

科学的認識とは何か？

ー科学教育における問題ー

結城 敏也*・結城千代子**

<はじめに>

私たちは世界を認識する。私たちは肉体の感覚器官を通して刺激を受け取り、言葉を媒体として世界認識を遂行する。私たちの認識は無記のものではない。私たちが言語を媒介として受容した特定の歴史社会において前提とされる「暗黙知」に従って、世界の認識を遂行する。よく語られる例としては虹の色の例がある。私たちは虹という現象を見る。文化的にプリセットされた暗黙知に従って、虹の色を6色であるとか、7色であるとか認識する。

私たちの世界認識は、私たちが生育に従って、意識的あるいは無意識的に「教育」された世界認識の枠組みに沿って遂行されることになる。

多くの場合には、私たちは所与の世界認識の枠組みに沿って世界を認識する。キリスト教徒の子弟であれば、「父なる神」の存在を、「仏教徒」の子弟であれば「仏」の存在を、「神道」を報ずるものの子弟であれば「神」の存在を信じる。現代の商業化した社会の子どもであれば「サンタさん」の存在を信じる。私たちは歴史社会が提示する世界の枠組みを受け入れる、それに基づいて世界を認識する。

かといって、その世界認識の枠組みはすべての人にとって共通するものでもない。人間は特定の歴史的社会状況の中に住む。その社会状況にとって暗黙のうちに「正しいもの」として受け入れられている枠組みを受容する。しかしその受容の仕方は均質とは言えない。どのような歴史的社会であっても、それなりの広さがあり、世界認識の枠組みはその歴史的社会の中で共有されるとはいえ、社会階層、時代、地域などによってある程度のブレが生じている。それゆえに、基本的な世界認識の枠組みには共通性があるとは言えるものの、その枠組みは認識者が所属する社会内のグループにより、あるいは個々人によって差異が生じてくるのは当然のものとなる。むしろ、「共通する」世界認識の枠組みの方こそが、特定の社会グループにおける「個々の」世界認識の枠組みの平均的な共通項であると言えることができる。

よって、私たちの経験を通した世界認識と、所与の世界認識との間にずれを感じることは当然のことだ。そのような場合には、そのずれを「勘違い」「妄想」として「ないもの」として処理することが多い。しかしながらそのずれによる違和感に基づき、所与の世界認

*茨城キリスト教大学兼任講師

**上智大学非常勤講師

識の枠組み自体の有効性に疑念を抱き、より適切な世界認識の枠組みを構成しようと試みることがある。「学問的」と呼ばれるような認識の枠組みは後者を前提として発生する。

しかし、世界認識の枠組みの修正は容易になされるものではない。

先程の虹の色彩のような場合には、驚きの感覚から、世界認識の枠組みが単一ではないことに気づく可能性は高い。観測される「ずれ」が所与の世界認識の枠組みにとっては周知的なものであり、その修正が世界認識の枠組みの大幅な修正を必要としない場合には、このような修正、あるいは世界認識の枠組み自体に「ぶれ」があることは割と容易に認知される。しかしそのような「ずれ」が世界認識の枠組みの中核に近い場合には、そのような「ずれ」は「勘違い」「妄想」として「ないもの」として扱われ、世界認識の枠組み自体に対する修正の必要性が認識すらされない。

自然科学とは仮説論証体系に基づく世界認識の枠組みの構成かつ修正のシステムであるということができる。科学理論の変遷というと、天動説から地動説への移行、ニュートン力学から相対性理論への移行、量子力学の発展などが一例で、科学史はこのような世界認識に関連する科学理論の移行であり、自然科学における絶えることのない仮説論証のプロセスである。このような移行は短時間で行われるものではなく、人間の生命にとって数世代を必要とする移行のプロセスでもある。既存の科学理論による現象の予測が、実際の観測と異なるというズレを観測者が認識し、そのずれが確実である証拠を集積し、その証拠に基づいて世界をより精緻に説明することができる仮説を構築する。そして新しい仮説が古い仮説より有効性が高いことが実証され、大多数の「科学者」によって承認された場合に、新しい仮説は科学理論として認証されていくことになる。

しかしながら、私たちの日常的な世界認識について語るのであれば、日常的な世界認識においてこのような仮説論証のプロセスは実行されない。このような仮説論証のプロセスが遂行されるのは、「研究者」が意識的に世界認識の枠組みに対して違和感を覚え、仮説論証のプロセスを実行する場合のみである。

通常においては「科学者」であろうとも既存の「科学理論」を正しいものとして扱い、それに基づいて世界の認識を遂行する。

さて、よく「科学」と「宗教」は違うということが言われる。一般的には、科学は経験を経由して獲得されたデータを元に、論理に基づいて世界を説明する「理論」を構築するとされる。

