「協働的知識」にフェーズが移行したと捉えられる。理科授業において、理科の見方・考え方を働かせながら資質・能力を育成することが重要である。具体的には、理科の見方に示された視点で絞り込むことで、メタ認知活動を促進し、「分かったこと」と「まだ分からないこと」を分別させ、個人の段階として、新たな問題解決に向かうことが可能になると考えられる。さらに、共同体として太陽はどちらの方角から上り、どちらの方角に沈むのかという「まだ分からない」問題を共有していくためには、「分かったことを客観的に捉える」こと、すなわちメタ認知を働かせながら「協働的知識」から「文化的人工物」を構築し、整理していく必要があると考えられる。

表 7.7 視点の交渉と協働的知識

	プロトコル (T: 教師 C: 子ども)
C27	えっと、かげがうつるのは全部北。
T12	北。方位磁針で確認したよね。前回。これね。(前時に方位磁針で方角を調べていたときの写真を提示)
C28	C27さんにちょっと付け足して、だいたい昼の時は影が北。
C29	太陽は朝から夜にかけて移動するから、昼には影が北。
T13	ふーん。昼の時は影が北。で、なんかこんな感じでいろいろと話が出ていて、これだけじゃないんだけど、その他にもいろいろ出てきていたかなって思うので、まずはこの影とか、影のことについてちょっとノートに思い出して自分で書いてみようか。いろいろと影について知っていること。
C30	図で描いた方が分かりやすい。
T14	もちろんいいですね。図で描いてもいいですよ。例えばね、なんか太陽エネルギーがうにゃうにゃっていう話をね、全開してくれていて、その辺りは図があると分かりやすいのかもしれないね。

	(中略)
C31	先生，おれっちちょっと方位磁針で描いてみたりした。
C32	影鬼やったとき，あっちらへんがだいたい北だったから。
T15	校舎があって，ジャングルジムがあって，こういう風になっているよっていうお話ね。で？
C33	で，方位磁針。
T16	もう少し説明してもらっていい？どの向きだったか。
C34	北。
T17	うん，北。
C35	北だっけ？
T18	うん，北こっちかな。ね。北に影ができていた。で，南に太陽があった。

「文化的人工物」の構築に向けて教師は，C31の発言を受けて，その子どものノート（図7.2）を大型画面に映し，改めて方角を確認し，「昼の時はかげが北」（下線は板書のまま）と板書した（T17）。さらに，第2時終了後，子どもの描いた図とともに教師は模造紙を作成し教室に掲示することで，フェーズ(j)形式化・客観化を行い，フェーズ(k)に示した文化的人工物として活用されるように，学習環境を整備した（図7.3）。これらは，理科学習環境デザインフレームワークにおける認知的側面に向けた教授的側面の機能が具体化したと捉えることができる。共同体において，文化的人工物として構築された知識が，要約された情報として示されるからである。これにより，子どもには，その形式化された知識に対する責任の受諾が求められるのである。

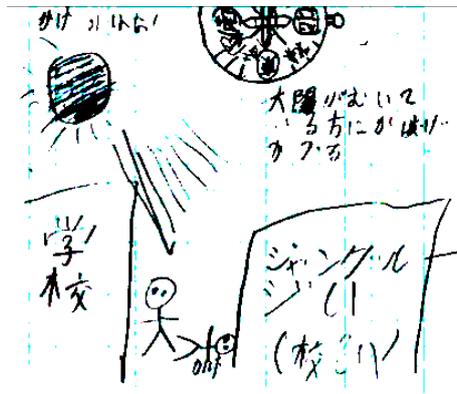


図 7.2 影のでき方と影のできる向き

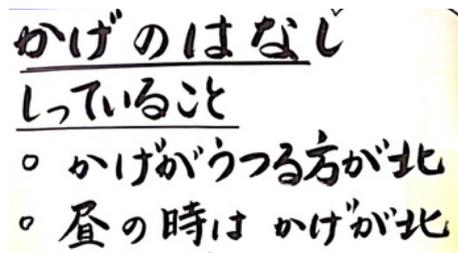


図 7.3 文化的人工物としての模造紙への記述

(4) 第1時及び第2時における協働的知識構築過程の総括

ここまでで文化的人工物が構築され、協働的知識構築のプロセスが1サイクル終了したことになる。図 7.1 に示された協働的知識構築モデルは、暗黙の前知識からフェーズ (k) 「文化的人工物と表現」まで、矢印で常に一方にフェーズが移行されるように表されている。授業を分析する中で、(d) 「話し合い」、(e) 「根拠ある議論」、(h) 「視点の交渉」といった話し合いの場面では、個人の理解と協働的知識構築を往復しながら学習に参加する子どもの様子が見られている。また、第2時の始まりにおいて、(f) 「共有された理解」がなされたところで、フェーズ (a) に戻って協働的知識構築のプロセスを開始することが見られた。このような方略を取ることで、より精緻で共同体で十分に理解された文化的人工物が構築されたと言える。この点について Stahl は、「この図は逐次的な過程である印象を与えるが、要素間の関係は無限に変化する複雑な形

式をとる可能性がある」と指摘している（Stahl, 2000 : 71）。したがって、理科授業において、フェーズを一方向に進めることに注力するのではなく、協働的知識構築のフェーズの状況をアセスメントすることにより、柔軟な教授・学習方略を取ることが有効であると考えられる。

（５）第３時から第５時における文化的人工物の精緻化

第３時から第５時において、太陽の見かけの位置と影の動きについて、観察を通して学習を進めた。

９時 30 分から 1 時間ごとに、グループの友達の影響を地面にチョークで写し取り、その向きと大きさの変化を調べた（図 7.4）。子どもは、影の向きと大きさが、調べるごとに変化していることに驚きながら観察を行っていた。表 7.8 は 11 時 30 分に観察したときのプロトコロールである。

太陽の位置が南東から西に次第に移動していく様子を、影の動きとともに確認をしている様子が見られる。C36 において、影の方角が「変わっている！！」という発話を受けて、C37 で「めっちゃずれている。」と、その意見を承認している。さらに C38 は、「太陽の位置、ちょっと変わっている気がする。」と、太陽の位置について言及している。C40 では、影が動いた方角に焦点化し、C41、C42、及び C 43 において、方位を使った表現で、観察の精緻化を図っている。これは、影の方角が変わったことに対するそれぞれの意見の表明を、影が動いた方角に焦点化し、前の時間の観察記録との比較の考え方を働かせて、方位を用いてその動きを明らかにしていると言える。すなわち、協働的知識構築におけるフェーズ（a）「言葉で明瞭に表す」からフェーズ（h）「視点の交渉」までが行われ、「太陽が東から西に向かう途中で、南を経由している」という、（i）「協働的知識」が構築されたと言える。この観察において子どもは、太陽の見かけの位置と影の方角について調べていることを自覚しており、観察結果が出たところで、自分たちが明らかにしたい問題について、解決していくことができたと言える。これは、理科学習において、見通しをもって観察、実験を行う

ことが教科の目標に示されている（文部科学省，2018：12）ことの具現化であると考えられる。



図 7.4 影の向きと大きさを調べる子どもたち

表 7.8 太陽の見かけの位置と影の動き（第4時）

プロトコル（T：教師 C：子ども）	
C36	変わってる！！
C37	めっちゃずれてる。ぽぽんって。
C38	太陽の位置，ちょっと変わっている気がする。
C39	めっちゃ変わっている気がする。めっちゃではないけど。
C40	だんだんこっち（東側）に（影が）ずれている。
C41	（太陽が）東から西に向かっている。
C42	こっちが北なんだよ。
C43	で，こっちが北だから，南から，南から来たってこと？南？南に今太陽あるの？南に，南に。（方位磁針を確認）南に太陽，北がこっちだから，南じゃん，これ。

1日の観察をノートに記録したものが図7.5である。「昼の時は影が北」とされていた文化的人工物を基に、観察結果から、太陽が東から南を通過して西に動き、それに伴って影が動いていく様子へと内容が拡張されて、描かれている。図7.2と比較してみると、太陽の見かけの位置と影の動きとして、時間的な見方を働かせて、精緻化されていることが分かる。教師は、図7.5の観察記録写真を大型画面に映し、また、観察時の写真に描き込みを行いながら、フェーズ(j)「形式化・客観化」を行った(図7.6)。この教授方略によって、子どもとともに(k)修正された「文化的人工物」を構築していった。

すなわち、観察から結果のまとめの中で、第2時に生成された文化的人工物を活用しながら、個人の理解と協働的知識構築の二つの段階を往還し、文化的人工物の精緻化を行ったと言える。またここでは、子どもが集団として保持している「太陽のある方向の反対に影がある」「太陽は東よりから西よりに移動している」という、二つの知識を統合させ、新たな文化的人工物の構築を行ったのである。

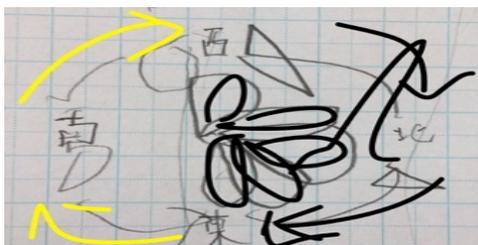


図 7.5 観察記録

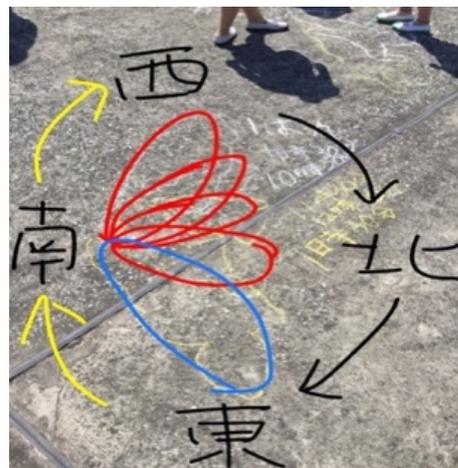


図 7.6 太陽の見かけの位置と影の動き

(6) 文化的人工物の個人への内化

単元終了後、文化的人工物の個人への内化の状況について、ノート記述及びアンケートによる調査を行った。

まず、ノート記述について、28名中27名（96%）が文章で太陽が東から南を
通って西に移動する記述をしていた。また、22名（79%）について、図5に
示したような、複数の影の記録や矢印などを用いて影や太陽が移動している様
子を描画によって記録していた。

次に、アンケートによる調査は、図7.7に示す4択問題として行った。28名
中欠席者を除く26名に調査を行い、正答（ア）を選んだ子どもは23名であり、
89%は定着率であった。さらに、誤答だった3名にインタビュー調査を行った
ところ、3名中2名については、太陽の位置とその動きについて、正しく方角
を指し示すことができた。このことから、これらの子どもは方位の記憶が曖昧
であったために正答することができなかったが、経験を基に太陽の動きについ
て理解できていたと捉えることができる。以上の結果から、共同体で構築され
た文化的人工物が、個人へと内化されたと考えられる。

このことから、協働的知識構築モデルにおいて、個人の理解と協働的知識構
築の二つの分別可能な段階を往還しながら、文化的人工物が構築され、協働的
知識構築が図られたと言える。

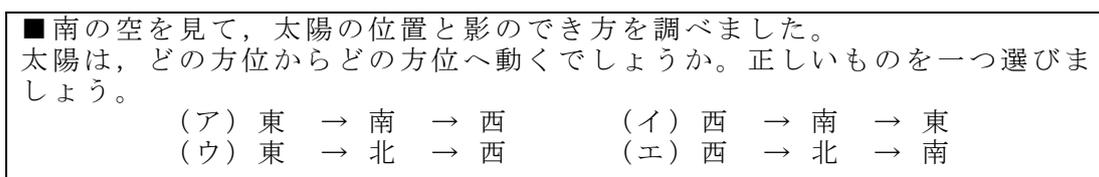


図 7.7 アンケート調査

第3節 人工物の創造を促進する理科授業デザインの視点

第1項 理科授業から捉え直す協働的知識構築モデル

上述した事例分析を踏まえ、協働的知識構築の11のフェーズを理科学習の
立場から捉えたものを、表7.9に示す。各項目の具体的説明と知識発展を促進
させる理科学習環境デザインフレームワークに基づく理科授業デザインの視
点は、以下の通りである。

表 7.9 知識構築のフェーズと理科学習との対応

協働的知識構築のフェーズ	理科学習との対応
(a) 言葉で明瞭に表す (articulate in words)	言語・非言語の両要素を踏まえた表現を要請する
(b) 自分の意見を表明 (public statements)	多様な手段による表現を許容する学習環境を整える
(c) 他者の意見の表明 (other people's public statements)	より多様な意見について、表明を促進する 教師は子どもたちが多様な意見を出せるように注力する
(d) 話し合い (discuss alternative)	質問したり意見を加えたりして、それぞれの意見について共通理解する
(e) 根拠ある議論 (argumentation & rationale)	自分たちが分からないことについて気づき、観察・実験の結果などを根拠に、話し合いの意見を精緻化する
(f) 意味の明確化 (clarify meanings)	日常的に使われている言葉を科学的な用語や学級で共通理解された言葉に置き換える
(g) 共有された理解 (shared understanding)	文化的人工物や観察・実験結果を科学的な用語や学級で共通理解された新たな言葉で説明し直す
(h) 視点の交渉 (negotiate perspectives)	共有された理解について、理科の見方・考え方を働かせた多様な視点を検証しつつ、より妥当な考えを探る
(i) 協働的知識 (collaborative knowledge)	次の問題解決で活用できる知識として、より妥当な考えを受け入れる
(j) 形式化・客観化 (formalize and objectify)	ノートに記録する、模造紙にまとめる 次に解決すべき問題を捉える
(k) 文化的人工物と表現 (cultural artifacts and representations)	その後の授業や他の教科で活用されたり、他のクラス等と共有し、そのクラスでも活用可能な知識として議論や活用がされたりする

