

ESDの観点からの中学校数学の再構築についての研究

竹村景生

(奈良教育大学 附属中学校)

西仲則博

(式下中学校組合立式下中学校)

吉岡陸美

(奈良教育大学 附属中学校)

重松敬一

(奈良教育大学 数学教育講座(数学科教育))

谷口義昭

(奈良教育大学 技術教育講座(技術科教育))

The Basic Study of Mathematical Education on ESD in Junior High School

Kageki TAKEMURA

(Nara University of Education Junior High School)

Norihiro NISHINAKA

(Shikige Junior High School)

Mutsumi YOSHIOKA

(Nara University of Education Junior High School)

Keiichi SHIGEMATSU

(Department of Mathematics Education, Nara University of Education)

Yoshiaki TANIGUCHI

(Department of Technology Education, Nara University of Education)

要旨：持続可能な開発をすることは、地球温暖化が進む中、世界的に喫緊の課題である。このような未来へ向けた取り組みに必要な力や考え方を人々が学び育むことが、ESDである。その持続可能な社会を築くための教育・学習活動では、多面的なものの方やコミュニケーション能力などの「育みたい力」、参加型学習や合意形成などの「学習手法」、そして共生や人間の尊厳といった「価値観」などを大事にしていくことが指摘されている。このような今日的な課題に対して、ESDと数学科の相補的な観点で研究を行った。今回は、数学科で行うESDの取り組みの基礎的な研究について論じ、新しい授業の枠組みと、そのフィールドとしての消費行動に着目した実践について提案する。

キーワード：統計教育 Stastical Education 持続可能な開発のための教育 ESD

1. はじめに

世界中の人々や将来の世代が安心・安全な暮らしができる社会をつくるため、社会的公正の実現や自然環境との共生を重視した新しい「社会」をつくることが求められている。IPCC IVでも指摘されているように、持続可能な開発をすることは、地球温暖化が進む中、世界的に喫緊の課題である。¹⁾ このような未来へ向けた取り組みに必要な力や考え方を人々が学び育むこと

が、ESD (Education for Sustainable Development 持続可能な開発のための教育) である。2002年度の国連総会において、日本の提唱により「国連持続可能な開発のための教育の10年」(Decade Education for Sustainable Development) の実施が採択され、2005年3月からESDの10年(DESDE)が開始されている。

日本政府は、「ESDの10年」関係省庁連絡会議を内閣に設置し、2006年3月30日に、国内実施計画を決定した。2011年6月3日に改訂が行われている。²⁾

学校では、各教科や総合的な学習の時間等を通じて「生きる力」を育むことをESDの観点から捉え直すことによってもESDの実践が可能となると実施計画では指摘されている。

文部科学省においても、日本ユネスコ委員会を中心に持続可能発展教育の名で普及に努めている。平成24年度から完全実施されている中学校の学習指導要領³⁾においても、「持続可能な社会」という文言が社会や理科において用いられ、ESDの考えに沿った教育が行われるようなる。

平成23年6月15日に「環境保全のための意欲の増進及び環境教育の推進に関する法律の一部を改正する法律」が公布され、平成24年10月1日に完全施行されている。この法律においても、持続可能な社会の構築のための環境保全活動及び環境教育の実施について定められている。⁴⁾

このように、施政レベルでも学校教育における、ESDへの取り組みが求められ、喫緊の課題である。

この課題に対して、中学校のカリキュラム的対応としては、総合的な学習の時間や特別な時間を設置して教育を行うインテグレーションアプローチと、教科の特性を活かして、ESDを取り入れるインフュージョンアプローチの2つが考えられている。⁵⁾ 本稿では、数学の教科の中で数学科の特性を活かして、ESDを取り入れるインフュージョンアプローチを研究の基本的視座とする。

現行指導要領より、知識・技能を活用することにより、観察・実験やレポート作成、論述などを行い、言葉や式、図、表、グラフ等を用いて考えたり、表現したり、説明したりする育成習得型の学習と探究型の学習の統合を求められている。しかし、このような活用を前提にした中学校数学の教材の開発や学習方法の研究は少ない。これは、元来、数学が持つその抽象的で論理的な学問体系から、教科書や教材で、社会的な問題などの具体的な事例を扱うことが少なかったことによるものであると考えている。

特に、中校数学で新設された「資料の活用」の領域では、『ヒストグラムや代表値を用いて全体の傾向をとらえたり、標本を取り出して調べることで母集団の傾向をとらえたりすることを指導する。』⁶⁾ と、資料の統計的な「傾向」を捉えることが求められている。さらに、資料の傾向を捉え、『それらを利用して日常生活や社会で起こる事象を取り上げて考えたり判断したりする活動』⁷⁾ も重視されている。