＜自然科学と宗教＞

「科学」に対して「宗教」は非合理的、感情的な古い世界理解のシステムであるという批判が、啓蒙主義の時代以降になると発生してくる。「宗教」とは非合理的な「迷信」であるという考え方である。これは、「自然科学」が本質的に形而下を対象とする学のジャンルであり、対象とするのが経験によって認識可能なものであるのに対して、「宗教」や「形而上学」が対象とするものが経験を媒介としては認識不可能なジャンルであることも一因であるだろう。外的自然を対象として操作するのであれば「科学」の有効性は高い。しかしながら人間の内的な意味に関する問いとなると「科学」よりも「宗教」の方が有効性が高いと言えるだろう。

私たちは存在する。自然科学はどのようなプロセスを通して人間という存在が発生したのか説明してくれる。考古学や社会科学などはどのようにして私たちの文明が発生し、発達していったかを説明してくれる。しかしながら私たちは所与の学説を「正しいもの」として理解し、私たちの存在の理由を知り安心する。しかしながら、ここで私たちは「所与」の「学説」を真実として受容しているだけだということに注意しなければならない。私たちは「科学的」な学説は経験に基づいて「真実」に近いと理解する。しかしながらこの学説は「所与」のものであり、私たちが「学問」が提示する「学説」が「真実に近い」と「信じている」からこそ「真理」として理解されていることに注意しなければならない。

私たちは「教育」というプロセスを通して、仮説論証体系としての「自然科学」や「社会科学」に対する高い信頼を保持している。もちろん十分な教育を受けた者であれば、「学説」が新しい証拠の発見によって改定されることや、学問的には否定されている俗説がマスメディアなどを經由して流通していることなども理解はしている。インターネットの発達によって近年重要性を増しているIT教育においても、さまざまな媒体を通して発信されている「本当らしい情報」は必ずしも正確なものではなく、勘違い、誤謬、意図的な捏造などが含まれ、情報の正確性は各人が精査しなければならないことが強調されている。

しかしながら、私たちが存在する「意味」について私たちは経験を通して認識することはできない。「意味」は所与のものとして私たちに与えられ、私たちはその「意味」を受け入れ私たちの存在の「意味」として保持し、その「意味」に基づいて行動する。

私たちに対して意味を与える理念系を「宗教」とか「哲学」とか「イデオロギー」と私たちは呼ぶ。

「世界」とは何か。「世界」はなぜ「存在」するのか。「世界」には「始まり」があるのか、「終わり」があるのか、「永遠」に存在するのか？

かつて「世界」についての問いは経験に基づいて答えることのできない問いであり、「宗教」や「哲学」の対象であった。しかしながら、自然科学の発達とともに「宇宙論」は経験に基づいて検証可能なジャンルへと移行する。しかしながら「世界」についての問いは長いこと「宗教」が占有するジャンルでもあった。宗教が提示する「世界」についての認識の枠組みこそが「正しいもの」であり、自然科学が提示する「世界」についての認識の枠組みは「誤謬」であると理解する人たちも多数存在している。

啓蒙主義以降、医学（精神医学も含む）の発達、コンピュータの発達、IT技術やAIの発達によって、「思考」や「意識」についても仮説自然科学ベースで構築することができるようになってきた。その嚆矢となるのはルネ・デカルトによってcogito ergo sumとして定式化された、オートマトンの仮説だろう。（自動機械が人間と同じような行動をとることができるようになったとしたら、自動機械と人間を区別するものは「自己意識」となる。）あるいは20世紀のアラン・チューリングによるチューリングテストの概念がAIという定義を形成する。

「私」はなぜ存在するのか。「私」が存在する意味とは何か。「私」は生きている、ではこの「私」は生まれる以前にも存在していたのか。この「私」は死んだ後も「ある」のか。

この身体を持つ存在としての「私」の肉体は滅ぶことは確実だろう、だがこの肉体が滅んだ後「私」は「私」として残るのか。「私」を「私」として理解する何者か「魂」「精神」

はあるのか。あるとするならどのようにしてその「魂」は発生したのか。

もちろん「人」の「意味」や「根拠」に対する問いは、証明することができないでいる問いでもある。「宗教」は「神による創造」という神話でもって「世界」と「人」の根拠を提示する。「自然科学」は「宇宙論」という形で、「世界」の成り立ちをある程度開示することができるようになったが、「世界」の「意味」を仮説論証のプロセスでもってしても説明することはできない。「人」があることの「根拠」について、「宗教」は超越的存在による創造という「意味」を与える。自然科学はAI論を通して、知性の普遍性を証明しようとする。

20世紀のアメリカの科学者・作家であるアイザック・アジモフは“I Robot”から始まるSF作品群の中で、自己意識を持ち、自己判断に基づいて行動する知性体は「ヒト」であり、どのような物質ベースで存在しているかは問題がないと示唆していく。そしてSF小説ジャンルなどからこのような「人」の理解も広まっているということができよう。しかしこのような「ヒト」の理解は、「人」を「神が創造した存在」と理解し、それ以外の「ヒト」のあり方を否定する一部の宗教的世界理解の枠組みとは相反するものとなる。このような場合は比較的新しい「自然科学」をベースとして世界理解の枠組みと、かつて世界理解の枠組みとしての専有権を長いこと維持してきた「宗教」をベースとした世界理解の枠組みとの間には対立が発生する。