(a) 言葉で明瞭に表す

協働的知識構築の起点として、自分の考えを明確に表し、記録する過程である。前知識や前時までの観察・実験結果から思ったことや考えたこと、感じたことなど意識化されたものを言葉やイメージ、ジェスチャーなど言語・非言語

の両要素を踏まえて表現することが要請される。それにより、自分の考えをメタ認知し、意見を表明するのか、表明するときはどう伝えるか判断することが可能になる。

(b) 自分の意見を表明

フェーズ(a)によって表出した意見を、自分自身が主体的に発言することも、教師や他者に促されて発言することもある。大型画面でノートや実験結果を示したり、写真やモデルを提示しながら説明したりすることも考えられる。それによって、より一般化された視点が共同体と個人において形成され、メタ認知が働いていく。このフェーズでは、理科学習環境デザインフレームワークの社会的側面の機能が大きく作用する。したがって、共同体において安心して意見を表明できる雰囲気と、意見が受容されるという信頼があることによって、自由に意見を表明することができる理科授業デザインの具現化が必要になる。

(c) 他者の意見の表明

学習者は他者の意見を受け止め、メタ認知を働かせながら、自らの考えに取り入れたり批判的に捉えたりしていく。ここではフェーズ(b)と同様に、社会的側面が作用するため、教師は子どもが意見を出しやすいように注力し、多様な考えを基に話し合いができるようにする。また、理科学習環境デザインフレームワークにおいて、認知的側面の機能を強化する理科授業デザインにより、多様な考えを整理分類したり焦点化したりしながら他者の表現を受容することが求められると考えられる。

(d) 話し合い

フェーズ(c)で形作られた視点の一つずつについて話し合うことで、それぞれの考えに対する共通理解を形成していく。それぞれの考えや解釈について、問い返したり板書に整理したりすることで、一つ一つの意見の視点が形作られていく。個人の意見を共有するためには、自由でオープンな話し合いができる関係ができていることが重要である。その上で、お互いの考えや解釈を認め合うことが重要である。したがって、理科学習環境デザインフレームワークにお

いて、主として社会的側面の機能を強化する理科授業デザインの具体化が必要であると考えられる。

(e) 根拠ある議論

観察・実験の結果や前知識、経験などが根拠として考えられる。それぞれの共通理解やアイデアが、これまでの構築されている知識で説明可能かどうか、繰り返し再び話し合われていくことが考えられる。

(f) 意味の明確化

議論を進めていく中で様々な言葉が出てくる。日常的に使われている言葉を科学用語に置き換える場合もあれば、共通理解された言葉が共同体の中で定義されることもある。根拠ある議論を通じて、言葉の意味を明確にすることで、共同体における理解の共有が図られていく。理科学習環境デザインフレームワークにおいて、共有できていない言葉について議論を求めることで社会的側面の機能を強化し、その言葉について吟味するために認知的側面の機能を強化する理科授業デザインの具体化が必要である。この両側面がバランスよく機能するために、教授的側面が機能する理科授業デザインの方略が重要になってくる。

(g) 共有された理解

共同体の中で定義された言葉を使いながら、観察・実験結果や前知識などを説明し直すことで、共有された理解が形作られる。ただし、このフェーズにおいては、議論されている概念の妥当性が確かめられるとは限らない。そのため、この場面で理解が共有されない場合は、これ以前のフェーズに戻って再び話し合われていくことが考えられる。

(h) 視点の交渉

意味が明確になり共有された理解を基に話し合われるのが視点の交渉である。生活経験や共有された理解に基づく視点は、個人の信念として強固に形作られていることがあり、論理的に吟味していくことに困難や矛盾が生じることがある。教師は、論理的整合性を意図しながら、子どもが理科の見方・考え方を働かせて多様な視点を検証し、発言を整理してこのフェーズを進めていく必要が

ある。理科学習環境デザインフレームワークにおいて、認知的側面の機能がより重要になってくる。そのため、観察・実験結果などの事実を根拠に、批判的な議論により、矛盾のない妥当な知識を構築することができる理科授業デザインの具現化が求められる過程である。

(i) 協働的知識

視点の交渉を経た知識は、協働的知識として共同体と個人双方の視点として適用されるようになり、次の問題解決で活用できる知識となる。この知識は、協働的知識構築の過程でその授業時間や単元で一時的に使用されるだけの場合も考えられる。そのため、より定着し、汎用的に活用されるようになるためには、次に形式化・客観化される必要がある。

(j) 形式化・客観化

協働的知識が、模造紙に書かれて教室に掲示されたり、形式化されてノートに記録されたりすることによって、その後の単元や他の教科で使用されるようになる。また、客観化された知識は、授業交流等で他の学級に公開されることによって他の学級の学習者によって意見が出され、話し合うことが可能となる。すなわち、美馬・山内が指摘した「共同体のライブラリー」に蓄積できるようにするのがこのフェーズであると言える（美馬・山内，2005：203）。形式化・客観化を行うときに、解決された問題についての知識だけでなく、未解決の問題を明確化することで、次の問題解決、すなわち、協働的知識構築で解決すべき問題化が図られる。

(k) 文化的人工物と表現

このように形式化・客観化されたものは、その共同体における文化的人工物として学級の枠を超えることも含めて一般的に受け入れられていくことが考えられる。例えば、学級編制替えが行われた次の学年の学級において、前年度に創られた文化的人工物を用いて議論されることがある。当然ながら、これらの文化的人工物は、その後の議論によって精緻化したり拡張したりしながら、新たな文化的人工物の創造に寄与していくこととなる。

これらのことから、理科授業デザインの視点で捉え直した協働的知識構築モデルを図 7.8 に示す。

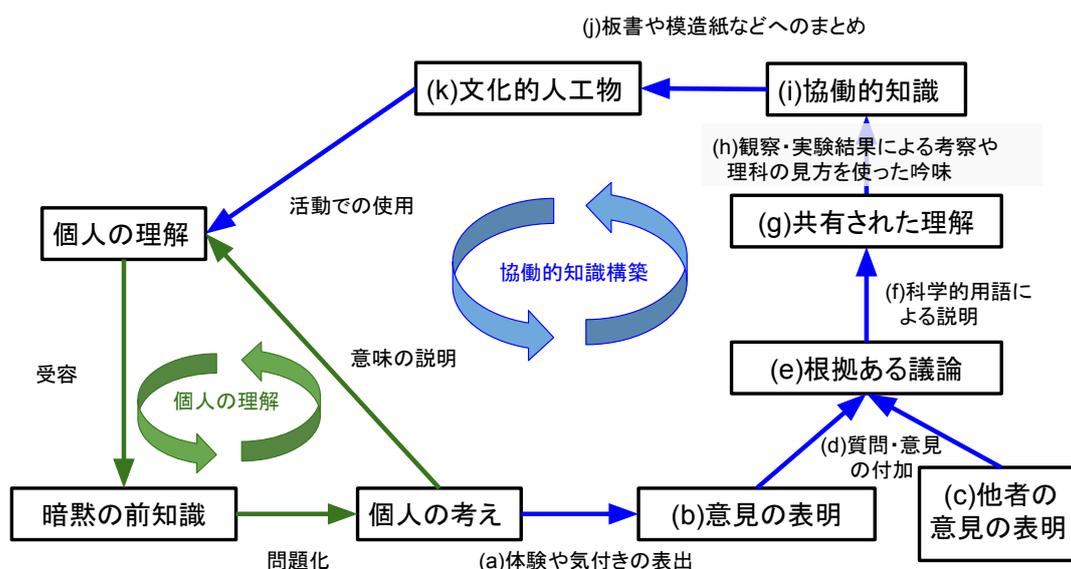


図 7.8 理科授業デザインの視点で捉えた協働的知識構築モデル

協働的知識構築の過程が進んでいくことにより、理科学習環境デザインフレームワークにおける認知的側面の機能が高度に求められ、文化的人工物が構築されていた。その人工物を起点に新たに協働的知識構築の過程が進み、より科学的で妥当な文化的人工物に更新されていた。すなわち、共同体において、文化的人工物を絶えず創造し続け、その人工物を活用して新たな実践に向かう知識発展が図られていたと言える。このことから、知識発展を図る理科授業デザインが成立していたことが明らかになった。

第 2 項 理科学習環境デザインフレームワークにおける授業デザインの視点

本章の目的は、Stahl の協働的知識構築モデルを小学校理科授業に援用し、

人工物の創造過程の様態を明らかにするとともに、これに関わる授業デザインの視点を見出すことであった。第2節に示した通り、子どもが協働的に合意形成を図りながら、学級文化としての文化的人工物を構築した。これを個人の理解に取り入れて、新たな協働的知識構築のプロセスを経て、さらに精緻化した文化的人工物を構築していた。これが、文化的人工物が創造され知識発展が図られたということである。

この分析から、授業デザインの視点として、以下の点が明らかになった。

- (1) 協働的知識構築のプロセスを遷移させていくとき、言語・非言語の両要素を踏まえた表現を用いるため、言葉・図・ジェスチャーなど多様なパフォーマンスを促進させることが要請される。これは、理科学習環境デザインフレームワークにおける社会的側面の機能を強化する理科授業デザインの具体化によって、自由な表現による議論が可能になることを意味する。
- (2) 話し合いや根拠ある議論において、メタ認知を働かせながら話し合いを進めていけるように、意見の焦点化や整理が必要である。すなわち、理科学習環境デザインフレームワークにおける教授的側面の機能を強化する理科授業デザインの具体化の必要性である。
- (3) 協働的知識を構築していくために、視点の交渉において、理科の見方・考え方を働かせて、多様な視点を検証しつつ、より妥当な考えを構築していくことが重要である。すなわち、理科学習環境デザインフレームワークにおける認知的側面の機能を強化する理科授業デザインの具体化によって、知識発展が図られていく。
- (4) 文化的人工物について、板書や大型画面等で形式化を図るとともに、ノートに記述したり模造紙を掲示したりすることで、その後の授業等で活用される知識として、その後の活用が促進される。
- (5) フェーズを一方向に進めることに注力するのではなく、知識構築の段階を捉えて教授・学習方略を取ることが有効である。すなわち、理科学習環境デザインフレームワークにおけるアセスメントの機能を強化する理科

授業デザインの具体化が重要である。

これにより、人工物の創造を促進する理科授業デザインとしての協働的知識構築モデルの有用性とその視点が明らかになった。また、協働的知識構築のプロセスの進行に伴い、理科学習環境デザインフレームワークにおける各側面の比重に変化が見られた。この変化は、人工物の創造を促進する教授・学習方略との関連があると考えられる。そこで、次章において、人工物の創造を促進する対話的理科授業デザインの方略について議論する。

第8章 人工物の創造を促進する対話的理科授業デザインの方略

前章において、人工物の創造を促進する理科授業デザインの構想として、協働的知識構築モデルに着目して、知識発展を図る理科授業デザインの具現化について議論した。Stahl が提唱した「協働的知識構築 (collaborative knowledge building)」のモデルを小学校理科授業デザインに援用することで、子どもが協働的により妥当な考えを構築し、それを学級の文化として定着させ、自らのものとして活用していく知識発展の様態を明らかにした。その上で、これに関わる理科授業デザインの視点を見出した。

本章では、第5章において明らかにした理科学習環境デザインフレームワークにおける社会的側面、認知的側面、教授的側面の授業場面による比重の変化について、人工物の創造を促進する理科授業デザインの対話的な教授方略の機能との関連から検討し、議論する。それにより、知識発展を図る理科学習環境デザインを基盤とした、人工物の創造を促進する理科授業デザインの教授方略を具現化する。

対話的な教授方略として援用する理論は、Gillies が指摘した対話的会話 (dialogic talk)、根拠に基づく説明的会話 (accountable talk)、探求的会話 (exploratory talk)、対話的教授 (dialogic teaching) である (Gillies, 2014)。これらに基づいた人工物の創造を促進する理科授業デザインの対話的な教授方略について検討する。

第1節 対話促進についての教師の役割

前章において示した通り、協働的知識構築モデル (図 8.1) には、「話し合い」や「意味の明確化」、「視点の交渉」など、学習のプロセスにおいて異なる目的の対話がフェーズとして存在している (Stahl, 2000)。これらのフェーズには、理科学習環境デザインフレームワークにおいて指摘された社会的側面、認知的側面、及び教授的側面のうち、それぞれ重点的に機能する側面があることが明

らかになった。これらの機能は、対話を通じて相互作用的に向上していく。そこで対話的な教授方略の視点から、理科授業デザインとしてこれらの機能を具体化することを検討する。