ESDという今日課題と、中学校数学に求められている授業モデルの構築という課題に対して、相補的な観点で研究を行った。今回は、数学科で行うESDへの取り組みの基礎的な研究について論じ、新しい授業の枠組みと、そのフィールドとしての消費行動に着目した実践について提案する。

2. ESDのインフュージョンアプローチ

日本ユネスコ委員会は、ESDの目標として、次の3点を挙げている。⁸⁾

- ・持続可能な発展のために求められる原則、価値観及び行動が、あらゆる教育や学びの場に取り込まれること。
- ・すべての人が質の高い教育の恩恵を享受すること。
- ・環境、経済、社会の面において持続可能な将来が実現できるような価値観と行動の変革をもたらすこと。

このように、ESDがあらゆる教育の場において取り込まれ、全ての人がそれを享受でき、持続可能な将来の実現に向けての価値観の変容と、その行動の変革が求められている。

また、永田は、ESDを学校全体で取り組むことを基本としながらも、教科としてESD科というようなものをつくる（インテグレーションアプローチ）のではなく、既存の教科の枠組みの中にESDを埋め込んでいく、インフュージョンアプローチを提案している。これは、教科以外に学校教育に求められている環境教育、国際理解教育、基礎教育、人権教育等の教育以外に更にESDを組み入れることは実践の場から見た場合、時間的にも難しく、教師の負担も大きいことから考え出されたものである。

特に、中学校では、カリキュラムが教科中心に組まれていること、教師の免許も教科によることを考えると、教科重視な面があることも事実である。

教科の目標の延長上にESDで問われている「問い」を置くことにより、教科の目標を深化させることができる。それとともに、どの教科でも行うことができる。教師が無理なく、ESDに取り組み、生徒が様々な教科の枠組みの中で、ESDに触れることになる。

それにより、生徒は、多角的な見方や手法、ESDの本質を学ぶ。

すなわち、学校教育全体の中で、生徒たちが、持続可能な将来について考え、採まれることができるのである。そのプロセスを経ることで、持続可能性についての価値観を身につけ、行動の変革をもたらせることができるのではないかと考えている。

3. 附中数学科としてのESDへの4つの数学観

奈良教育大学附属中学校（以降附中と略す）に於いては、2007年度以降、学校全体としてESDに取り組むホールスクールアプローチを取り入れている。その中で、数学科としては、インフュージョンアプローチを取り入れている。⁹⁾

奈良教育大学附属中学校の数学科（これ以降附中数学科と略す）では、数学の多面的な面があることを認めた上で、ESDに貢献できる数学観として、「批判的

思考の育成の場としての数学]、「学際的アプローチに必要とされる数学]、「伝統的な知恵としての数学]「不確実性を捉える数学」という、4つの数学観を考えて、これらを基盤として研究を進めてきた。

3. 1. 「批判的思考（クリティカル・シンキング）の育成の場としての数学」

1つめは、「批判的思考（クリティカル・シンキング）の育成の場としての数学」である。これは、ESDが対象とする課題についての統計資料や統計グラフは数多く発表されている。これらについて無批判に受け入れる（鵜呑みにする）のではなく、全て否定するのではなく、「それについてもっと深く知り、その数字の強みと弱点を評価する」¹⁰⁾ ようにクリティカル（批判的に）見ること、考えること、正しく判断することが重要であると考えている。統計資料が持つ信頼性や検証可能性が重要であるとともに、どのようなデータに基づいて行われた推論なのか、統計の技法を使った推論は妥当であるのか、それをもとにした解釈の妥当性についても踏み込んだ解釈ができるのかについて、慎重に対処できることであると考えている。

「批判的思考」は、持続可能な開発への解決方法や展望を見出すためには、欠かすことができない思考法である。

この思考法は、中学校数学の授業場面においても、絶えず使われている。学年、単元に関わらず、教師は、「なぜそのように考えたのか?」「もう少し詳しく言うと?」などの問いを発する。このような、質問を行うのは、生徒に推論過程の論理の一貫性を求めたり、分析的に考えることを求めるためである。