現実問題として、このように「自然科学」をベースとした世界理解の枠組みと、「宗教」をベースとした世界認識の枠組みとの間にはさまざまな分野において対立が発生する。

「科学教育」というスタンスに立つ場合、このような「宗教」に基づく世界理解の枠組みは「迷信」「錯誤」「誤謬」として把握され、一方的に否定されることが多い。

逆に宗教原理主義者からは、「科学」は人間が自己の知性を過大評価する傲慢さに由来する誤謬として批判される。

「自然科学」に基づく世界理解の枠組みの起源は比較的新しい。また科学理論自体も仮説実証体系という自然科学の特徴に基づいて急速にアップデートされている。これに対して「宗教」の発生は古い。ユダヤ教系宗教における父性原理の優越性と女性蔑視など、宗教発生当時の時代的社会的状況に基づいた世界認識の枠組みをほぼそのまま継承していると推測される。もちろん自然科学の発達と自然科学的世界認識の枠組みが普及していくに伴いある程度のアップデートがなされている部分もある。しかしながら、自然科学側からすると十分なものとは言い難い。

その原因の一つに、「宗教」が人格を持った超越的存在としての神はその意思に基づいてこの世界の運行に関与しているという「目的論的自然観」をベースとしていること、これに対して近代以降の「自然科学」は「非人格的な自然法則の支配」を前提とし「神と呼ばれる超越的存在の意志がこの世界の運行に関与すること」を否定する機械論的自然観を根拠としていることがある。

しかし私たちが実際に世界を認識する場合に、私たちは所与の世界認識の枠組みに依存して世界を認識する。その枠組みが「目的論的自然観」に基づくものか「機械論的自然観」

に基づくものかを意識しながら認識するのではない。

先ほども述べたように「自然科学」の側からすると「宗教」は「迷信」として処理される場合がある。もちろん「自然科学」というベースに立って、現時点での自然科学による世界認識の「学説」に基づいて「宗教」の「神話」を分析するのであれば、「宗教」は「古い」「迷信」「非合理的」「分類や表現の未熟」と評価せざるを得ないのは当然である。

しかし「宗教」は発生時点において、あるいは過去のどのような時点においても「迷信」「非合理的」であったとは言えない。

人間は世界を理解しようとする。自らの経験に基づき、理性を駆使して、世界を理解するための、世界をより「合理的」に説明するための理論を構成しようとする。しかし合理的とは、その人間が持っている知識、経験、論理的考察に基づいて、その説明が納得できるものであるという以上のものではあり得ない。

人間は自然の中で生きる。さまざまな気象条件が人間の生に影響を与える。旱魃、長雨、台風、蝗害こういった現象は農業生産性に悪影響を与える。初期の人類にとって、自然現象は解決しようもない災害として現れる。人間が克服できない、人を超えた力が人を抑えつける。なぜこのようなことが起こるのか、どうすれば人は助かるのか。人は自己が置かれた状況を理解しようとする。自らの経験と知識に基づいて、自己の現状を説明するための仮説を、そして今陥っている悲惨な状況からの解放を求める仮説を打ち立てる。このような仮説形成が「宗教」の萌芽には含まれるだろう。あるいはこのような仮説に基づいて、人を超えたものに祈願を行う、そしてその祈願が聞き届けられるとの納得が得られた場合には、その仮説は真実となる。「宗教」もまた仮説論証体系として発生しているといえよう。「自然科学」においては「客観的データに基づく証明」が必要である。しかし「宗教」において求められるのは「主観的な納得」である。宗教における「ただ信仰のみ」という言葉は、この状況を、すなわち「ヒト」とよびの最終的な「意味」は経験を媒介とした論理的思考によって「証明」することができないことを象徴的に表している。

現代の「自然科学」研究における仮説論証のサイクルは年単位であると推測される。しかしながら「宗教」における仮説論証のサイクルは十年単位から100年単位で移行すると考えられる。「宗教」における仮説論証のサイクルは古代インドのヴェーダの宗教から「仏教」やジャイナ教のような新しい宗教の発生として、ユダヤ教からキリスト教の発生として現れる。あるいはキリスト教修道会において度々現れた「修道院改革運動」、もしくは宗教における異端の発生あるいは「宗教改革」として現れる。既存宗教は複数の宗派へと分裂し、あるいは新しい宗教が分離する。このような宗教の変遷は、その宗教が持つ既存の世界認識の枠組みが齟齬を明らかにし、世界認識の枠組みとして不十分であるという意識が発生し、既存の枠組みの改定あるいは組み換えが行われることによって発生する。