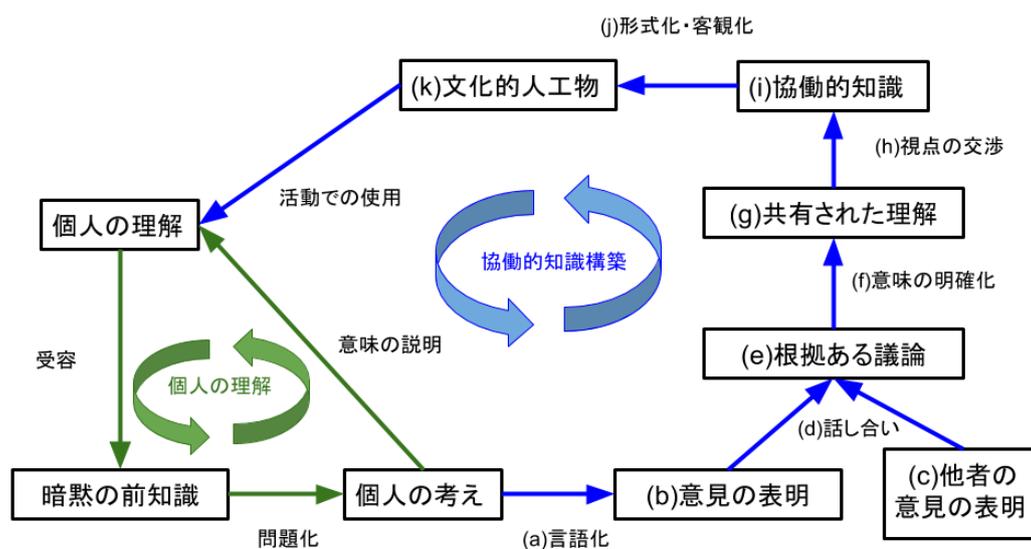


図 8.1 協働的知識構築モデル (Stahl, 2000 を基に作成)

協働学習において教師が担う役割についての Gillies の主張は、人工物の創造を促進する理科授業デザインを機能させる視点として興味深い。Gillies は、協働学習における会話が、考えを共有する手段以上のものとして重視されていることを指摘した。そこで、子どもがアイデアを表現する方法、助けを求めたり、対立する立場に異議を唱えたりする方法、理由を明確にする方法を教えることにおける教師の役割を明確にすることを目指した (Gillies, 2014 : 55)。Gillies は、「協働学習における教師の振る舞い」として、対話的会話 (dialogic talk), 根拠に基づく説明的会話 (accountable talk), 探求的会話 (exploratory talk), 及び対話的教授 (dialogic teaching) を示した (Gillies, 2014 : 58-65)。しかし、人工物の創造を促進する理科授業デザインにおいて、これらの会話や対話的教授が担う機能については、明らかになっていない。そこで、協働的知

識構築モデルにおいて、これらの会話等の機能を検証することで、理科学習環境デザインフレームワークを機能させる会話等の役割が明らかになると考えた。

そこで本章では、対話的な教授・学習方略として、この Gillies の指摘を小学校理科授業に援用し、協働的知識構築モデルにおけるフェーズの成立・移行との関連について検証し、人工物の創造を促進する理科授業デザインの教授・学習方略を見出すことを目的とする。

第 1 項 協働的知識構築を目指す学級における対話促進についての教師の役割

Gillies は、協働学習に取り組む教師の役割として三つの会話と一つの教授方略の存在を指摘している。これらは、協働学習において、学習を促進するための方略として示されている (Gillies, 2014)。理科学習環境デザインフレームワークにおける社会的側面、認知的側面、教授的側面に強く機能する会話及び教授方略であると考えられる。これらの意味を順に示し、協働的知識構築のプロセスとの関係を検討する。

(1) 対話的会話 (dialogic talk)

対話的会話とは、共同体において文化を共有し意味構築を行う参加者同士が繰り広げる会話である (Gillies, 2014 : 58-59)。Adey and Shayer は、対話的会話として認知加速プログラム (cognitive acceleration programs) に着目している。これは、子どもたちが考えようと思う情報に直面したときに、その効力を発揮する。子どもが認知的に挑戦する課題に直面し、教師が学習を仲介する社会的支援が可能な状況にあるときに、認知発達と学力の向上が著しく見られたという (Adey & Shayer, 2011 : 1-17)。Adey and Shayer は、その条件として、(1) 認知的葛藤があること、(2) 社会的構成を志向すること、(3) メタ認知的振り返りがあることの 3 要素を挙げている (Adey & Shayer, 2011 : 18-20)。

子どもたちは、話し合いのプロセスにおいて矛盾する事柄を解消するために、立ち止まって考えることが必要である。教師は、その解決に向けた理由付けを示して、子どもたちの認知的成長を促進する役割を担っている。これが、認知的葛藤があるという1つ目の要素である (Adey & Shayer, 2011 : 18)。

子どもたちは、対話によって協働的に知識を構築することの重要性を理解する必要がある。これが、2つ目の要素の社会的構成を志向するということである。そのため、子どもたちには、意見を議論し、質問し、詳細な情報を聞いて解決し、新たに理解を深めていく活動をする機会が必要である (Adey & Shayer, 2011 : 18-19)。

教師が、子どもたちの指導をするときに、挑戦と足場かけを行う方略を用いて、彼らの思考に対する質問を行う。そうすることで子どもはメタ認知を働かせ、より質の高い対話になるだけでなく、より良い理由付けと問題解決の技能を身に付けることができるようになる。これが3つ目の要素である。その方略とは、対話による共有、開かれた発見ベースの質問、有意味なフィードバック、対話のプロセスとその成果の吟味及び思考の精緻化などである。このようなメタ認知的振り返りを行うことは、子どもたちの対話、思考、学習に効果的なのである (Adey and Shayer, 2011 : 19)。

これらのことから、認知加速プログラムの3要素は、理科学習環境デザインフレームワークの3側面に強く機能することが示唆される。1つ目の要素は認知的側面に、2つ目の要素は社会的側面に、そして、3つ目の要素は教授的側面である。したがって、人工物の創造を促進する理科授業デザインにおいて、これらの要素が常に機能していると考えられる。

(2) 根拠に基づく説明的会話 (accountable talk)

根拠に基づく説明的会話とは、共同体に対して知識的、論理的整合性に重点を置き、他者への質問や説明、討論などを、合意形成され解決するまで続けられるように志向する会話である (Gillies, 2014 : 59-61)。Resnick, Michaels and

O'Connor は、こうした根拠に基づく説明的会話について、(a) 共同体への説明責任、(b) 理由付けの論理性に対する説明責任、(c) 知識に対する説明責任の3つの範囲があると指摘している。(a) 共同体への説明責任では、他の子どもが納得できるようにするための説明であることを要求している。(b) 理由付けの論理性に対する説明責任では、自らの考えと観察できる事実との間に一貫した論理性があることを要求している。さらに、(c) 知識に対する説明責任において、明らかな事実や周知の情報などが根拠として用いられていることに対する説明責任を求めている (Resnick, Michaels & O'Connor, 2010 : 179-180)。

そのため、教師はより詳細で他者に受け入れられる説明になるように、子どもに質問をし、さらに他者への質問を促し、意見の対立が解決するまで続けられるようにしている。具体的には、復唱、言い換えを行う、他の理由を考えさせる、情報の付加を促す、理由を明確にするために質問するなどの教授方略である。Resnick et al.は、これらの方略を、話の動き (talk move) として整理し、教師が会話をコントロールしていることを指摘している (Resnick et al., 2010 : 180-187)。

根拠に基づく説明的会話は、主として理科学習環境デザインフレームワークの認知的側面に強く機能する理科授業デザインの視点であると考えられる。論理性や客観性、妥当性を担保するために、批判的な思考と共同体への説明責任が強く求められているからである。話の動きにおいては、認知的葛藤や矛盾の解消を図るために、認知的側面に加えて社会的側面にも焦点を当てて根拠に基づく説明を促進することであると考えられる。

(3) 探求的会話 (exploratory talk)

探求的会話とは、会話の参加者が安心できる関係の中で、直面する問題に対して互いの考えに責任をもち、批判的かつ建設的に関わり合っているときに生じる会話である (Gillies, 2014 : 61-63)。Mercer, Wegerif and Dawes によると「探求的会話における教師の役割は、問題解決において協働的に子どもの考

えを援助すること」である (Mercer, Wegerif & Dawes, 1999)。すなわち、直面する問題を解決するために、グループ内において主張や意見を出し合い、その理由や正当性について批判的かつ建設的に話し合っていくための方略が示唆されているのである。

教師は、探求的会話を促進するために子どもたちとグラウンド・ルール (ground rules : GR) を共有し、効果的に話し合いに参加できるようにする。GR とは、(1) 全ての情報を共有する、(2) グループメンバー間の合意を促進する、(3) グループ決定の責任を受諾する、(4) 決定の理由を説明する、(5) 他者のアイデアや意見に挑戦する、(6) グループ決定前に代替案について話し合う、(7) アイディアや意見が反映されるように努力するという、7点に集約される (Mercer, Wegerif & Dawes, 1999 : 98-99)。

そのために教師は、子どもが考えや理由、知識を明らかにすることを支援し、それを学級で共有することで他の子どもも、その概念やことばを使用できるように促す。さらに、子どもがメタ認知を働かせながら継続的に話し合いができる機会を提供することで、言語を媒介として社会的相互作用による学習を保障していくことが必要である。

探求的会話は、主として社会的側面に強く機能する理科学習環境デザインフレームワークの視点であると考えられる。共同体の団結を促進し、信頼できるオープンな関係を構成するための会話だからである。GR の共有によって探求的会話が成立する。そこで生じる批判的かつ建設的会話によって、認知的葛藤や矛盾の解消に向かうことに探究的会話の特徴がある。探究的会話を協働学習の成立を志向する教授・学習方略として捉えたとき、社会的側面に働きかける教授的側面に機能する理科学習環境デザインフレームワークの視点を捉えることができると考えられる。

(4) 対話的教授 (dialogic teaching)

対話的教授とは、子ども同士の対話と同様に教師と子どもとの対話に焦点化

することで、学校の教育課程に基づいて行われるようにした、対話の包括的アプローチである (Alexander, 2010)。Alexander は、子どもが異なる考えに挑戦する対話的相互作用であること、より詳細な反応を探る質問をすること、情報やアイデアの精緻化は個人と共同体の双方に対して有用であること、開かれた議論を誘発する学級集団であることなどの対話的教授の要素を示した。さらに、対話的教授の社会文化的視点として、子どもの議論をつなぐ教師の役割や積極的介入によって議論を望ましい方向に焦点化することを指摘している (Alexander, 2010)。

対話的教授は、主として教授的側面に強く機能する理科授業デザインの視点であると考えられる。すなわち、子どもの議論をアセスメントし、必要なフィードバックを行うことで、理科授業デザインが効果的に機能する。対話的教授は、フィードバックについて多様な視点から包括的に論じているところに特徴がある。

第2項 協働的知識構築を目指す学級における対話の促進

図 8.1 に示されているフェーズについて、Stahl は矢印で示している (a)「言語化」、(d)「話し合い」、(f)「意味の明確化」、(h)「視点の交渉」、(j)「形式化・客観化」を「変容過程」(transformative processes) であるとしている。また、(b)「意見の表明」、(c)「他者の意見の表明」、(e)「根拠ある議論」、

表 8.1 協働的知識構築モデルにおける変容過程のフェーズ

協働的知識構築のフェーズ	フェーズの内容
(a) 言語化	(b) (c) 意見の表明のために、自分の考えを書き表す。
(d) 話し合い	ある意見に対する意見を述べることで、(e) 根拠ある議論を形成する
(f) 意味の明確化	(g) 共有された理解のために、言葉の意味を共同体の中で明確に定義する
(h) 視点の交渉	個人や小集団に受け入れられた (i) 協働的知識を構築するために、知識に多元的な視点を組み込む。
(j) 形式化・客観化	協働的知識を形式化することで他の場面で活用したり、他の共同体で活用されたりできる (k) 文化的人工物を構築する

(g) 「共有された理解」, (i) 「協働的知識」, (k) 「文化的人工物」を「知識の形式」 (forms of knowledge) としている (Stahl, 2000)。すなわち、知識の形式が、社会的相互作用やコミュニケーション、議論、明確化、そして交渉といった変容過程を経ることで、知識が発展していくと言える。このことから、協働的な対話を促進する3つの会話と1つの教授方略は、協働的知識構築モデルにおいて変容過程のフェーズに機能すると考えられる。表 8.1 は、協働的知識構築モデルにおける変容過程のフェーズとその具体的な内容である。こうした人工物の創造を目指す理科授業デザインと Gilles の指摘する各種の対話的方略との間には、大枠として次のような関係性が考えられる。

理科授業における問題づくりは、Adey and Shayer が指摘する対話的会話の葛藤の形成に深く関連している。認知の葛藤を解消するために問題解決的学習を通じて、活動をメタ認知しながら社会的構成を行い文化的人工物の創造、さらに知識発展を目指すからである。

教授方略として Resnick et al. が指摘している通り、対話的会話を促進させるために、話の動きをコントロールしながら根拠に基づく説明的会話を促す。すなわち、教師は、子どもたちが観察・実験の結果やこれまでに構築してきた文化的人工物などを根拠にした論理的な会話を経て、共同体、論理性、知識に対する説明責任を果たせるようにしていく。したがって、これは、理科学習環境デザインフレームワークにおいて、認知的側面を高める機能がある理科授業デザインの教授・学習方略であると考えられる。

子どもたちは、Mercer et al. の探求的会話にて指摘されている GR を共有し、対話的会話を成立させるための学習方略としていく。教師は、根拠に基づく説明的会話のように会話の論理展開を直接的に指導するのではなく、子どもが自らの考えを表出したり友達の考えを受け止めたりしながら、自分たちの会話によって文化的人工物を創造できるように援助する。したがって、これは、理科学習環境デザインフレームワークにおいて、社会的側面を高める機能がある理科授業デザインの教授・学習方略であると考えられる。

これら3つの会話の要素を包括的にアプローチしているのが Alexander の指摘する対話的教授である。対話的教授は、日常生活や教授・学習における会話だけでなく、グループ学習や一斉学習などの学習形態にも言及しており、単にコミュニケーションスキルの指導にとどまらない、学習環境の構築も含めたより広い概念だからである。これは、コメントや教授行動としてフィードバックがなされる理科学習環境デザインフレームワークの教授的側面と関連しており、教師は、一つ一つの会話に対する指導に限らず、より広範な教授方略を取る。これは、理科学習環境デザインフレームワークにおいて、教授的側面を高める機能を有する理科授業デザインの教授・学習方略であると考えられる。

