

数学科におけるアクティブ・ラーニング

愛知教育大学 佐々木 徹 郎

1. はじめに

初めて、「アクティブ・ラーニング」という言葉を聞いたのは、大同高等学校校長の服部保孝先生からであった。先生には、小林昭文(2015)『アクティブラーニング入門』を紹介いただいた。また、今年の3月18日(水)には、カリフォルニア大学ロサンゼルス校(UCLA)のKumiko Haas博士から「アクティブラーニングとは? ―UCLAの実例紹介―」という講演を聞くことができた。その後も、大学教育の改革を含めて、学校教育における教育課程の議論のなかでもしばしば取り上げられるようになった。

算数・数学教育の立場からみると、これは、従来の算数的活動や数学的活動の指針と全く同じであって、活動主義の流れに位置づけることは明かである。しかし、算数・数学教育において、ましてや高等学校や大学において、それが実践されてきたかという点、「残念ながら」というしかない。教科教育として、さらには学校教育としてアクティブ・ラーニングの実践に取り組むことは、数学教育としても意義あることである。これは、単に流行を追うということではなく、教科全体として現代の教育課題に取り組むことになるからである。

2. アクティブ・ラーニングとは

アクティブ・ラーニングは、平成24年8月28日の中央教育審議会答申「新たな未来を築くための大学教育の質的転換に向けて～生涯学び続け、主体的に考える力を育成する大学～」の用語集で、次のように定義されている。

《教員による一方向的な講義形式の教育とは異なり、学修者の能動的な学修への参加を取り入れた教授・学習法の総称。学修者が能動的に学修することによって、認知的、倫理的、社会的能力、教養、知識、経験を含めた汎用的能力の育成を図る。発見学習、問題解決学習、体験学習、調査学習等が含まれるが、教室内でのグループ・ディスカッション、ディベート、グループ・ワーク等も有効なアクティブ・ラーニングの方法である。》

これは、大学教育を念頭においたものであり、「能動的学修」という見慣れない言葉が使われている。

また、平成26年11月20日中央審議会諮問「初等中等教育における教育課程の基準等の在り方について」では、次のように述べられている。

《「何を教えるか」という知識の質や量の改善はもちろんのこと、「どのように学ぶか」という、学びの質や深まりを重視することが必要であり、課題の発見と解決に向けて主体的・協働的に学ぶ学習（いわ

ゆる「アクティブ・ラーニング」)や、そのための指導の方法等を充実させていく必要があります。こうした学習・指導方法は、知識・技能を定着させる上でも、また、子供たちの学習意欲を高める上でも効果的であることが、これまでの実践の成果から指摘されています。》

このことから、「主体的・協働的学習」というのが、アクティブ・ラーニングの訳語ということになる。そして、次のような諮問が述べられている。

《○ 「アクティブ・ラーニング」などの新たな学習・指導方法や、このような新しい学びに対応した教材や評価手法の今後の在り方についてどのように考えるか。また、そうした教材や評価手法の更なる開発や普及を図るために、どのような支援が必要か。》

このことから、新しい学習指導要領の一つのテーマとなることが予想される。指導方法としてだけでなく、カリキュラム構築のなかで構想されることは重要である。

高等学校において、アクティブ・ラーニングを実践したのは、小林昭文(2015)である。物理の授業による実践を、分かりやすく紹介している。基本的な方針は次の通りである。

- 教科を超えた組織的研究
- 継続的な研修会
- 授業者を傷つけない振り返り会
- コンテンツよりプロセスを重視した授業研究

このように、小学校や中学校では実施されている「授業研究」を推奨している。高等学校や大学では、希である。義務教育ではないという観念が影響しているのである。「できる者が授業についてくればいい」ということのようなのである。これでは、授業研究にはならない。

授業研究は、日本の教師教育の伝統として、今や米国を中心に世界中で知られている。しかし、興味深いことには、米国で最も授業研究が盛んなのは、高等学校であり、小学校ではほとんどない。日本の逆である。やはり、大学受験の影響が大きいことや、教師の雇用形態の違いであろう。