このような状況を考えると、「自然科学」による世界認識の枠組みも、「宗教」による世界認識の枠組みも、その枠組みの適切性をめぐっての仮説形成から論証というプロセスに基づいているという意味では、基本的な形態は同一であると言える。

一般人は、所与の世界認識の枠組みを受動的に受け入れ、それに基づいて世界を認識する。「自然科学」による世界認識においても所与の世界認識の枠組みの妥当性について考察を行うのは「科学者」「研究者」としての立地点を堅持するものだけに過ぎない。その

ような「科学者」「研究者」であっても自己の専門分野以外では一般人にすぎず、所与の世界認識の枠組みを受容するだけになる。

「宗教」においても同じように通常の人には宗教が与る既存の世界認識の枠組みをそのまま受容する。既存の世界認識の枠組みに対して異議申し立てをするのは、一部の「神学者」「思想家」「哲学者」にすぎない。(例えばフリードリッヒ・ニーチェは、「ニヒリズム」として既存の意味体系を無条件に受け入れることを否定し、所与のものとして与えられる「意味」には根拠がないことを主張する。「意味」を「意味」たらしめるのは、各個人の意思の力以外ではないと。デンマークのキリスト教哲学者ゼーレン・キェルケゴールは「信仰」を強調する。「信仰」だけが「意味」を基礎付けることができると。この二人の哲学者は、同じ問題に対して異なった視野から相似的な回答を提出しているといえよう。)

さてここで「自然科学」という世界認識の枠組みについて再考しよう。

研究のプロセスとしての「自然科学」は仮説論証体系として機能する。しかしながら科学理論を学習し、その理論を所与のものとして世界を認識する場合には、仮説論証のプロセスは機能していない。私たちは「学説」を正しいものと理解し、その「学説」に基づいて世界を認識する。

＜現場教育と「世界認識の枠組み」＞

以上のような論考は、理念としてはともかく、一見、その具体的な思考過程が教育現場で生じる学習上の問題に直接関係があるようには見えない。しかし「世界認識の枠組み」は、前述したように、私たちが実際に世界を認識する場合に、その枠組みが「目的論的自然観」に基づくものか「機械論的自然観」に基づくものかを意識しながら認識するのではないことに問題をはらむことになる。というのも、私たちが「教育」というプロセスを通して、仮説論証体系としての「自然科学」や「社会科学」に対する高い信頼を保持している以上、つまり、科学による「世界認識の枠組み」が「教育」に依存する以上、教育が十分でない過程では、枠組みは十分に完成されず、前者と後者の枠組みがまだらに点在する世界認識となりうる。学習過程の子どもの持つ枠組みは混沌であるという方が自然であろう。場合によってはそれが大人にまで持ち越され、たやすく似非科学や陰謀論と手を結ぶ。

また、これも前述したように、世界認識に関連する科学理論の移行は、仮説論証のプロセスでありながら、私たちの日常的な世界認識においてはいちいちこのプロセスは実行されない。「科学者」であろうとも既存の「科学理論」を正しいものとして扱い、それに基づいて世界の認識を遂行する。教員も同様であり、彼らの中ではすでに科学による「世界認識の枠組み」が完成されており、これが学校教育の前提となる。

この二点を踏まえて学校教育について考えてみたい。

教育において、子どもたちは日常に立脚した経験を糧として、自分が所属する社会が共有する世界観を培う。

現在、学校では社会構成状重要な言語や数量、図形を扱う時間の他に、政治、経済などの面、自然環境を現象として理解して、技術を生み出す前提とする科学的な面、一方で道徳、倫理、宗教や芸術といった科目も用意されている。

生活の中で科学は、かつての宗教同様、日常の行為のすべてを形作る。これは極めて素朴な意味で言っている。いまだ賽銭箱を見たらお賽銭を入れて手を合わせるのが当然である日本人が多いように、自然にスマホの表示で充電コードに繋ぎ、道路に出る時には右左を確認し、暗ければ電気のスイッチを探す。前者は宗教に由来し、後者は科学技術に因する行為だが、区別もなくその混沌に日常は構築される。これらは生活そのものであり、日常の習慣的な行為となり、それらの経験に立脚して構築されていく世界の枠組みをわざわざ意識して用意されているものではない。

つまり、学校教育を考えた時に子どもたちはそこから、求められる世界の枠組みを整理し構築していかなければならない。それが教育であるわけだが、前述の「自然科学と宗教」で述べてきたような「枠組みが構築されていくプロセス」という認識を、教える側が十分理解していない場合が少なくない。なんとすれば、教える側であっても「自己の専門分野以外では一般人にすぎず、所与の世界認識の枠組みを受容するだけ」であるのが当たり前となっているため、受容しているものの姿を意識せず、どうやって受容したかを認識していない。「世界認識の枠組み」という、文字にするとなるほど当たり前だと思える認識を、教える側は自分で問題意識を持って整理し受け止め、自分のものとして、自身の教育に反映できる必要がある。