これらを模式化したものが図 8.2 である。対話的会話が問題解決のプロセスに沿って行われる。根拠ある説明的会話、探求的会話は学習のプロセスの中でその方略が適宜取られることで、問題解決の方向へと進められる。これらを成立させる学習環境として、包括的に対話的教授が機能し、人工物の創造を促進する理科授業デザインが達成されると考えられる。

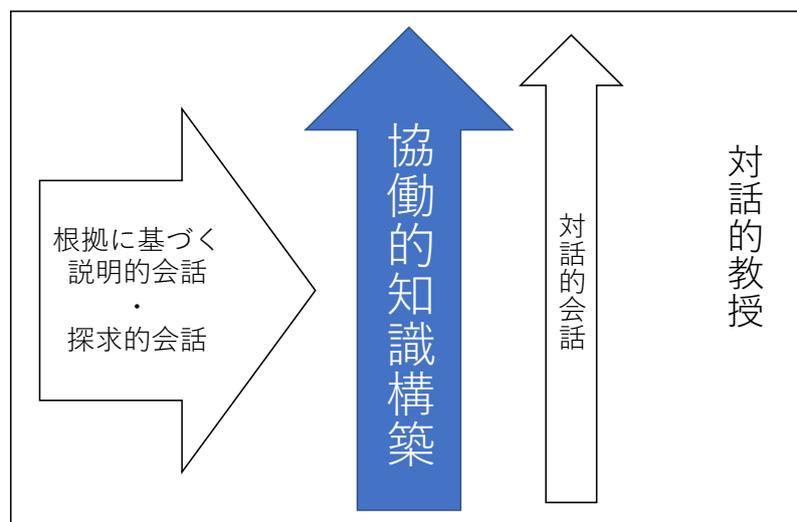


図 8.2 対話的理科授業デザインの方略の関係

第2節 人工物の創造を促進する理科授業デザインの方略の具体的事例

第1項 授業実践の概要（小学校第3学年「光の性質」）

（1）調査

本節において、図 8.2 に示した大枠に基づき、小学校理科授業をデザインし、協働的知識構築モデルにおけるフェーズの成立と移行に係る対話促進の方略を具体化することを目的とした。

（2）対象と単元

横浜市の公立小学校第3学年28名の学級を対象に授業実践を行った。単元は、「光の性質」である。本単元では、光の性質について、光を当てたときの明るさや暖かさに着目して、光の強さを変えたときの違いを比較しながら調べる活動を通して、日光が直進し、集めたり反射させたりできることや、物に日光を当てると、物の明るさや暖かさが変わることなどをなどについて理解し、差異点や共通点を基に問題を見だし、表現することがねらいとされている（文部科学省、2018：33-34）。

（3）指導計画

授業は、2018年9月～10月に実践した。授業計画は、表 8.2 に示した全9時間であった。分析した授業は、第5時から第8時の全4時間である。

第1次において、「虫眼鏡が日光エネルギーを集めて紙や段ボールを燃やす」という予想から実験を行い、「曇りの日は虫眼鏡で光を集めても燃えない」、晴れの日には「太陽のエネルギーが、一かしょに集まって、もえた（こげた）」という結論を得た（和田・後藤・猪口、2019：219-223）。すなわち、文化的人工物として「太陽光には光や熱があり、虫眼鏡を用いてエネルギーを一点に集中させることで発火する」という一連の事象に関わる概念を構築している。そのプロセスにおいて子どもは、光を矢印や赤や黄色で塗るなどの表現をしていた。光を矢印で表現することは板書を用いた話し合いによって共有され、子どもの

ワークシートにも描かれており、描画による表現も文化的人工物として共有されている。これは、前章において明らかにした通り、多様なパフォーマンスを促進させることによって人工物が構築されたことを示している。

第2次において、光を集める方法として、反射させる方法に着目して問題づくりを行った。ここでは、メタ認知を働かせた話し合いを促進するために意見を焦点化したり、理科の見方・考え方を働かせた視点を交渉したりすることに主眼を置いた指導計画とし、子どもの思考を引き出すとともに、丁寧に吟味していく学習活動を意図した。

第3次は、単元の総括として、光の性質について学習したことをワークシートに整理し、共有することとした。

表 8.2 授業実践の概要

第1次 虫眼鏡の光を集めてみよう	
第1時	虫眼鏡で紙が燃やせるか予想しよう
第2時	虫眼鏡で紙が燃やせるか実験しよう
第3時	虫眼鏡の実験の考察をしよう
第2次 鏡でも光を集められるかな	
第4時	反射するってどういうことかな？
第5時	鏡を使った実験の予想を立てよう
第6・7時	鏡を使ってリレーをしよう
第8時	鏡で光を集めよう
第3次 光の学習をまとめよう	
第9時	これまでの学習をまとめよう

(4) 授業の分析方法

分析した第4時から第8時のうち、変容過程であるフェーズ (d), (f), 及び (h) の場面について、授業ビデオ記録及びノート記述、教師が作成した板書や

提示物等を基に、三つの会話と一つの教授方略に分類した。

第2項 結果と考察

(1) フェーズ (d) 「話し合い」における対話的教授方略

第1次で、虫眼鏡で日光を集める実験をし、「太陽のエネルギーが1箇所に集まって紙が燃えた」と、まとめを行った。そこで、子どもは他の方法でも日光を集めることができるのではないかと考えた。第4時では子どもが、鏡を使うことで光を集めることができそうだという見通しをもっている。また、虫眼鏡は光が通り抜けているが鏡は光を反射させることや反射するとは跳ね返ることであるという意見を共有している。

第5時では、始めに3人の子どもたちが実験に対する予想を発表した。「日光を鏡で反射させるとどうなるか」ということに対する意見を述べている場面である。そのため、知識構築モデルにおけるフェーズ (d) 「話し合い」であると捉えた。A児の発表の提示したノートを図8.3に、プロトコルを表8.3に示す。



図 8.3 矢印で光を表している A 児のノート

教師は T1 において、「ピカーンピカーンって跳ね返るよ」と子どもたちの言葉を復唱するとともに「反射」という言葉の確認をした。T2 において「この図のよいところは、(中略) 矢印で描いているね。」と、説明のための図の使い方

に言及した。これにより教師は、より分かりやすい伝え方について、メタ認知を働かせていく足場かけをしている。これは、フェーズ移行に向けた多様なパフォーマンスの要請であると同時に、対話的会話における知識の社会的構成を目指すための方略としても捉えることができる。

表 8.3 光を矢印で描くことへの価値づけ

A 1	これが太陽から来た光で、ここ鏡で、これがピカーってなって、跳ね返って、跳ね返る。
C 1	そういう意味か。分かった、分かった。
A 2	そういう意味。
	(中略)
T 1	ピカーンピカーンって跳ね返るよってというのが反射するって意味なのは、一ついいですか？
C s	うん。
T 2	で、先生はこれになるほどわかりやすいなあって思ったこの図のよいところは、どこかというと、矢印で描いているね。この描き方どうですか？
C 2	うん、いい。分かりやすい。
C 3	分かりやすい。

次に、教師は B 児の描画を提示（図 8.4）して、鏡による光の反射の仕方について、問題を焦点化していった（表 8.4）。

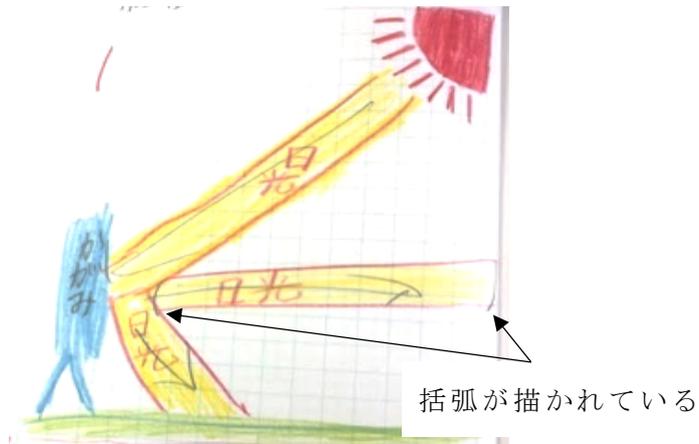


図 8.4 認知的葛藤が見られる B 児のノート

表 8.4 反射した光はどの方向に向かうのか

T 3	ちょっと説明してもらいたいんですが，えっとこれは上から光が来ていますよね。で，こっち（斜め下）に行っているのと同じ（真横）に行っているのがあるのですが，これはどういうことですか？
B 1	ええっと，右の方に行っている方の（真横に伸びている光）は，ちょっと括弧っぽいものないですか？
	（中略）
T 4	こっち（斜め下）に行くかこっち（真横）に行くかってこと？
B 2	そう。
T 5	なるほど。
C 4	ええ。真っ直ぐでしょ。
C 5	どっちかわからないっていう意味ね。
T 6	そうそう。どっちだろう。
C 6	違う。括弧じゃない方。
C 7	ああ，なんで言っちゃうの？
C 8	違うかもしれない。
T 7	でも，こっちに行くとしてもこっちに行くとしても，真っ直ぐ来てい

	る光が，真っ直ぐ行く感じなんですか，これは。なるほど。
C 9	じゃあ，どの方向に向かって，どれか，分からない。
T 8	まっすぐ来た光が，真っ直ぐ跳ね返るとい話なのかな。
B 3	うん。
C10	それはそうだね。
T 9	でも，何か誰かが言っていたよ。（反射した光が）まとまって燃えるんじゃないのって。集まるんじゃないのって。
C11	あ，はい。それはちょっとひらめいた。
T10	はいどうぞ。
C12	なんか鏡は奥のものが見えるけど，虫眼鏡はこうやってやると。
T11	あ，ちょっと待った，ちょっと待った。それはどうかなっていうところの理由のところね。それはちょっと待って。みんなに考えてもらいたいから。みんなまだ考えていないから，ちょっと待って。
	（中略）
T12	集まると思う人？
Cs	（挙手）
T13	集まらない。（挙手を促す）
C13	多分，力は強いよ，でも。虫眼鏡と同じく。力は同じだけれど，はいはいはいはい。ちょっと言いたいことがあります。

B 児は，鏡で反射した光がどちらの方向に進むか葛藤していることを，右下に反射した光とともに真横に伸びている光を付け加えた図で表していることを説明した。それを受けて他の子どもたちは，C 5 で B 児の考えを受け止め，C 6 や C 8 においてそれぞれの考えを表出した。これは，対話的会話における認知的葛藤の成立が図られている対話であると考えられる。すなわち，教師は，B 児の認知的葛藤を起点に，学級に対して問題提起を行ったのである。

光が収束したり拡散したりせず、平行光線として直進するという B 児の考えに対して、T9 において教師は、光が平行光線として直進するのではなく、虫眼鏡のように収束するのではないかという他の子どもの意見を紹介した。根拠に基づく説明的会話を求め、子どもたちに熟考を促した。

しかし、C12 において根拠に基づく説明をしようとしている子どもに対して教師は、T11 において「それはちょっと待って。みんなに考えてもらいたいから」と、発言を制止し、C12 以外の子どもたちに参加を促し、子どもたち一人ひとりに自分の根拠とする考えをもつための時間を確保した。

さらに、教師は、T12、T13 において子どもに挙手の指示を行い、子どもたちに意見の表明を促した。GR における (3) グループ決定の責任を受諾するために、(4) 決定の理由を説明したり、(5) 他者のアイディアや意見に挑戦したりできないか、吟味することを促したと考えられる。C13 は、虫眼鏡と比較することで、反射した光も収束して「多分、力が強い」という意見を表明した。教師が探求的会話の成立を図ったことによって、C13 が B 児の意見に対して批判的かつ建設的に意見を述べていると捉えることができる。

このように、フェーズ (d) の成立場面では、教師は対話的会話における認知的葛藤の解消に向けて社会的構成に基づいた問題解決を志向した。これは、理科学習環境デザインフレームワークにおける教授的側面の機能として出現していると捉えられる。その上で、根拠に基づく説明的会話を求めると同時に、全員に意思決定の責任をもたせる探求的会話を成立させるために、話の動きをコントロールしていたと言える。すなわち、認知的葛藤に挑戦する理科授業デザインの方略によって、理科学習環境デザインフレームワークの認知的側面を機能させるとともに、共同体全体の会話とすることで社会的側面も機能させる方略を取っていたと考えられる。