更に、質問を繰り返すことにより、平林・重松が提唱する内なる教師¹¹⁾として、この教師の問いが生徒の問いとなるのではないかと考え、実践を行っている。

3. 2. 「学際的アプローチ（接近法）に必要とされる数学」

2つめは、「学際的アプローチ（接近法）に必要とされる数学」である。ESDが対象とする持続可能な開発の問題は、環境、経済、社会（政治を含む）の3つの領域が複雑に絡み合ったものである。そのため、解決の道を探るためには、一つの学問分野の知識と方法論を用いるだけでは達成できない。自然科学、社会科学、人文科学のそれぞれの領域から接近することが不可欠である。このようなアプローチを行う上で数学は言語・道具として重要な役割を担っている。特に、統計は、記述言語・モデル化のための道具として重要な役割を果たす。

統計の学習は現行の学習指導要領から、新設された「資料の活用」領域において扱われるようになった。

このようになった背景には、知識基盤社会を生きて

いくには、統計の素養が必要不可欠であると考えられているからである。更に、統計を学ぶのではなく、統計を用いて、考え、判断し、説明する能力の重要性が指摘され、「資料の活用」の活用の部分にその精神を読み取れる。

このようなことから、統計を、ESDの資質として新たに読み直す形として位置づけて研究を行っている。

3. 3. 「伝統的な知恵としての数学」

3つめは、「文化的な多様性を尊重する」ために「伝統的な知恵としての数学」の数学観である。

先住民（その土地に最初に住み着いた住民の子孫）の有する価値、伝統的知恵、技術が、持続可能な開発を実施する上で不可欠である。ところが、近代化の進展は、非合理的の名の下でその伝統的な経験を否定するだけでなく、教育を通して科学的合理性、効率性、経済性を重視する文化が一層浸透し、伝統的な知恵や本来持っていた文化的アイデンティティが失われようとしている。数学の現状は、西洋数学に重きを置き、それ以外の数学に排他的であったと言わざるを得ない。¹²⁾

民族数学の研究結果は伝統的に民族や地域の中で育まれてきた生活や文化の中で、明示的、暗黙的に数学の概念が使用され、熟成されて来たことを明らかにした。また、学校数学が民族や地域での伝統的な数学に目を向けず、生徒の生活とまったく離れたものとなったと指摘している。

さらに、その地、その風土に根ざして、営々と承けつがれてきた伝統的な知恵には、それが生存してきた理由がある。生徒がその理由を探ることこそが、持続可能性の価値観を培うことにも繋がると考えている。

このような問題点に立って、数学科としては、「伝統的な知恵としての数学」にも目を向け、数学を生み出した人類の精神や文化を感受する数学体験を取り入れ、生徒に数学と自分との「つながり」感を豊かに形成していくことをねらいとしている。

3. 4. 「不確実性を捉える数学」

4つめは、「不確実性を捉える数学」である。これは、ESDが対象とする持続可能な開発の問題は、環境、経済、社会（政治を含む）の3つの領域が複雑に絡み合った問題である。これらの問題の多くは、確実な予測の上にかかる問題ではなく、不確実性を含んだ場合が多い。すなわち、不確実性の中で、人は判断をしていくことが多いことになる。

方程式の解を求めたり、図形の論証を行う従来の数学では、ただ一つの正解が存在することが暗黙的である。これは、思考の対象が確定的な事象で行われていたためである。

しかし、現実の世界には、確定的な事象よりも、不確実な事象の方が遥かに数多くある。その不確実な事

象を数値化し、その傾向を押し量ることが、統計・確率の威力が発揮される所であると考えている。

Kahneman and Tverskyらの研究では、人間はこの不確実性を内包した問題に対して、合理的な判断を苦手としていることが指摘されている。¹³⁾

不確実な事象について、生徒が統計的な手法を正しく使い、判断する授業の構築が求められる。その授業では、不確実性に対する人間の生得的な苦手意識を考慮することが必要である。

これら4つの数学観はお互いが独立して存在するのではなく、互いに交わりを持ちながら教育実践をしていくことが必要であると考えている。

附中数学科では、4つの数学観の育成の場として、統計の学習に取り組んでいる。

4. 授業のコミュニケーション活動のレベル

持続可能な社会を築くための教育・学習活動では、多面的なものの見方やコミュニケーション能力などの「育みたい力」、参加型学習や合意形成などの「学習手法」、そして共生や人間の尊厳といった「価値観」などを大事にしていくことが指摘されている。このような今日的な課題に対して、数学の学習では、コミュニケーション活動を取り入れている。学習手法であるが、多様なコミュニケーションを生むことは、持続可能な将来のための「育みたい力」を育み、価値観をしみこませることができると考えている。