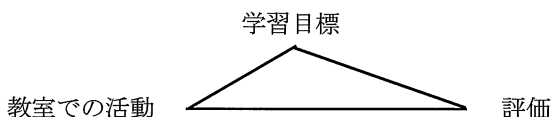
また、特に注目しなければならないのは、最後の項目である。「コンテンツよりもプロセスを重視する」という発想が、高等学校では少ない。つまり、指導内容の発展についての教材研究は多いものの、生徒がそれをどのような過程で学ぶのかという研究は少ないのである。実際の授業においても、正解で終わるものであって、誤りで終わることはほとんどない。できる生徒による答えだけをとりあげたり、あるいは教師が正解を示すことも珍しくない。すべての生徒が問題を解決するプロセスを考察するという発想がほとんどない。もちろん、これが中学校や小学校では当然のように行われているという訳ではないとしても、それがより留意されているのは確かである。

カリフォルニア大学ロサンゼルス校(UCLA)のKumiko Haas博士「アクティブラーニングとは? — UCLAの実例紹介—」の講演では、次のような条件を挙げた。

- 学生中心
- 認知プロセスに焦点を当てる。
- 活動の動詞を使う。
- 測定可能

これらの条件の説明は特になかったが、次のように解釈できる。「学生中心」というのは、「教師が何を教えたかではなく、学生が何を学んだか」が重要であるという、わが国大学教育の改革で示唆されている指針である。「認知プロセス」は、「コンテンツよりもプロセスを重視する」とことと同様である。「活動の動詞を使う」は、授業の目標に動詞を使うということである。「測定可能」は、点数化ということではないとしても、学修の成果を評価するということであろう。これは、ブルームの完全習得学習や目標分類学（タクソノミー）の影響である(Bloom, 1956)。

また、次のような図が示された。目標と評価を重視しているということである。



3. 数学科におけるアクティブ・ラーニング

算数・数学教育では、従来から発見学習、問題解決、操作活動、算数的活動・数学的活動と指導方法が提唱され、工夫されてきた。戦後、半世紀の実践研究の蓄積がある。アクティブ・ラーニングは、それらの指導そのもの、あるいは延長上にある。したがって、活動主義の思想や方法論や問題点については、かなり詳細に議論することができる。また、これまでそのような学習指導を実践してきた教師、特に小・中学校の先生方は、具体的な示唆ができるだろう。

しかし、アクティブ・ラーニングは、米国で1990年代 Bonwell & Eison (1991)の高等教育研究協会 (the Association for the Study of Higher Education, ASHE)の報告で普及したように、当初、大学教育に対するものであった。私が知っている限り、米国の大学教育はわが国とはかなり異なっている。わが国では、大学入試のおかげで、かなり知識や技能が揃った学生が入学してくる。したがって、大学での授業はやりやすい。しかし、米国では、相当に多様な学生が入学して来るので、それらに合わせるためには、相当に基礎的な内容から知識を教授する必要がある。

そのため、わが国と大きく異なるのは、アサインメントである。これは、講義を受講する前に予習するための「宿題」である。テキストや資料を読んでから授業に出席し、議論に参加しなければ単位の取得は望めない。また、授業の復習として論説（エッセイ）の執筆が課されることも多い。つまり、大学の単位制度を実践しているのである。このような中では、アクティブ・ラーニングは当然に関心が持たれるだろう。

ところが、わが国の大学でそのまま実践するには課題がある。学生が多くの知識の獲得するには、どう教育するかということである。これは、高等学校でもアクティブ・ラーニングの問題点になるであろう。高等学校の数学カリキュラムは、現在の生徒にすれば過密である。数学教師からすれば、教科書の内容をこなせるかという不安がある。