(2) フェーズ (f) 「意味の明確化」における対話的教授方略

自分の考えをもつための時間の後、子どもたちは、反射した光の進み方につ

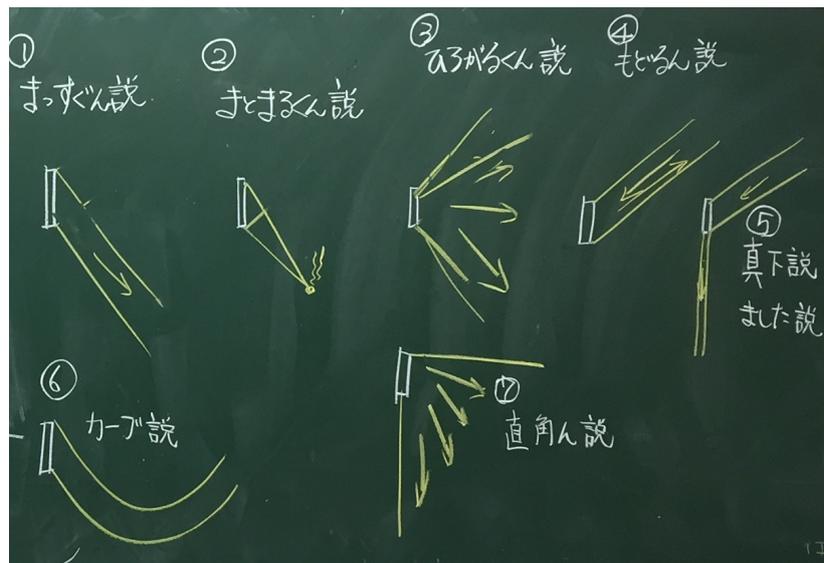


図 8.5 日光の反射の仕方の予想とその呼称

いて、さらに複数の予想を出し合った。次に、それぞれの意味することの共通理解を図り、図 8.5 に示すように、各予想に呼称をつけていった。①から⑦までであり、それぞれに検討されたことを一言で表す〇〇説として命名した。呼称が示す言葉の意味を、学級の中で明確に定義している場面であることから、フェーズ (f) 「意味の明確化」であると捉えた。

表 8.5 は、真横と真下とその間の部分に光が広がっていくという考えについて、意味を明確化していく場面である。

C14 において、子どもは「絶対ないと思うんだけど」と自分の考えに自信がないことを含めた発言をした。T14 において教師は、「もっと広がるってということ？」と、広がるという考えと比較して、どのように違うのか説明を求めた。C15 では「真横と真下、その間。」と、より具体的な言葉で説明されたことにより、教師も他の子どもも、C15 の意見を理解することができた。すなわち、広がるくん説に対して批判的な意見の提示があり、光が広がる向きに対する差異を明確にすることで、建設的な会話がなされていると捉えることができる。C17 は、この考えを受け止め、「案外あるかも。」と応えていた。探求的会話における GR が定着し、お互いの意見を受け止めて対話できている状況であると考えられる。したがって、探求的会話が成立していると考えられる。

このように、フェーズ (f) の成立では、意味の明確化を促進する対話的理科授業デザインの方略として、どんな発言でも受け止め、意思表示をしたり発言を促したりできる GR の定着が重要になると考えられる。これは、理科学習環境デザインフレームワークにおける社会的側面の機能を高める方略に他ならない。また、教師は比較したり図示したりすることを通して、より詳細で合意が得られる説明となるように話の動きを作り、その説明責任を求めていた。これは、理科学習環境デザインフレームワークにおける認知的側面の機能を高める方略である。このように意味を明確にするプロセスを経ることで、フェーズ (g) 「共有された理解」へと移行し、形式化された知識が構築されたと考えられる。

表 8.5 予想の意味を明確化する

C14	ねえねえ、こういうのも絶対ないと思うんだけど、えっと、真横から真下まで、えっと、あそこのそこ全部。
T14	こういうふう(扇型)に広がるんだけど、もっと広がるってということ？
C15	違う。真横と真下、その間。
T15	あ、分かった。みんな分かった？
Cs	分かった。
T16	真横と真下全部だから、こういうことかな？(板書)
C16	そう。
C17	ああ、案外あるかも。
T17	これ(広がる)は、同じぐらいの幅でこういうふう(扇型)に広がって行くんだけど、この場合はこういうふう(直角)に広がっていく。
C18	直角みたいな。
T18	直角みたいに。ここに直角ができて感じる感じだね。どうだろう。なんかいっぱいいろんな意見が出てきたけど、ちょっと名前つけちゃっていいかな。

(3) フェーズ (h) 「視点の交渉」における対話的教授方略

教師は、表 8.6 に示すように第 6・7 時の実験前に子どもの意見を紹介した。

表 8.6 実験前の予想の確認

T19	D さん，いいですか？
D 1	説明？
T20	うん。
D 2	光が，鏡を普通に縦にしてすると。
D 3	こうなったら，斜め下に映って。
T21	斜め下に映って。
D 4	鏡を斜め上に向けると，また太陽に光が行って。
C22	そういうことか。
T22	太陽の方に向けると？
D 5	太陽の方に向けると，また太陽の方に跳ね返って，太陽の方に・・・。
C19	鏡を上にする？
T23	E さん，ちょっと説明を加えてくれる？今の説明そのまましてくれる？鏡を上に向けると？
E 1	鏡を動かすと，その日光も鏡を動かすところに移動する。
T24	F さん，どうぞ。
F 1	だから，鏡の向きを変えると太陽の行く，太陽のエネルギーが行く方向を変えられる。

教師は T19 において，D 児が鏡の向きを変えると「①まっすぐん説」「④戻るん説」のどちらにもなる可能性に気づいたことを実験の前に全体化した。これまで，光の進み方について対話が行われており，鏡の向きに対しての視点が欠如していた。これから行われる実験とその結果の共有に向けて，鏡の向きという新たな視点を組み込んでいることから，フェーズ (h) 「視点の交渉」の場面と言える。

子どもたちは、視点を確認した後、図 8.6 に示すように、校庭に出て日光を反射させる実験を行った。この際、子どもたちは、前時までに立てていた予想に基づいて、鏡の向きに関係付けた実験を行っていた。グループに分かれて実験をしているときのプロトコルが、表 8.7 である。



図 8.6 日光を反射させる実験（G 児）

表 8.7 鏡の向きと関係付けて実験を行う

C20	まっすぐん説。
T25	どうでした？
C21	戻るん説。
C22	まっすぐん説。
T26	本当？
G 1	真っ直ぐだけどころする（鏡を上に向ける）と戻って、こっち（地面に向ける）だと真下。
T27	ということは？
G 2	鏡の向きを変えると違くなる。
T28	ほお。
G 3	真下（説）。まっすぐん（説）。戻るん（説）。できた。

教師は、T27において「ということは？」と根拠に基づく説明的会話を促した。それを受けたG児は、鏡の向きを変えることで光の進む方向が変わり、真下に進んだり斜め下に真っ直ぐ進んだり太陽の方に戻ったりすること、すなわち真下説、まっすぐん説、及び戻るん説が結果と一致することを説明した。

実験の後、教室に戻って結果の共有を行った。7つの予想のうち、拡散するという考えの広がるくん説と直角ん説、光が曲がるという考えのカーブ説は実験結果とは異なっていた。結果の解釈が分かれたのが、収束するという考えのまとまるくん説であった。対話の焦点は、まとまるくん説に当てられた。この場面の視点の交渉の対話のプロトコルを表8.8に示す。

表 8.8 まとまるくん説についての視点の交渉

T29	鏡はどんなふうに反射するか調べようで、まっすぐん説、まとまるくん説、広がるん説、戻るん説、真下説、カーブ説、直角ん説があったんですが、どうですか？
C23	(まっすぐん説、真下説、戻るん説、まとまるくん説の) 4つだった。
Cs	まっすぐん。
C24	まっすぐんと戻るん。
T30	まっすぐんはどうでしたか？
C25	なった。
T31	じゃあまっすぐんはこれはオッケー。まとまるくんは？
Cs	なった。
Cs	なってない。
C26	光まとまったじゃんさっき。
C27	丸くなったりはしたけど。
T32	もう少し詳しく説明してもらっていいですか？
C28	まとまったね。

T33	はいどうぞ。
C29	鏡を地面にくっつけて、太陽の方に向けてから、だんだん下げていくと、壁に丸いのができた。
T34	壁に丸いのができた。壁ってというのは近くの壁ですか？
C30	いや。
T35	遠くの壁に丸くなったていうことね。
C31	近くだと、四角だった。だんだん丸っこくなってて…。
T36	丸っこくなってまとまって、焦げたり燃えたりしますか？
C32	いや、壁だからしないでしょ。
T37	10センチくらいのところで焦げたり燃えたりしますか？
C33	しないな。
T38	まとまる説はこっちじゃなかったっけ。
C34	じゃあまとまるじゃない。
T39	まとまる説のこの意味は、鏡がこの大きさだったら、光がこの辺りでまとまって虫眼鏡みたいに燃えるんじゃないのってというのがまとまる説だったよね。違った？
C35	そう。
T40	今そうって言ってるじゃん。だったら今、先生が説明したことをそうって言ってる人たちがちゃんと説明するんだよ。次からはね。いいですか？
C36	じゃあ（まとまるくん説は）違うか。

まっすぐん説は、Cs「まっすぐん。」と複数の子どもが反応しており、すぐに子どもたちに受け入れられた。

C23は、まっすぐん説、真下説、戻るん説、及びまとまるくん説の「4つだった」と発言した。T31において、教師が「まとまるくんは？」と発問すると、

子どもたちの反応は分かれた。C26は「まとまった」と捉えており、C28も「まとまったね。」とC26に同意した。C27は、まとまったという説明に対しての疑念を抱いており、「(光が)丸くなったりはしたけど」と発言した。ここでは、T31の発問によって教師が、子どもに考えを明らかにすることを支援しており、探究的会話の成立を促している。

教師はT32において、「まとまった」という意見に対する詳細な説明を求めている。C29は、鏡を「太陽の方に向けてから、だんだん下げていくと、壁に丸いのができた。」と、説明した。教師はT34において「近くの壁ですか？」と、鏡と壁との距離を問うた。それに対して、子どもはC30において、遠くの壁だったことを想起し、C31において「近くだと、四角だった。だんだんまるっこくなって...。」と情報を付加した。さらに教師は、T36、T37において、「焦げたり燃えたりしますか？」と、まとまるくん説の定義に戻して発問をした。すなわち、まとまるくん説では、光が丸くまとまるということではなく、光が虫眼鏡のように収束して発火するほど熱を集めるという考えだったことを想起させ、T39において「虫眼鏡みたいに燃えるんじゃないのっていうのがまとまる説だったよね。」と、再度確認をしている。これにより、C35はその定義を共有していたことを肯定し、C36は「じゃあ違うか。」と納得していた。ここでは、T32を契機に、根拠に基づく説明的会話が成立していると捉えられる。まとまるくん説が論理的に理由付けられているのか吟味しているプロセスだからである。教師の発問に対して、自らの実験の様子を説明しながら、共同体で共有している定義との論理的整合性について交渉しているのである。

T40において、教師は「今、先生が説明したことをそうって言うてる人たちがちゃんと説明するんだよ。次からはね。」と、発話していた。これは、視点の交渉をする場面において、フェーズ(g)共有された理解を根拠にして話し合うことが必要であること示していると捉えられる。したがって、メタ認知的振り返りを促しているため、対話的会話が現れていると捉えることができる。

表 8.9 戻るん説についての視点の交渉

C37	戻るん説は，丸（予想と結果が合っていた）。
T41	戻る説は？
C38	丸。
T42	丸でいいですか？Cさん，どうぞ。
C39	傾けたらなるけど，このまま普通に垂直にやったら，ならない。
T43	鏡の向きはこのままだとならないよ。どうしたらなるんですか？
C40	太陽の方に向けた場合。
T44	太陽の方向に向けるってこういうこと？（ジェスチャーで示す）
C41	そうそう。鏡の映る方向を太陽の方に向ければ。
	（中略）
T45	じゃあ戻るん説も丸なんだけど。
C42	三角（条件付きで予想と結果が合う）だね。
T46	三角。そうだね，三角くらいかな。（後略）
Cs	はい。

戻るん説についての視点の交渉を表 8.9 に示す。C39 の「傾けたらなるけど，このまま普通に垂直にやったら，ならない。」という指摘は，図 8.5 に示した板書の図の鏡が垂直になっていることについての指摘である。すなわち，T40 において促されたメタ認知的振り返りを基に，共有された理解である板書と交渉されている視点との相違点について指摘し，社会的構成を志向したと考えることができる。したがって，この場面においても対話的会話が現れていると言える。これらの対話的会話の出現は，理科学習環境デザインフレームワークにおける教授的側面の機能を促進する教授方略として捉えられる。

この指摘を基に対話が進み，条件付きで予想と結果が合うことに「三角」という表現を用いて合意している。この場面で教師は，根拠に基づく説明的会話

による論理性における説明責任を果たすことができるように、予想と結果について論理的に説明を求めていると考えられる。

次に、真下説における視点の交渉を表 8.10 に示す。

表 8.10 真下説における視点の交渉

T47	真下説はどうでした？
Cs	ならない。
T48	あれ？誰か真下説って言っていた人、いた気がするんだけど。
C43	真下説もありだと思うよ。
T49	真下説もあったという人。
	(二人が挙手)
C44	真下だったら、大変だろ。
C45	鏡を動かしたら。
T50	鏡を動かしたら、なった。
	(挙手が増える)
	(中略)
C46	真下ってというのは、そのまま真下に行くのに、これは斜め。さっきのはないと思う。
	(中略)
C47	それが鏡だとすると、真下は多分ないと思うから、真下がどこにあるのかわからない。
C48	でもさ、運が良かったらこうなる。
T51	はい、C49 さん、どうぞ。
C49	C48 さんが言いたいのは、斜めにしても真下には行っていないから、真下説とは言わないんじゃないですか？
C50	そういうこと。

C51	真下にはいかないね。下にはいくけど。真下説，合っていないと思う。下説なら分かるけど。
C52	下説なら分かる。
C53	っていう話じゃない？
	(中略)
C54	鏡でいうと，ここ太陽ね。で，ここが鏡で，だから，真下ってことは，本当は真下がここに，光りが来るんだけど，来ているのはここ（鏡より前方）だから真下ではない。
C55	確かに。
T52	これを言った人は，この（鏡）向きをこういうふう（下向きに）変えてあげると，真下にもいくっていう話をしているんだよね。（中略）鏡の向きを変えると，どうなるんですか？
C56	鏡の向きを変えると，反射する場所が変わる。
T53	反射する何が変わるの？反射する場所が変わるの？
C57	反射する方向が変わる。
C58	向き。