徒然なるままに、二つほど現場教育に関係する話を書こうと思う。それぞれは一見無関係の話題に見えるかもしれない。だが、その底に共通するものとして、「世界認識の枠組み」に関して教育者が心しておく方が良いと考える視点を含んでいる。

まずその一である。理科の教員を目指す理系の学生に対して、教育法の授業の中で「概念の解体」を試みさせている。理系の学生は教える段になって、自分の生徒に対して使う用語、いや言葉そのものが、生徒たちと大きく乖離していることを知る。理系の学生はすでに科学理論による世界認識の枠組みの中で生きている。それは、科学を科学たらしめていると言われる、仮説検証により現象を解釈して世界観として構築する作法を身につけているという意味だけではない。学生が世界を語る言語の概念までが、科学理論に基づいている点である。

例えば、「運動」という用語について考えてみよう。教員が理科の授業で「運動する」という表現をするとき、それは学習しようとしている生徒にとっての「運動する」とは9割がたずれている。

中学や高校の理科における「運動」とは、ニュートン力学の範疇であり、 $F=ma$ というシンプルな式がよくキャッチコピーのように登場するが、つまりは質量のある物体に加わる力と、その結果生じる加速度との関係を中心に展開される。ここでいう質量のある物体とは、文字通り全ての質量体であり、ボールも人間も、車も砂つぶも、天体から原子レベルでさえずべからく、質量が何kgであるかで区別される。同じ大きさの力が作用しても、質量の違いで生じる加速度が変わる。この力とは外力であったり、重力であったりするが、人の指が加えようが、パワーシャベルが加えようが、風のそよぎが押そうが、彗星がぶつかるうが、すべからく、Nという単位で大小を表現され、働く向きで区別される存在である。つまり、「床に静止する1 kgの物体に、床に水平に0.1Nの右向きの力を加えると、その物

体に生じる加速度はどのようなものか。床の摩擦は無視する。」などといった練習問題と、「道路に停まっている100kgの車を、レッカー車で水平に10Nの右向きの力で引いたら、その車にはどれだけの加速度が生じるか。道路の摩擦は無視する。」といった身近な例を題材とした問いかけは同一の手法で計算でき、答えは同じである。車をロケットに変えても、電子核に変えても、似たような問題を作ることができる。一方で、理科の授業を受ける生徒にとって、「運動」とは多くの場合スポーツと同義であり、もう少し広義に取る場合でも「生き物が動く」ことを意味するだろう。いうまでもないがこの間のギャップを乗り越えることは容易くない。特に、授業において教科書本文の読解や、短い説明での用語の定義だけで可能となると考えることは危険である。極端な言い方をすれば、ベン図で10%程度の重なりしかない二つの概念に対して、別々の人がそれぞれ同じ言葉で呼んで、大きくずれた概念に気付かぬままに、共通の言葉として会話をするということになりかねない。その結果、例えばサンドイッチを買ってきてくれと頼むと、マヨネーズの瓶が届くかもしれない齟齬が生じる。授業を始める前に、「運動」という言葉が内包する概念が全く違うという認識が、教員の側には絶対に必要である。

このような理科学用語と日常言語のずれについて、理系の学生はそれほど深刻に捉えていない。自分たちで気付かぬうちにそのギャップを乗り越え、今の概念を獲得しているのだ。稀に自分で躓いたことのある学生が共感する。だが、様々な興味と経験、とりどりの理解程度の中高生を教える立場になる者としては、看過するべきではないので、問題の深刻さをとらえてもらうためにも、一度、自分達の持つ何か一つの言葉に対して「概念を解体」させている。例えば、温度、光、力、あるいは理科の学生がとっつきやすいところでは原子やイオンなどでも良い。

「概念の解体」という作業で何を学生に求めているかを、温度について少しだけ説明してみよう。教員を目指す学生であれば、「温度」という概念をどのように獲得してきたかと問うてみると、「小学校で温度計の読み方を習った」とか「百葉箱で測る気温についての決まりごと」や、「水の三態の温度をはかる実験」など、主に、小学校で行う温度計を使った様々な「測定」がその土台であるような回答が返ってくる。しかし、考えてみてほしい。25℃という数字と単位は何を表しているのだろうか。ここで学生は分子運動などの熱力学的な説明を始めがちだが、求めているのはそこではない。子供の頃、そんなものを理解しているはずもなく、ただ、いつの間にか、25℃という数字と単位がなにがしかを表すことが自然になってきた。この「なにがしか」は人が五感で捉えるものであり、生まれた時からの長い経験の元、いつの間にか蓄積され体系化されてきた、「温度」という概念である。幼い頃は熱い食べ物に気をつけてフーフーし、熱を帯びた調理器具を危ないと理解し、実際触れてしまうと「熱い」と「痛い」が同居する。一方で冷たいものも同様に様々な場面で出会うが、それらが「温度」としてまとまるためには、程度の差の認識や、冷から高温への双方向の変化の体験、体温や気温、調理に風呂といった日常の多くのものを温度計で測る大人の観察など、実に様々な経験の蓄積が必要であらう。そんな前提があって、初めて、小学校での理科にたどり着くことができる。そして、少なからぬ中高生が、このような混沌と小学校理科の体験を、「温度」という概念に体系立てて統一できていないと考えておくほうが良い。理系の学生なら当然となっている、周囲全ての物体に対して当てはめ