小林(2015)は、次のように述べている。

《どんなに楽しい授業でも「教科書が終わらない」「大学受験に役立たない」では生徒たちも不安です。

私はこのことを強く意識していましたが不安でもありました。

しかし、その不安は杞憂に終わりました。センター弛緩の平均点は徐々に確実に向上していきしました。更に物理選択者も増加しました。(p. 027)》

これが数学科に一般化できるかどうかということである。つまり数学科に対しても、またいかなる生徒でも成立すかどうかは、勇気をもって実践し、工夫を重ねていくしかない。しかし、大学受験を考えれば、知識や技能の習得が課題となるのは間違いない。このためには、やはり、大学の単位制度と同様に、ある程度生徒が授業外でも自主的に学習するしかない。

さらに、特に小・中学校での実践で明らかになっている課題がある。数学教育においては、1970年代の現代化運動の頃、「発見学習」が注目された時代があった。しかし、発見するのはいつも決まった生徒であり、塾が盛んになり、生徒が予習をして授業を受けるようになると、白々しい授業になってしまった。その後、発見学習は問題解決学習に取って代わられることになった。また、数学の知識は発見されるものではなく、それぞれの生徒が構成するものだということから、米国で構成主義が提唱された。

「操作活動」の実践は、具体物の操作が数学的知識の構成と結びつかない場合があり、時間がかかることから、余り顧みられなくなった。念頭操作や思考実験も提示されたものの、実践に十分に活かされなかった。問題解決は、今や普通に実践されるものとなったとはいえ、問題の設定や話し合いなどの過程には教師の力量が重要であり、それが欠けていれば、指導の形式に従うだけになる。

それでは、数学教育においてアクティブ・ラーニングを実践するためにはどのような条件が必要なのか。次に、それらをあげていく。

○数学のカリキュラムの精選や再構築は不可欠。

小学校や中学校の数学では、1977年以降カリキュラムの精選や厳選が行われてきた。紆余曲折、「学力低下」などの批判があったものの、算数・数学的活動を実践していくには不可欠であった。そのため、高等学校の数学は圧縮され、過密な内容になっている。生徒が主体的に学べる知識の分量には限界がある。大学教育にも直結することなので、「学力低下論」の再燃は避けられないであろうが、少子化の中では、大学教員は学力低下を高等学校以下の学校教育の責任に転換できない時代がきている。大学教育の改革を責任をもって進めなければならない。教師は何を教えたのかではなく、生徒や学生が何を学んだのかに関心を持たなければならないのである。

○教師は、自らの実践を反省するために、授業研究をする。

アクティブ・ラーニングは、あるマニュアルにしたがって実施するような授業にはならない。生徒が主体的・協働的に数学を学習することがねらいであることを教師は自覚しつつ、また同時に、目標とする知識を達成しなければならないのである。授業目標の到達を考えれば、形だけの指導法になることは起こりうることである。授業研究によって、実践を反省するとともに、教師同士でも協働的に授業を工夫していくことが大切である。

○生徒が数学の知識を獲得するプロセスを想定する。

発見学習や問題解決学習でしばしば取り上げられるG. ポリア(1967)は、自分が理解していることで

も、その内容を人が理解できるように説明するのは難しいことに気がついたことから、それらを研究するようになったと述べている。

《それは五十年ほど前、私が学生の頃のことであった、私は受験準備をしてやっていた少年に立体幾何学のある初等問題を説明しなければならなかったが、筋を見失って行き詰まったのである。そんな簡単な仕事に失敗するなんて、私は自分を蹴飛ばしたいくらいだった、それで翌晩、私を腰を据えて、もう決して二度と忘れることのないくらい、その解答を徹底的に研究した。私はその解答の自然的進行とそれに含まれる本質的アイディアの連鎖とを直観的に知ろうと努めて、ついに問題解決の手順の幾何学的表示に到達した。これが問題解決における、私の発見であり、生涯の興味の始まりであった。(p. 1)》