実験をした時間が午前 11 時頃であったため，鏡の向きを変えても，光を真下に反射させることが難しかった。そのため，真下説は実験結果とは異なると思われる子どもたちが多かった。C45 において，鏡を動かすことで光が真下に行ったことを発言している子どももいるが，学級での合意形成はされていなかった。C51 において「下にはいくけど」と，鏡の向きを変えると，真下に近い下方向にも光が行くことを発言し，C54 もその考えを支持している。教師は，鏡の向きを変える視点で交渉を進めることにより，鏡の向きを変えると光が反射する方向が変わることについての合意形成を図った。ここでは，真下説について，GR (6) グループ決定前に代替案について批判的に話し合うことが行われ，建

設的に合意形成されたと捉えることができる。したがって、理科学習環境デザインフレームワークにおける社会的側面を基盤として批判的に話し合うことで、認知的側面における合意形成が図られていると言える。このことは、探求的会話が成立したと考えられる。

その上で教師は、T52において、子ども一人ひとりの実験の経験が違うことを受けて、共同体への説明責任を求め、鏡の向きを変えることに視点を移し、子どもたちに説明を促した。それにより、まっすぐん説、戻るん説、真下説に共通する「鏡の向きを変えると反射する光の方向が変わること」、「曲がったり、広がったり、まとまったりしないで、鏡を向けた方向に同じ細さで真っ直ぐ進むこと」の2点を協働的知識として確認した。

これらのことから、フェーズ(h)「視点の交渉」においては、探求的会話の成立も図られているものの、その対話の内実においては、根拠に基づく説明的会話によって、フェーズ(g)「協働的知識」への移行が具体化していると考えられる。これは、理科学習環境デザインフレームワークにおける社会的側面を基盤としながら、認知的側面の機能を高める教授方略によって理科授業デザインがなされ、人工物の創造が達成されていると捉えることができる。

第3節 人工物の創造を促進する対話的理科授業デザインの教授・学習方略

第1項 協働的知識構築モデルにおける対話的理科授業デザインの方略

本章の目的は、知識発展を図る理科学習環境デザインを基盤とした、人工物の創造を促進する理科授業デザインの方略を具現化することであった。前節に示した通り、教師は、対話的会話を基に問題解決的学習を進め、根拠に基づく説明的会話および探求的会話の方略によって変容過程のフェーズを形成していた。また、学級全体で対話をしたり、個人で考えたり、グループで実験したりするなど、多様な学習形態の選択をしていた。教師は、これらも含めた包括的な学習環境において対話的教授の方略を取っていた。

これらを理科学習環境デザインフレームワークの視点から捉えると、3つの

側面の機能を促進する教授・学習方略が取られていたと言える。対話的会話及び対話的教授は、主として理科学習環境デザインフレームワークにおける教授的側面を高める方略として出現していた。根拠に基づく説明的会話は、主として認知的側面の機能を高める方略として現れていた。探求的会話は、主として社会的側面の機能を高める方略として現れていた。

第2項 フェーズの移行に伴う対話的教授・学習方略の変容

前節に示した事例分析を踏まえ、理科学習の立場から捉えた対話的な教授・学

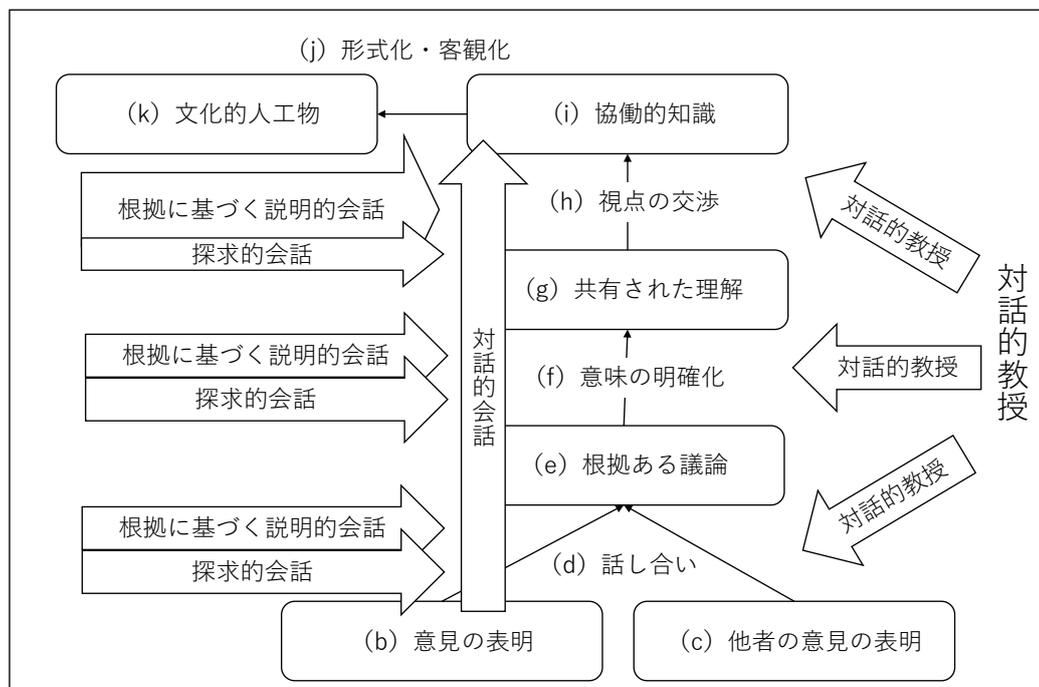


図 8.7 協働的知識構築における対話的理科授業デザインの方略

習方略を協働的知識構築モデルと関連させたものを図 8.7 に示す。なお、この図には協働的知識構築モデルのうち、フェーズ (b) からフェーズ (k) までを示している。対話的会話は、問題解決的学習の基底にあるものと捉えることができる。この問題解決を進めるためのアプローチとして対話的教授がある。対話的教授は、主として理科学習環境デザインフレームワークにおける教授的側

面の機能を高める理科授業デザインの方略として出現していた。変容過程のフェーズである (d)「話し合い」、(f)「意味の明確化」、(h)「視点の交渉」では、根拠に基づく説明的会話および探求的会話が現れていた。子どもたちが対話を通じて知識を形作る場面だからである。

フェーズ (d)「話し合い」では、対話の場面において、現在進行中の議論している意見に焦点化するのか、それとも次の意見について検討するのかについて、教師が会話の動きをコントロールしていた。これは、認知的葛藤に挑戦する理科授業デザインの方略によって、理科学習環境デザインフレームワークの認知的側面を機能させるとともに、共同体全体のものとすることで社会的側面も機能させる教授方略となっていたことを意味する。

フェーズ (f)「意味の明確化」では、探求的会話における GR の定着が見られるとともに、図示したり比較したりすることで子どもたちに説明責任を求め、考えを精緻化させていた。理科学習環境デザインフレームワークにおける社会的側面と認知的側面を機能させる教授・学習方略によって、フェーズの成立と移行が達成されていた。

フェーズ (h)「視点の交渉」において、教師は考えが受け入れられるようにするために、主として説明責任を求め、話の動きを作っていた。理科学習環境デザインフレームワークにおける社会的側面を基盤としながら、認知的側面の機能を高める方略によって理科授業デザインがなされ、人工物の創造が達成されていたと言える。これは、第5章において示した、考察の場面において認知的側面に働きかける実践の原則がより多く見られたことと同様の結果である。視点の交渉において、客観性や妥当性を担保したより科学的な人工物を創造するために、説明責任を求め、話の動きが行われ、認知的側面に働きかけているのである。

このように、(d)「話し合い」、(f)「意味の明確化」、(h)「視点の交渉」においては、それぞれ目的の異なる対話を行うため、その目的に応じた教授・学習方略が取られていた。これは、理科学習環境デザインフレームワークにおいて、

学習場面によって強化される側面が異なってくることを意味する。本章で明らかになったように、問題解決の場面において3側面の比重に変化が現れるのは、目的の異なる対話を行う理科授業デザインの教授・学習方略によって生じる。これらの方略により、3つの側面の機能が向上し、批判的で建設的な対話が成立することで、客観性や妥当性が担保された科学概念としての人工物の創造が達成されたのである。そして、この人工物を基軸に新たな知識発展が実践されていくのである。

終章 本研究のまとめ

本研究では、理科教育の現代的課題である学力形成に向けた、理科における共同体の知識発展を図る学習環境デザインに関する研究を行った。

そこで、子どもが談話によって知識を共有し発展させていく学習を成立させるための視点として、理科学習環境デザインフレームワークについて検討した。さらに、このフレームワークに基づいた理科授業デザインとして、人工物の創造を促進する理科授業デザインを構想し、その有用性について検証した。その結果、以下の1～8に示す項目について明らかにした。

1. 学校教育における学力観の変遷を概観しながら、静的な学力と動的な学力、生きる力と確かな学力、育成を目指す資質・能力の明確化を捉え、理科教育に求められる学力形成、さらに、OECDによって示された2030年に向けた教育ビジョンについて、議論した。ここでは、学級など一緒に学習する仲間によって構成される共同体において、協働的に学習に取り組むことにより、価値を創造し知識を発展させていくことの重要性が示されていることを明らかにした。また、全国学力・学習状況調査やPISA2015調査の結果を精査し、理科学習において、予想や考察を話し合ったり、協力して観察・実験を行ったりすることによって、他者との関係性によって知識発展を促進し、科学概念構築をめざす授業改善を図る必要があることを明らかにした。

2. 知識発展に関わる協働学習の理論として、相互学習法とジグソー法、収斂説、知識統合、知識創造、知識構築、及び協働的知識構築モデルについて精査し、知識発展を図る学習環境デザインの基礎的理論として整理した。相互学習法とジグソー法では、個人の知識の質と量が更新される。収斂説は、他者と合意形成を図り、意味を収斂させ共有された知識とするところに特徴がある。知識統合では、多様な知見を統合することで知識を更新する。これらはいずれも、個人または共有された知識の更新である。Paavola et al.の知識創造では、共同体において人工物を創造する。Scardamalia et al.の知識構築では、知識を

付加することで知識を発展させる。Stahl の協働的知識構築モデルでは、個人と共同体の相互作用によって文化的人工物の構築が促進され、知識が発展する。知識創造、知識構築、及び協働的知識構築は、共同体における知識発展を表した理論であることを明らかにした。

3. 知識発展を論じる基盤となる学習環境デザインを定義し、知識発展を図る共同体を明確に位置付け、相対主義的科学観における科学概念の構成の意味を明らかにした。また、Bransford et al.の学習環境デザイン論を精査することで、知識発展を志向する学習を構成するために学習環境をデザインすることが必要であることを明らかにした。さらに、行動主義的教授・学習論から構成主義的教授・学習論への変遷と共同体における人工物を構築する意味について論考し、ピアジェの認知発達における心的構造、ヴィゴツキーの社会構成主義的学習論、コールの文化-歴史的活動理論について論考し、知識が他者との相互作用によって構築される意味を捉えた。レイヴらの状況的学習論、エンゲストロームの拡張的学習論について、共同体において多様な概念を吟味し、人工物を構築する意味を精査し、知識発展を図る学習理論を明らかにした。

4. 理科教育の現代的課題の解決に向けて、学力形成を具現化する学習環境デザイン論を基軸に、Garrison が提唱している探究の共同体フレームワークが、理科学習環境デザインフレームワークとして、有用であることを明らかにした。これは、社会的側面、認知的側面、教授的側面からなる、意図的に批判的な談話を形成するためのものである。多面的な分析や考察をしたり、妥当な考えに改善したりすることができるフレームワークとなっていたことを明らかにした。

5. 知識発展を志向する理科学習環境デザインフレームワークにおける理科授業デザインとして、教授的側面における CoI フレームワーク実践の原則に基づいた理科授業デザインを構想し、事例分析に基づいて検証した。理科授業において、実践の原則が各側面に機能し、より科学的に妥当な文化的人工物が構築され、理科授業における探究の実践が成立していることを明らかにした。知識発展の様態として、思考の表出の促進と概念の精緻化の促進が図られており、

問題解決活動の場面によって、実践の7原則の出現に強弱があることを明らかにした。

6. 理科学習環境デザインフレームワークを基盤とした、知識発展を志向する理科授業デザインの教授・学習方略について、アセスメントの三項アプローチを基軸に理科授業デザインによる実践をして、分析を行った。3つのアセスメントが相互に関連して、理科学習環境デザインフレームワークの3側面に機能していることを明らかにした。アセスメントを基軸とした教授・学習方略として、教師がアセスメントを計画的に設けること、ルーブリックを子どもと共有すること、フィードバックは理科学習環境デザインフレームワークの3側面への機能を考慮して行うことを明らかにした。

7. 知識発展としての共同体における人工物の創造を促進する理科授業デザインとして、理科学習環境デザインを基盤に、協働的知識構築モデルに着目し、その具現化について精査し、知識発展が図られていることを明らかにした。子どもが協働的に合意形成を図りながら、科学概念である学級文化としての文化的人工物を構築していた。これを個人が取り入れて、共同体において、さらに精緻化した文化的人工物を構築していた。多様な表現の要請や理科の見方・考え方を働かせた視点の交渉等、理科授業デザインの5つの視点を明らかにした。

8. 知識発展を図る理科学習環境デザインを基盤とした、人工物の創造を促進する理科授業デザインの教授方略の具現化について精査し、これらの方略により、理科学習環境デザインフレームワークの3側面の機能が向上し、人工物を基軸に新たな知識発展が実践されていくことを明らかにした。対話的な教授方略として Gillies が指摘した対話的会話、根拠に基づく説明的会話、探求的会話、対話的教授を適用した。教師は、協働的知識構築モデルにおいて、これらの対話的教授方略を適用することにより、多様な学習形態の選択をしながら、対話的会話を基に問題解決的学習を進め、根拠に基づく説明的会話および探求的会話の方略によって変容過程のフェーズを形成し、知識発展を具現化していた。

引用・参考文献

本文中での文献の引用・参考は、著者名、発行年次を（）内に記載した。また、同一著書・論文からの複数箇所の引用には年号の次に（：）を付しページ数を示した。ウェブページからの引用については、下記の（）内にアドレスを記載しアクセス日を付記した。引用文献については、欧文・和文ともにアルファベット順に配列した。なお、欧文の翻訳書については、和文の引用文献に記載した。

引用文献（欧文）

- Aalst, J. V. (2013) Assessment in Collaborative Learning, In C. E. Hmelo-Silver, C. A. Chin, C. K., K. Chan, & A. O'Donnell (Eds.), *The International handbook of collaborative learning*, New York: Routledge, 280-296.
- Adey, P. & Shayer, M. (2011) The effects of cognitive acceleration-and speculation about causes of these effects. In AERA Research Conference, socializing intelligence through academic talk and dialogue. Learning, Research and Development Center, University of Pittsburgh, 1-20.
- Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (2000) How people learn: Brain, Mind, Experience, and School: Expanded Edition, National Academy of Sciences, Washington, DC, National academy press.
- Brown, A. L. (1992) Design Experiments : Theoretical and Methodological Challenges in Creating Complex Interventions in Classroom Settings, *The Journal of the Learning Sciences*, Vol. 2, No. 2, 141-178.
- Brown, A. L., & Campione, J. C. (1994). Guided discovery in a

community of learners. In K. McGilly (Ed.), *Classroom lessons: Integrating cognitive theory and classroom practice*, Cambridge, MA, US: The MIT Press, 229-270.