ることのできる分子運動の状態の指針である「温度」は、ケースバイケースの側面を持つ場面や、物体の状態に付随した特徴であり、下手をすれば温度を表す数字は、昨今のデジタル表示が助長するように、棒温度計がイメージさせてくれていたリニアな存在ですらない。もっと個別で、折々に変化という連続性のない存在と捉えられている可能性が高い。

「概念を解体してみよう」という課題で、用語の持つ概念が多くの生徒の中で普遍化されていないことを再認識して、普遍化への道を経験から推定することを授業では求めているのである。前述のような例示後に、何か一つの用語について現在の定義を記述した後、そこに至るまでに蓄積されたであろう体験や、基礎となる遊びや学習などを自由に書いてもらう。短い時間に、その場の思いつきで記述させるので、精選された内容を求めているわけではない。「概念を解体する」ことで、その用語の現在の自分の定義がどれだけ生徒にとって特殊であり、抽象化、普遍化されているものであるかを自覚してもらうことが目的である。しかし、少なからぬ学生にはこの行為は理解されない。

「光」について「昼間は明るい、夜は暗い、電気を付けると明るい、目を開くと明るい、閉じると暗い、太陽の光は眩しい・・・」などのように、五感や素朴な感覚から光に関連する記述を始める学生は、こちらの意図を大なり小なり理解していると言えよう。そのような学生がいる一方で、「イオン」という語を選び、「電気を帯びた粒、電子が余分にある・・・」などと、中学理科のイオンの学習から説明を始める学生がいる。理科の学習とすれば正しい始まりであるかもしれないが、概念の解体が目的であれば、この学習に向き合った時代の自分の内側に、ここで学ぼうとする「イオン」というものに関してどのような日常体験があったか、この言葉を聞いて何を想起したかなどを思い出していく必要がある。イオンは理科の用語であると同時に、昨今のコモディティズムなどで生活の中に当然のように市民権を持つ言葉になっている。イオン飲料やマイナスイオン、体にいいなどといった、何とも曖昧な像が既に子どもの中にはあり、理科における「イオン」の概念はそういった混沌も前提として統合され形作られる。それを考えてみるというのが概念の解体であるが、それを求められていることにたどり着けない学生が少なからずいるのである。多くの学生は学習においては常に新しいものが上に積み重なり、それこそが成績に直結し重要と感じて成長してくる。子ども時代の素朴な体験にも重要な面があり、そこに価値をみて、改めて遡ることを求められるという経験がない。

一言付け加えるなら、これは一人の体験においても、科学史においても同様であろう。現代科学の世界の枠組みの中で、かつての素朴な迷信を振り返る価値はないと考えるのではない。これについては次に論じたい。

さて、森にしか見えない絵に実は人の顔が描いてあるようなトリックアートは、一旦隠れている絵が見えるようになってしまうと、森だけしか見えない絵を思い描きにくくなる。どうしても人の顔が見えてしまう。いや、人の顔の絵にしか見えなくなる。「概念を解体する」とはなんなのかをつかめない学生の様子は、ちょうどそんな例えを持ち出せば良いのかもしれない。あるいは、こんな例えでも良いかもしれない。中村富士美が『「お帰りなさい」と言える、その日まで—山岳遭難捜索の現場から』（新潮社）で書いているが、登山において正しい登山道は慣れた登山者には自明であっても、初心者には全く自明ではなく、むしろ選択肢から外す進路で、その結果、玄人なら明らかに進まない登山道からそ

れた方向に迷い込んでしまい、それが遭難につながることもある事例を書いている。山のプロは『一般的な登山者だったら迷うかもしれない場所を見ても、「ここは迷わないだろう」とプロならではの判断をしてしまい、ヒントを見落とすこともあり得る』（引用）とあり、これは学習における理科教員と生徒の姿を表しているかのようでもある。

今日の学校教育は、完成品を求められるあまり素材に意識を配ることを忘れていく。制作工程の上に則って、完成させていく上では、素材や部品にオチがなければ問題ないだろうが、現実には教育の素材に当たる経験は千差万別で、確実に必要要素がすべて用意されているとして製品を組み立てていくわけにはいかないことは言うまでもないだろう。教員を目指す学生も重々それはわかっているが、大学で研究中の彼らが想定する完成品はかなり高度な法則だったり、高次の概念だったりする。もっとはるかに基礎的な用語は、すでに素材の位置にあり、それがなにがしかの経験という素材の先の完成品であるとは捉えていない。ある意味、これは哲学の領域に踏み込んでいる問題とも言え、ノウハウを効率よく教えることが教育であると考える場合には顧みられることがない。