これは、数学教育学の出発点である。定義や証明を知っただけでは、理解にはならない。対象があるから定義が理解できるのであり、関係が理解できるから証明につながるのである。かつての数学の教師には、定義をして、証明を教えて、例題まで解いて見せたのに、生徒が理解できない理由が分からないという人もいた。それは、数学教育学を必要としないよき時代だった。ましてや、アクティブ・ラーニングでは、指導する知識を、生徒がどのような過程で理解するのかという道筋を構想する必要がある。

○問題解決

数学教育では、問題解決が授業の基本になってきた。ポリアは次の4段階をあげている。

①問題を理解すること、②計画を立てること、③計画を実行すること、④振り返ってみること。

例えば、中学校や高等学校において、教師が例題を解いてみせて、生徒に練習問題を解かせる指導も、問題解決ということはできる。しかし、より児童・生徒が主体的に問題解決するために、次のような段階がよく用いられる。

①問題をつかむ、②見通しを立てる、③自力解決、④話し合い（練り上げ）、⑤振り返りとまとめ

これらの段階は自然な過程ではあるものの、形式的に進めるだけでは不十分である。これらの段階の中で、最も重要なのは問題設定である。生徒が主体的に問題に取り組むためには、教師は問題設定を工夫しなければならない。教師の力量の差が最も顕れるのは、この段階である。問題そのものだけでなく、提示の仕方も大切である。

○生徒の誤りを取り上げる

生徒の誤りを授業で取り上げる教師は少ない。むしろ、誤りはまるで悪事であるかのように扱う教師が多い。また、生徒が誤らないように注意をして、制約を加えて指導する教師もいる。しかし、誤りには、理解を深め、内容を発展させる切っ掛けが豊富に埋まっている。生徒の誤りに学ぶ、あるいは誤りを活かす指導が必要である。生徒が誤った答えを出したときに、教科書にあるような正解を生徒に示すだけでなく、どこが誤りなのか、どこを修正すれば正解になるのかを指導できる必要がある。それには、ポリア(1967)が述べるように、教師はさまざまな解き方を考えて、アイディアを明らかにしておかなければならない。また、生徒の誤りに付き合える態度が必要である。そして何より誤った答えでも生徒が発言できるような学級になっていなければならない。

○教室で生徒がアイディアを共有する

コミュニケーションの語源は共有することである。数学のアイディアを共有することが、数学的コミュニケーションである。ペアやグループでの学習は、そのための手段であって、それが目的ではない。話す、聞く、教える、説明する、模倣するなどの行為によって、自分の考えが明確になり、他の考えを理解することが、コミュニケーションなのである。

3. おわりに

数学科におけるアクティブ・ラーニングは、以前から実践されてきた問題解決や算数・数学的活動から変わったものではなく、むしろそのものである。議論としても、構成主義や活動主義等の範疇にある。しかし、教科教育として、さらには高等学校や大学など、中等教育・高等教育において、その実践に取り組むことは大変に意義深いことである。

それが必ずしも楽天的なものではなく、さまざまな課題を含んでいることは、小・中学校で実践に取り組んできた教師はよく理解している。形だけの指導法、テストの点数に結びつかない授業、無駄が多く不効率な授業などという批判があった。また、何より知識が不足し、学力低下の原因といわれたこともあった。さまざまなカリキュラムや指導の工夫をしていく中で、これらの課題を克服しつつ、アクティブ・ラーニングを実践していくことが期待されている。

引用・参考文献

- ① 小林昭文 (2015). 『アクティブラーニング入門』, 能率産業大学出版部.
- ② Bonwell, Charles & Eison, James (1991). *Active Learning: Creating Excitement in the Classroom* (PDF). Informatin Analyses - ERIC Clearinghouse Products (071). p.3.
- ③ Bloom, B. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Education Goals*. New York : McKay.
- ④ ポリア, G./柴垣和三雄・金山靖夫(1967). 『数学の問題の発見的解き方 2』, みすず書房.