- Edwards, D. & Mercer, N. (1987) Ground-rules of educational discourse, *Common knowledge: The Development of Understanding in the classroom*, Routledge, 42-61.
- Gagné, R. M. (1968) Contributions of learning to human development, *Psychological review*, 75(3), 177-191.
- Gagné, R. M. (1977) *The Conditions of Learning*, Holt, Rinehart and Wiston, 73 – 179.
- Garrison, D. R., Anderson, T. & Archer, W. (2000) Critical Inquiry in a Text-Based Environment: Computer Conferencing in Higher Education, *The internet and Higher Education 2(2-3)*, Elsevier Science, 87-105.
- Garrison, D. R. (2009) Communities of Inquiry in Online Learning, *Encyclopedia of Distance Learning, Second Edition*, IGI Global, 352-355.
- Garrison, D. R. (2016) *Thinking Collaboratively: Learning in a community of inquiry*, Routledge.
- Gillies, R. M. (2014) The Teacher's Role in Promoting Dialogic Talk in the Collaborative Classroom, *Collaborative Learning: Theory, Strategies and Educational Benefits*, Nova Science Publishers, Inc., 55-67.
- Greeno, G. (2006). Learning in Activity. In R. Keith Sawyer (Ed.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences*. Cambridge University Press, 79-96.
- Hakkarainen, K., Paavola, S., Kangas, K. & Seitamaa-Hakkarainen, P.

- (2013) Sociocultural Perspectives on Collaborative Learning: Toward Collaborative Knowledge Creation, In Hmelo-Silver, C. E. Chinn, C. A., Chan, C. K. K., O'Donnell, A. M., *The International Handbook of Collaborative Learning*, Routledge, 57-73.
- Linn, M. (2006) The Knowledge Integration Perspective on Learning and Instruction. In R. Keith Sawyer (Ed.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences*. Cambridge University Press, 243-264.
 - Mercer, N., Wegerif, R. & Dawes, L. (1999) Children's talk and the development of reasoning in the classroom. *British Educational Research Journal*, 95-111.
 - Oshima, J., Oshima, R. & Matsuzawa, Y. (2012) Knowledge Building Discourse Explorer: a social network analysis application for knowledge building discourse, *Education Tech Research*, 60, Springer, 903-921.
 - Paavola, S., Lipponen, L. & Hakkarainen, K. (2004) Models of Innovative Knowledge Communities and Three Metaphors of Learning, *Review of Educational Research*, 74(4), 557-576.
 - Paavola, S. & Hakkarainen, K. (2005) The Knowledge Creation Metaphor – An Emergent Epistemological Approach to Learning, *Science & Education*, 14, Springer, 535-557.
 - Palinscar, A. S., & Brown, A. L. (1984). Reciprocal teaching of comprehension-fostering and monitoring activities. *Cognition and Instruction*, 1, 117-175.
 - Resnick, L. Michaels, S. & O'Connor, M. C. (2010) How (Well-Structured) Talk Builds the Mind. In D. Pressis and R. Strerberg (Eds.). *Innovations in educational psychology: Perspectives on learning, teaching, and human development*. New York: Springer, 163-194.
 - Roschelle, J. (1992) Learning by collaboration: Convergent conceptual

change. *The Journal of Learning Sciences* 2(3), 235-276.

- Roschelle, J., Teasley, S. D. (1995) The Construction of Shared Knowledge in Collaborative Problem Solving, *Computer supported collaborative learning*, Springer, Berlin, Heidelberg, 69-97.
- Ruiz-Primo, M. A. & Brookhart, S. M. (2018) Formative Assessment and Feedback in the Classroom. *Using Feedback to Improve Learning*, Routledge, 1-22.
- Sadler, D.R. (1989) Formative assessment and the design of instructional systems. *Instructional science*, 18(2), 119-144.
- Scardamalia, M., & Bereiter, C. (1987) Knowledge telling and knowledge transforming in written composition. In S. Rosenberg (Ed.), *Advances in applied psycholinguistics: Vol.2. Reading, writing, and language learning*. Cambridge: Cambridge University Press, 142-175.
- Scardamalia, M. & Bereiter, C. (1994) Computer support for knowledge-building communities. *The journal of the Learning Sciences*, Vol.3, No.3, Computer Support for Collaborative Learning (1993-1994), 265-283.
- Scardamalia, M & Bereiter, C. (1996a) Student Communities for the Advancement of Knowledge, *Communications of the ACM*, 39(4), 36-37.
- Scardamalia, M. & Bereiter, C (1996b) Computer support for knowledge-building communities. In T. Koschmann (Ed.), *CSCL: Theory and Practice of an Emerging Paradigm*, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ, 249-268.
- Scardamalia, M., & Bereiter, C. (2006) Knowledge building and knowledge creation: theory, pedagogy, and technology. In R. Keith Sawyer (Ed.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences*.

Cambridge University Press, 97-116.

- Skinner, B. F. (1965) *Science and Human Behavior*, *Simon and Schuster*.
- Stahl, G. (2000). A Model of Collaborative Knowledge-Building, *Fourth International Conference of the Learning Sciences*, 70-77.
- Stahl, G., Koschmann, T., & Suthers, D. (2006). Computer-Supported Collaborative Learning. In R. Keith Sawyer (Ed.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences*. Cambridge University Press, 409-426.
- Vaughan, N. D., Cleverland-Innes, M. & Garrison, D. R. (2013) Teaching in Blended Learning Environments: Creating and Sustaining Communities of Inquiry, AU Press, Athabasca University, 94 – 95.
- Watson, J. B. (1913) Psychology as the behaviorist views it. *Psychological review*, 20(2), 158-177.
- Wiliam, D. (1992). Some technical issues in assessment: a user's guide. *British Journal for Curriculum and Assessment*, 2(3), 11-20.
- Wiliam, D., & Thompson, M. (2007) Integrating assessment with learning: What will it take to make it work? In *Dqyer, C. A.(Ed) The future of assessment: shaping teaching and learning* , LAWRENCE ERLBAUM ASSOCATES, 53-82.

引用文献（和文・翻訳書）

- 有本昌弘（2008）「監訳者あとがき」『形成的アセスメントと学力－人格形成のための対話型学習を目指して』, OECD 教育研究革新センター編（有本昌弘監訳）, 明石書店.
- コール, M. (2002) 『文化心理学 発達・認知・活動への文化-歴史的アプローチ』 (天野清訳), 新曜社.

- コール, M.・スクリブナー, S.(1982)『文化と思考 認知心理学的考察』(岩井邦夫訳), サイエンス社.
- 出口明子・吉田茂興(2011)「中学校理科でのグループ学習の実践-ジグソー学習とジョンソンらの協同学習を取り入れた新協同学習-」『宇都宮大学教育学部紀要』, 第2部, 第61号, 21-28.
- エングストローム, Y.(1999)『拡張による学習 活動理論からのアプローチ』(山住勝広・松下佳代・百合草禎二・保坂裕子・庄井良信・手取義宏・高橋登訳), 新曜社.
- 学校教育法(2007)第30条第2項, 第49条, 第62条.
- 細川太輔(2013)「学習環境論の国語科教育への導入-宮沢賢治「注文の多い料理展」の実践-」『教材学研究』, 第24巻, 103-110.
- 猪口達也・後藤大二郎・和田一郎(2018)「理科学習における主体的な問題解決活動の推進に関わる社会的メタ認知の機能についての事例的研究」『理科教育学研究』, 第59巻, 第2号, 229-242.
- ジョンソン, D. W.・ジョンソン, R. T.・ホルベック, E. J.(2010)『学習の輪 学び合いの協同教育入門(改訂新版)』(石田裕久・梅田巳代子訳), 29-57.
- 梶田叡一(1994)『教育における評価の理論 I 学力観・評価観の転換』, 金子書房.
- 梶田叡一(2002)『教育評価(第2版補訂版)』, 有斐閣双書.
- 勝田守一(1990)『能力と発達と学習』, 国土社.
- 勝田守一(1972)『人間形成と教育』, 国土社.
- 国立教育政策研究所(2016c)『生きるための知識と技能6 OECD生徒の学習到達度調査(PISA)2015年調査国際結果報告書』, 明石書店.
- 国立教育政策研究所(2019)『生きるための知識と技能7 OECD生徒の学習到達度調査(PISA)2018年調査国際結果報告書』, 明石書店.
- 国立教育政策研究所(2020)『「指導と評価の一体化」のための学習評価

に関する参考資料』, 東洋館出版社.

- 久保田賢一 (2000)『構成主義パラダイムと学習環境デザイン』, 関西大学出版部.
- レイヴ, J.・ウェンガー, E. (1993)『状況に埋め込まれた学習』(佐伯胖訳), 産業図書.
- 松尾健一 (2018)「子どもによる考えの体系化を支援する理科授業とその評価」『深い理解を生み出す理科授業とその評価』, 黒田篤志・森本信也編, 学校図書, 50-75.
- 美馬のゆり (2010)「学習の共同性および社会性を基軸にした学習環境デザイン研究」, 電気通信大学大学院情報システム学研究科博士(学術)の学位申請論文.
- 美馬のゆり・山内祐平 (2005)『「未来の学び」をデザインする 空間・活動・共同体』, 東京大学出版会.
- 文部科学省 (2018)『小学校学習指導要領(平成29年告示)解説 理科編』, 東洋館出版社.
- 森本信也 (1992)『理科教育学講座(4)理科の学習論(上)』, 日本理科教育学会編, 東洋館出版社.
- 森本信也 (2007)「理科授業を通して子どもに育みたい表現方法」『考え・表現する子どもを育む理科授業』, 東洋館出版社, 25-43.
- 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.
- 野中郁次郎・竹内弘高 (1996)『知識創造企業』(梅本勝博訳), 東洋経済新報社.
- 小田切歩 (2013)「高校の数学授業における協同的統合過程を通じた個人の知識統合メカニズム-回転運動と三角関数の関連づけに着目して-」『教育心理学研究』, 第61巻, 第1号, 1-16.
- OECD 教育研究革新センター (2008)「形成的アセスメントの範囲と方

法論』『形成的アセスメントと学力 人格形成のための対話型学習をめざして』(有本昌弘監訳), 明石書店.

- 大島純・大島律子 (2009) 「エビデンスに基づいた教育：認知科学・学習科学からの展望」『認知科学』, 第 16 巻, 第 3 号, 390-414.
- ピアジェ, J. (1972) 『発生的認識論』(滝沢武久訳), 白水社.
- スカーダマリア, M.・ベライター, C.・大島純 (2010) 「知識創造実践のための「知識構築共同体」学習環境」『日本教育工学会論文誌』, 第 33 巻, 第 3 号, 197-208.
- Stahl, G.・Koschmann, T.・Suthers, D. D. (2006) 「コンピュータ支援による協調学習」R.K.ソーヤー『学習科学ハンドブック』森俊昭・秋田喜代美監訳, 培風館, 326-340.
- ソーヤー, R. K. (2018) 「イントロダクション：新しい学びの科学」『学習科学ハンドブック [第 2 版]』(森敏昭訳), 第 1 巻, 北大路書房.
- 橘春菜・藤村宣之 (2010) 「高校生のペアでの協同解決を通じた知識統合過程-知識を相互構築する相手としての他者の役割に着目して-」『教育心理学研究』, 第 58 巻, 1-11.
- 龍岡寛幸・磯崎哲夫 (2016) 「協同的問題解決を生起させる理科授業の特徴-「知識構成型ジグソー法」に着目して」『中学教育：研究紀要』, 第 47 巻, 広島大学附属東雲中学校, 35-40.
- ポパー, C. R. (1974) 『客観的知識 進化論的アプローチ』(森博訳), 木鐸社.
- ヴィゴツキー, L. S. (2001) 『思考と言語 新訳版』(松田義松訳), 新読書社.
- ヴィゴツキー, L. S. (2003) 『「発達最近接領域」の理論-教授・学習過程における子どもの発達』(土井捷三・神谷栄司訳), 三学出版.
- 和田一郎・高橋祥乃・宮村連理 (2016) 「ICT の利活用による思考・表現を促進する理科授業に関する研究-中学校理科「水溶液とイオン」の

学習内容を事例として-」『臨床教科教育学会誌』, 第 16 卷, 第 1 号, 115-124.