次は恩師が語っていた一つの講義に関してである。それは教養物理の導入で文系の学生に行っていたもので、「雷様と科学」と題していたが、迷信と科学の境界を考えることで、まさに科学における「世界の枠組み」を捉えることを目的としていた。落雷現象を、空に「雷様」がいるとして説明するのは、今は子どものための昔話の中くらいであるが、それを何故科学的でない一笑に付すのか、その説明で何が問題なのかを問うたのである。「雷は積乱雲で生じる放電だ。」「衛星で上空を観測すれば雷様などいなかったとわかった。」という知識で終わらせようとする学生が多い中で、この問の持つ本質的な問題を捉えさせるのは大変困難だったと語っておられた。このような学生の知識とは「所与の世界認識の枠組みを受容しただけ」の知識である。

この授業は受容しているものの姿を意識し、どうやって受容したかを認識する過程、「世界認識の枠組み」を、問題意識を持って整理し受け止め、自分のものとする上で必要な過程を体験させるために用意されている。「雷様のお話」と実際の「落雷現象」の定義や条件付を明確化していく議論を通して、学生は「雷様」による世界認識の枠組みも、その適応範囲においては、適切性をめぐっての仮説形成から論証というプロセスに基づいており、合理的である事に気づいていく。

つまり、「雷様」を「宗教」といいかえれば、前述したように発生時点においてあるいは過去のどのような時点においても「迷信」「非合理的」であったとは言えない。人間は自らの経験に基づき、理性を駆使して、世界をより「合理的」に説明するための理論を構成するが、この合理的とは、『その人間』が持っている『知識』、『経験』、論理的考察に基づいて、『その説明』が納得できるものであるという以上のものではあり得ないという視点を学生に持たせたいわけである。そして、その上で、「雷様」がどこまでが合理的な存在であるかの枠組みを意識し、どのような過程を経て現代科学の世界認識の枠組みへ移行したのかを自分なりに思考してみると呼びかけている。

このような姿勢、二つの世界認識の枠組みの差異と共通項を精査し、擦り合わせるために論理思考の過程を考察するアプローチは、過渡期の柔軟な学徒や科学者には、自分の中

の世界観のすり合わせのためにも、他者への説得のためにも、当然のあり方であったように思う。様々な角度から行われたこのような試みに中で、極めて直截的で誰でもがわかりやすい一例をあげてみよう。天気予報の先駆けとして知られる気象学者藤原咲平が、当時信頼性の薄かった天気予報を一般に定着させようと奮闘していた時期に残した「雲を掴む話」(岩波書店／昭和8年)から引用する。『古い中国の本に、星のきらめきがとくにさかんで、平常はあまりまたたきもしない三つ星まで、動いて見えるようなのは、翌日、風の出るしるしであるとあります。ところで、中央气象台では、大正7年から約2年間、測候係の人たちが、毎夜、この星のまたたきを注意して記帳し、その結果を上田登米三郎氏が統計を取ってみましたところ、またたきのさかんな場合に、翌日の風が強くなったのが72%、強くならなかったのは28%でありました。＜中略＞古人の知識にはかえすがえす敬服すべきものがあります。しかしながら、これによって、ただ古のみ賛美するわけにはまいりません。すなわち、科学的方法によらなければ、ただ風のしるしと言っただけでは、どのくらいの程度の風のしるしかわかりません。統計を取り、その数を見出し、かつ、これを専門雑誌にかかげて、長く後世に役立つようにする。(一度調べても、隠しておいたのでは、他の人が再三同じことをやりなおさなければいけません。それはたいへん不経済です。)このようにして、学問がしだいの精密になります。このような点に、科学的方法の優越があります。』藤原はカエルの鳴き声で雨がふることについても測候所で4年間の統計をとっており、確かに雨兆にはなり60%は的中するが、当時の予報の成績よりはるかに劣ったものであると結論づけている。東大の恩師であった寺田寅彦先生から学んだ一事に「目をしっかり開けて自然を観測、なぜそうなっているのか考える」は有名であるが、それを体現し公開することで、一般の人々への啓発を行っている点が時代を反映していて興味深い。科学教育において「世界認識の枠組み」を考える際に、科学史を通した先人の啓発活動も一つのアプローチの方法として触れる価値があり、教育学の学生に自身が受容している枠組みを俯瞰するきっかけになるかもしれない。