我々は、このコミュニケーション活かした学習活動をコミュニケーションレベルの深化別に3つに分類した。¹⁴⁾

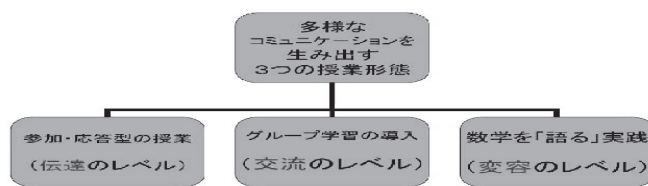


図1 コミュニケーション活動のレベル

①参加・応答型授業 [伝達のレベル]

生徒が教師役となって授業する「ミニレクチャー」型の授業で行う。例えば、数学新聞や数学絵本、課題研究など、生徒が前に出て作品の解説とその応答をする授業である。自分の「わかりかた」をテキストにしてその考え方を他者と共有化するのである。これを、数学学習の信念形成に役立つコミュニケーションとして位置づけたい。

②グループ学習の導入 [交流のレベル]

これは、「数学嫌い」な生徒へのケアとしての「傾聴活動」といえるかもしれない。ひとりの「わからな

い」に関わる姿勢、ひとりの「わかる」に学ぶ姿勢から共感が教室に満ち、人との関わりの中でつかんだ「わかる」プロセスを追試していく勇気を育てたい。そして多面的な見方の形成につながっていくきっかけになればと願っている。

③数学を「語る」実践 [変容のレベル]

ここでいう「語る」とは教科書の内容を話す、解説するという意味での「語る」ではない。教師自らの学びの体験をくぐらせた数学(観)を、教師自らが「語る」ことを意味している。

かたや、「教える」という営為は、「出会い」に期待を寄せつつ「問い」に導かれゆく「ゆらぎ」をもったコミュニケーション活動ではないかと考えている。「ゆらぎ」をもった「語り」は、その教師の「語り口」の模倣に導かれ、生徒への「語り」の「転移」に投機していく実践である。聞き手である他者の「他者性」(数学への学びそのものを振り返った根源からの自らの「問い」かけに対し、「応答」する他者として存在すること。)との出会い直しを通して自らの学びを照らし直す。それゆえに、ここでは変容のレベルとして位置づけた。(図1参照)

我々は、この3つの授業形態を、プロジェクト型学習と短期型の授業の中で行ってきた。

5. 新たな授業の構成について

3. で述べたように、統計や確率を思考の道具として活用することが、ESDに対する数学科の1つの貢献であると考えている。それは、単に統計・確率の知識や計算ができるようになることを目指すものではない。それらを活用して、判断し、説明することができる大きな目標であると考えている。

このような効果を最大限発揮するために、資料の活用領域の授業では、課題解決プロセスを活かした授業設計が求められている。

そこで、附中数学科では表1に示すような統計的な思考力の育成のための授業のフレームワークを考え実践してきた。¹⁵⁾ 基本的には、2つ以上の課題を用意して、それぞれの課題に対する判断を発表することを基本としている。しかし、同じ課題を用意するのではない。共通の課題としての全体課題と、違った文脈の個別課題を与え、グループで課題解決を行った。

この授業の枠組みを行うことで、各グループの状況や判断の違いが明確になる。生徒たちは、「自分がどのように考えたか」、「根拠をどこにするか」を明確にすることが求められる。根拠を明確にして、説明することは、思考のプロセスの表出に相違なく、生徒の考え方のプロセスをより明確にできると考えている。

このように、様々な発表をする中で、生徒たちは何が同じで、何が違うかを認識する。そして、その振り

表1 授業の枠組み

- | |
|------------------------------------|
| ① 大きな課題の枠を与える。 |
| ② 必要な知識を与える。 |
| ③ 判断の多様性が出る素材を与え、具体的な状況設定での課題を与える。 |
| ④ 与えた課題に対する素朴な考えを表出させる。 |
| ⑤ 先の課題とは違った文脈の課題をグループ毎に与える。 |
| ⑥ 全体で再度、各グループの解き方を見直し、学級で共有する。 |

返りの中で、論理的に正しいかどうか、統計的推論の正しいかどうかを精査できる。そして、これらを共有化できると考えている。

これをコミュニケーション活動のレベルで見ると、表1の①、②が伝達のレベルで、④、⑤が交流のレベルで、⑥が変容のレベルであると捉えことができる。

授業としては、課題が多数存在することになるが、①の課題提示で示された資料を基にして、③で①の資料をどのように判断するかを「問う」のである。この「問い」に対して素朴な判断を引き出す。そして、それを発表することにより、判断の基になった判断基準を明確化させるのである。⑤では、①の資料を基にして文脈の違う課題を提示する。この「問い」で④で活用した判断基準が使えないことを知るのである。ここに文脈が価値の判断に大きく影響を与えることを知り、生徒に「ゆらぎ」が起こるのである。ここに、「問う」すなわち、批判的に「問う」ことが要求されるのである。そして、各グループごとに文脈が違う課題があるため、それらの発表を聞くことで、さらに生徒は自ら出した「答え」を「問う」ことができると考えている。