- 和田一郎・後藤大二郎・猪口達也 (2019) 「理科における協働学習の意味とその実践的展開に関する研究」『横浜国立大学教育学部紀要. I』, 第 2 号, 213-223.
- 渡辺理文・黒田篤志・森本信也 (2013) 「子どもの科学概念構築を促す「形成的アセスメント」の機能に関する研究」『日本教科教育学会誌』, 第 36 卷, 第 3 号, 13-26.
- 渡辺理文・森本信也・小湊清隆 (2014) 「「思考力・判断力・表現力」の育成を目指した理科授業における学習環境のデザインとその評価」『理科教育学研究』, 第 55 卷, 第 1 号, 109-119.
- 渡辺理文・黒田篤志・森本信也 (2015) 「形成的アセスメントにおけるフィードバック機能に関する研究－理科授業を事例として－」『横浜国立大学教育学部研究論集』, 第 2 号, 17-27.
- 渡辺理文・森本信也・小湊清隆 (2016) 「理科授業における資質・能力の育成を促す学習環境のデザインの分析」『理科教育学研究』, 第 56 卷, 第 4 号, 469-480.
- 渡辺理文・森本信也・小湊清隆 (2017) 「理科授業において資質・能力の育成を目指す心理的・社会文化的な学習環境のデザインに関する事例的研究」『理科教育学研究』, 第 57 卷, 第 4 号, 423-434.
- ウェンガー, E.・マクダーモット, R.・スナイダー, W. M. (2002) 『コミュニティ・オブ・プラクティス ナレッジ社会の新たな知識形態の実践』, 櫻井祐子訳, 翔泳社.
- ホワイト, R. T. (1990) 『子ども達は理科をいかに学習し教師はいかに教えるか 認知論的アプローチによる授業論』(堀哲夫・森本信也訳), 東洋館出版社.

引用文献（インターネット・ウェブページ：欧文）

- Alexander, R.(2010) Dialogic teaching essentials.
(<http://www.robinaalexander.org.uk/index.php/dialogic-teaching/>)
accessed 2018.11.01
- Alverno College (2001) Assessment Essentials: Definition of Terms.
(<http://depts.alverno.edu/saal/terms.html>) accessed 2015.04.04
- The Foundation Coalition (2002) Peer assessment and peer evaluation.
(http://www.foundationcoalition.org/publications/brochures/2002peer_assessment.pdf) accessed 2015.09.22
- OECD (2005) The Definition and Selection of Key Competencies :
Executive Summary.
(<http://www.oecd.org/pisa/35070367.pdf>) accessed 2020.11.15
- OECD (2018) The Future of Education and Skills Education 2030
position paper.
(<http://www.oecd.org/education/2030/OECD%20Education%202030%20Position%20Paper.pdf>) accessed 2020.01.12
- OCED (2019) Learning Compass 2030 Framework.
(http://www.oecd.org/education/2030-project/teaching-and-learning/learning/learning-compass-2030/OECD_Learning_Compass_2030_concept_note.pdf) accessed 2020.09.12
- The Teaching, Learning and Technology (TLT) Group (2011) rubrics.
(<http://www.tltgroup.org/resources/flashlight/rubrics.htm>)
accessed 2014.09.02

引用文献（インターネット・ホームページ：和文）

- 中央教育審議会（1996）「平成 8 年中央教育審議会第 1 次答申（3）今後における教育の在り方の基本的な方向」（https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chuuou/toushin/960701e.htm） accessed 2020.09.26
- 中央教育審議会（2005）「新しい時代の義務教育を創造する（答申）」（https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/05102601/all.pdf） accessed 2020.09.26
- 中央教育審議会（2016）「幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について（答申）」（https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/_icsFiles/afieldfile/2017/01/10/1380902_0.pdf） accessed 2020.05.31
- 国立教育政策研究所（2012a）「平成 24 年度全国学力・学習状況調査解説資料小学校理科」（https://www.nier.go.jp/12chousa/12kaisetsu_shou_rika.pdf） accessed 2020.05.15
- 国立教育政策研究所（2012b）「平成 24 年度全国学力・学習状況調査解説資料中学校理科」（https://www.nier.go.jp/12chousa/12kaisetsu_chuu_rika.pdf） accessed 2020.05.15
- 国立教育政策研究所（2012c）「平成 24 年度全国学力・学習状況調査報告書小学校理科」（https://www.nier.go.jp/12chousakekkahoukoku/03shou_houkokusho.htm） accessed 2020.05.15
- 国立教育政策研究所（2012d）「平成 24 年度全国学力・学習状況調査報告書中学校理科」（https://www.nier.go.jp/12chousakekkahoukoku/04chuu_houkokusho.htm） accessed 2020.05.15
- 国立教育政策研究所（2016a）「平成 27 年度全国学力・学習状況調査報告書小学校理科」（<https://www.nier.go.jp/15chousakekkahoukoku/report/data/psci.pdf>） accessed 2020.05.15

- 国立教育政策研究所(2016b)「平成 27 年度全国学力・学習状況調査 調査結果のポイント」(<https://www.nier.go.jp/15chousakekkahoukoku/highlights.pdf>) accessed 2020.05.15
- 国立教育政策研究所 (2017)「PISA2015 年協同問題解決能力調査－国際結果の概要－」(https://www.nier.go.jp/kokusai/pisa/pdf/pisa2015cps_20171121_report.pdf) accessed 2020.09.15
- 国立教育政策研究所 (2018a)「平成 30 年度全国学力・学習状況調査の結果」(<https://www.nier.go.jp/18chousakekkahoukoku/18summary.pdf>) accessed 2020.05.15
- 国立教育政策研究所 (2018b)「平成 30 年度全国学力・学習状況調査解説資料小学校理科」(https://www.nier.go.jp/18chousa/pdf/18kaisetsushou_rika.pdf) accessed 2020.05.15
- 国立教育政策研究所 (2018c)「平成 30 年度全国学力・学習状況調査報告書小学校理科」(<https://www.nier.go.jp/18chousakekkahoukoku/report/18primary/18sci/>) accessed 2020.05.15
- 三宅なほみ・飯窪真也・杉山二季・齊藤萌木・小出和重 (2015)『協調学習授業デザインハンドブック-知識構成型ジグソー法を用いた授業づくり-』, 東京大学大学発教育支援コンソーシアム推進機構 自治体との木連携による協調学習の授業づくりプロジェクト (https://coref.u-tokyo.ac.jp/newcoref/wp-content/uploads/2015/04/handbook_all.pdf) accessed 2019.08.24
- 文部科学省 (1989)「平成元年度告示小学校学習指導要領第 1 章総則」(https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/old-cs/1322305.htm) accessed 2020.09.26
- 文部科学省 (2003)「確かな学力」(https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/gakuryoku/korekara.htm) accessed 2020.09.26
- 文部科学省 (2010)「2009 年度調査国際結果の要約」(<https://www.mext>

.go.jp/component/a_menu/education/detail/__icsFiles/afieldfile/2010/12/07/1284443_01.pdf) accessed 2020.05.15

- 文部科学省教育課程課教育課程企画室（2018）「OECD Education 2030 プロジェクトについて」（https://www.oecd.org/education/2030-project/about/documents/OECD-Education-2030-Position-Paper_Japanese.pdf) accessed 2020.05.15

謝辞

本論文の作成にあたり、多くの方々にご指導とご厚意を賜りましたことをここに記し、心より感謝申し上げます。

主指導教員である横浜国立大学教育学部教授の和田一郎先生から、理科教育学の研究や理科授業の実践のみならず、自分自身の人生に対する姿勢、博士論文に対する取組など、様々な視点からご教授いただきました。和田先生には、私が横浜国立大学名誉教授の森本信也先生の研究室に在籍していた修士課程での研究からご指導をいただきました。和田先生との出会いによって、授業における ICT 活用という視点から、構成主義的な理科授業を実現するための物理的環境として捉えることが肝要であることを学びました。博士課程では、知識発展を志向するための授業の意味を捉えていくことで、子どもが他者と協働していく授業の素晴らしさを学ぶことができました。これは、ICT を活用した実践主体で構成されていた授業観に、理科教育学についての極めて客観的な理論的支柱を授けていただいたことを意味します。さらに、和田先生の研究に対して謙虚な姿勢で情熱を貫く姿から、自分自身を振り返り研究をすることの意味や価値について深く捉え直しました。今後も、和田先生が見ている世界に一步でも近づけるよう、日々研鑽に励み、本研究を発展させていく所存です。和田先生と出会い、ご指導を賜りましたこと、改めて深く感謝申し上げます。

副指導教員である横浜国立大学教育学部教授の有元典文先生、東京学芸大学教育学部教授の藤本光一郎先生からは、研究に対して貴重なご示唆と励ましをいただきました。有元先生からは本研究をさらに発展させる動機づけについて、ご教授いただきました。藤本先生からは、理科学習環境デザインフレームワークについて価値付けをしていただくとともに、理論と実践の関連についてご教授いただきました。博士論文の審査において埼玉大学教育学部教授の小倉康先生には、研究の実証性や再現性について視点から多くのご教授をいただきました。横浜国立大学教育学部教授の加藤圭司先生には、理科学習環境デザインフ

レームワークと理科授業デザインの関連についてご教授いただきました。

私が、博士論文を執筆できたのは、こうして多くの先生方から、たくさんのご指導、ご鞭撻を賜ってのことだと感じております。この場を借りて、感謝を申し上げます。まだまだ自分の力不足のため、先生方からご指導いただいたことを表すことが十分できておらず、自分の力のなさを痛感しております。先生方からご指導いただいた一つ一つのご指導を咀嚼し、今後の研究に生かしていくことで、自らの研鑽と理科教育学研究の発展に努めてまいります。

私が理科教育学の研究に進んだのは、修士課程でご指導くださいました横浜国立大学名誉教授の森本信也先生と出会ったからです。森本先生には構成主義的な理科学習・教授論について一からご教授いただきました。そこでは、博士課程での研究の礎となる教育観と、理論に支えられた授業やそれを実践するための研究の大切さを学びました。改めて深謝申し上げます。さらに、研究室を通じて、和田先生をはじめ多くの先輩方に会わせていただきました。

昭和女子大学の小川哲男氏、早稲田大学の佐藤寛之氏、国士舘大学の小野瀬倫也氏、福岡教育大学の甲斐初美氏、慶應義塾幼稚舎の齋藤裕一郎氏、関東学院大学の黒田篤志氏、東洋大学の鈴木一成氏、北海道教育大学の渡辺理文氏、動物教材研究所 pocket の松本朱美氏、三浦市教育委員会の長沼武志氏、立命館大学の野原博人氏には、学会や研究会の際、博士課程で研究に携わることの価値と喜び、さらには、研究と向き合う厳しさを教えていただきました。先輩方の博士論文を読ませていただき、理科教育学について学ばせていただくとともに、博士論文の執筆の道標とさせていただきました。ここに感謝申し上げます。

小野瀬倫也氏には、学会等で、研究と実践を結びつける視点でご質問をいただきました。研究を価値づけ今後の実践に生かしていく方向性を示唆していただきました。渡辺理文氏には、理論と実践をつなぐことの意義について多くのご示唆をいただきました。長沼武志氏には、実践をしながら研究に向かう姿勢から、多くのことを学ばせていただきました。野原博人氏は、研究と同時に博士論文執筆に際しても多くの支えをいただきました。特に、ご多用の中、論文

の構成を快く引き受けてくださいました。心より感謝しております。このように、先輩方から、常に温かいお心遣いと多大なご支援をいただき、博士論文を執筆することができました。改めて感謝申し上げます。

また、横浜国立大学理科教育学研究室の皆様には、大変お世話になりました。皆様と、研究室やオンラインで議論させていただいたことは、理科教育についての管見を広げ深める多くの機会となりました。特に、コロナ禍で大変な時期には、オンラインで繋がり議論させていただいたことは、私にとって本当に大きな支えとなりました。ここに感謝申し上げます。

横浜市立能見台小学校の教職員の皆様には、博士論文の執筆に当たり、多大なご協力をいただきました。授業実践等を通じて、子どもの姿で語り合った皆様との日々が、博士論文執筆の支えとなりました。皆様に、励ましと期待のお言葉、ご支援をいただきましたこと、深く感謝申し上げます。

新しい生活様式が浸透し、今後、公立小中学校においても一人一台の端末を利用した新たなフェーズが展開されていきます。このように、未だかつてない速さで社会が変革していきます。このような社会では、一人ひとりが他者と協働して知識を発展し、新たな価値を作り、未来を創造する力が不可欠です。博士課程の三年間で多くの方々に支えられながら形成できた研究の核を、今後さらに発展させ、こうした課題の解決にささやかながらも貢献できたら、この上ない幸せであります。

最後に、私事ではありますが、博士課程への進学を応援し、いつも支えてくれた、家族に改めて感謝します。

2021年3月

東京学芸大学大学院 連合学校教育学研究科
学校教育学専攻 自然系教育講座
(配置大学：横浜国立大学)

後藤 大二郎