カエルの鳴き声で雨の予測をすると、迷信と笑い飛ばす教育者であってはならない。思いつくような発言をする子どもは、ときに信じられないほどの論理的な思考を経て得た答えを口に出していることもある。子どもの持つ世界認識の枠組みを安易に異端視しないために、教育する側は自分の世界認識の枠組みを俯瞰し、そこに至ったプロセスを大まかにでも認識できる必要がある。教えるのが個々の要素の解説で終わってはならない。光の速度を超えるものはない、絶対零度以下の温度はない、これらを個別に暗記し、あるいは問題の解法に利用する生徒は多いが、それらはあくまで枠組みであり、枠組みを統合して世界を見ることができるようしていくのが科学教育である。限りのある世界観の中でより深く自由な発想が出来るようになる事に気づける。何か制約がある方が、遠足のおやつ代とか、給料日前の献立とか、いろいろ工夫出来るが増えるのが人類である。自然科学において次々に見出されるこのような限界をすべて受け止めることが、世界の枠組みを精緻にし、世界を明瞭に描き出すのである。教育者は教科内容を通して世界の枠組みを教えていることを意識していなければならない。

ここでもう一度考えていただきたい。宗教は所与の「神話」あるいは「神学」に基づい

て世界を認識する。「自然科学」は所与の「学説」に基づいて世界を認識する。

一般的な世界認識のプロセスにあってこの2つにどのような違いがあるのだろうか。どちらも所与の「説明体系」「知識ベース」「暗黙知」を「真理」とし、それを世界認識の枠組みとする。我々が日常的に行う機械論的自然観の世界認識のプロセスにおいては、私たちは所与の知識ベースを「真理」とする「科学」を「信仰」しているに過ぎない。

＜終わりに＞

自然科学的な認識の枠組みは、「この世界は非人格的な法則に基づいて生起する」とするものであり、「理性的存在としてのヒトは自然法則に従ってこの世界を操作対象とすることができる」という認識の枠組みとの親和性が高いといえよう。これに対して宗教という認識の枠組みは、「この世界は超越者(カミ、神、世界創造主、など)の意思によって創造されたものであり、我々人間は超越的存在の恩恵によって生かされている」というものである。人は超越者に対する敬虔の念を忘れてはならないということになる。

ただユダヤ教をベースとする宗教においてはヘブライ語聖書の創世記の記述に基づいて、世界は神の恩寵であると同時に、神から人に委ねられたものとして操作対象としての性格を併せ持つことにもなる。

このような世界認識の枠組みにおいて異なる世界認識の枠組みとの共有可能性が原理的に存在する。もちろん他宗教の排除、一般社会における異端・カルトの排除という自体は生起するが、これは全く異なった世界認識の枠組み間での排除行為と言うよりは、基本的には同じ世界認識の枠組みの中での認識の違いを原因とする勢力争いとして捉えた方が妥当だろう。

世界認識の枠組みは個人によって占有されるものではなく、多数の存在者、あるいは複数の世界認識の枠組みを通して共約性をもたなければならない。あるいは世界認識の枠組み自体がホモ・サピエンスという生物学的基板上に形成される社会において共有されるものであるがために、完全な排他性を持つことはない。世界認識の枠組み自体が、「世界を認識する」というプロセスを媒介として、世界を認識するために構成される機能であるが故である。

ここで述べたような観点からすると、いわゆる「自然科学的な世界認識の枠組み」も「宗教という世界認識の枠組み」も現行の人間社会の中においては対立的な性格を持っているとはいえ、基本的に同一の世界認識の枠組みの中での偏差以外のものではあり得ない。

Problems in teaching scientific cognition.

Toshiya Yuki and Chiyoko Yuki

We cognize the world through our cognitive frame of references. Cognitive frames of references are product of our activities; cultivated through the human activities. Each frame of references is created and modified through human activities as whole in history, transferred to each individual through educational processes, modified to each individual's frame of references through experiences.

Our cognitive frame of references is not simple. We use several sets of frames of frame of references in our cognitive process. In our daily life, our cognitions are guided by the technological view of world and the mechanical view of world (or scientific view and religious view) at the same time. Most of us does not feel contradiction in such situations. Most of us accepts both frames of references at the same time.

Religious view is considered superstition from scientific view. Scientific view is considered blasphemy from religious view.

We, however, have to reconsider such simple understanding of cognitive frame of references.

Frames of references are historical product of human activities. Each frame of references is built up through human activities to recognize world, therefore have characteristics of theory to describe the world as accurately as possible within that the limitation of human recognition and knowledges at the point of historical society.

By the growth of human experiences and knowledge, the effectiveness of each frame of references changes. Or each frame of references transforms based on newly acquired experiences and knowledges.

As described, some consider "natural science" as blasphemy, some consider "religion" as superstition. These two sets of frames of references are considered to contradict each other.

Both, however, are based on human experiences. Each are valid based on human experiences.

In scientific education, we tried to build scientific frame of references in students as the everlasting process of verifying hypothesis.

Unfortunately, in actual theater of education, science or scientific hypothesis is taught as theory. We think that base of religious belief is on human desire to understand world.

Natural science is also derived from human desire to understand world. When we look around the human history, religious belief sometimes seems to degenerate to superstition. In our education, scientific theory is sometimes recognized as "absolute truth". Educators have to recognize this problem.