課題には、もう一つ工夫を行っている。それが、「比較する」ことを取り入れていることである。「比較する」ことは、基準との比較であったり、2つ以上対象物の性質や特徴の比較を行うことである。これにより、生徒が考えている基準の表出をすることや、対象物の性質や特徴などのとらえ方やその差異のとらえ方を表出させることができると考えている。

教師が生徒とのやり取りを通して、事象を単純化したり、条件の整備をするなどして、数学の対象として意識させることも行っている。

6. ESDと数学の活用のフィールドとしての消費行動

我々は、ESDの実践のフィールドの1つとして、日々の消費行動に目を向ける実践が適切だと考えてい

る。それは、次の3つの観点からである。

①ESDの学習では、経済の問題、環境の問題、社会の問題などグローバルな問題について考える。そして、それを行動に移すためには、身近なところから行動を起こすことが大切である。

②中学校数学においても、生徒が数学を活用する場面として、「生活の中で、数学を活用する」ことが重要であると考えている。

③消費行動では、生徒が自発的に、行動を起こすことができる。

すなわち、身近な消費行動に目を向け、その改善を考え、そして実行する。その積み重ねと継続性が大きな問題の課題解決に繋がることに、生徒が感得することが、最も重要であると考えている。

その、1つの実践として、持続可能な消費行動についてのアンケート調査の実践を行っている。¹⁶⁾

7. 結語

研究対象である中学校数学は、現行の学習指導要領より、問題解決型の学習の中で、結果を活用して考察したり、判断し、それを他者に説明したりする指導が求められている。

その課題の解決に向けて、新しい授業の枠組みを示した。この授業は、従来行われてこなかった、生徒に「判断」を求める授業である。単に課題についての判断をするのではなく、判断の根拠を示し、さらに、数学を活用して、その根拠が正しいかどうかを判断する。また、その根拠も文脈によって変わることをも体験させる授業である。

また、ESDと数学科の学習の融合するフィールドとして、消費行動に着目することを提案し、その意義についても論じた。

持続可能な社会を築く上で、このような実践を積み重ね、生徒に定着させていくことが、今後の我々の課題である。

8. 引用・参考文献

- 1) IPCC第4次評価報告書統合報告書政策決定者向け要約(文部科学省・経済産業省・気象庁・環境省)
http://www.env.go.jp/earth/ipcc/4th/syr_spm.pdf
- 2) 我が国における「国連持続可能な開発のための教育の10年」実施計画「国連持続可能な開発のための教育の10年」関係省庁連絡会議
<http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/kokuren/keikaku.pdf>
- 3) 文部科学省.中学校学習指導要領.2008
- 4) 環境省.環境の保全のための意欲の増進及び環境

- 教育の推進に関する法律（環境保全活動・環境教育推進法）http://www.env.go.jp/policy/suishin_ho/
- 5) 永田佳之.「持続可能な未来への学び：ESDとは何か」『未来をつくる教育ESD：持続可能な多文化社会をめざして』五島敦子・関口知子編著、明石書店,2010.97-121
 - 6)、7) 文部科学省.中学校学習指導要領解説数学編.2008
 - 8) 文部科学省
<http://www.mext.go.jp/unesco/004/004.htm>
 - 9) 奈良教育大学附属中学校『研究集録第36集：ESDの理念にもとづく学校づくり（2年次）』.2007
 - 10) Best,J著 林大訳『統計はこうしてウソをつく』白揚社.2002
 - 11) Hirabayashi・Shigematsu『Metacognition:The Role of "InnerTeacher"（1）』Proceeding of International Conference For PME 10.1986
 - 12) デイヴィッド ネルソン（著）他、『数学マルチカルチャー—多文化的数学教育のすすめ』シュブリンガー・フェアラーク東京.1995
 - 13) A.Tversky&D.Kahneman: Judgment under uncertainty: Heuristics and Biases、Science、1.185.4157. 1974.1124-1131
 - 14) 奈良教育大学附属中学校 前掲書.2007
 - 15) 西仲則博・吉川厚：中学校教育における統計的思考力を育む授業実践 科学教育研究.Vol.35 No.2.2011.153-165
 - 16) ACCU ESD教材活用ガイド 2009. 76-81