

投稿

授業改革で天文教育

～協同的学習で天文教育を行う試み～

西村 昌能（京都府立洛東高等学校）

1. はじめに

「最近の生徒は、勉強しなくて困る。」と言われている。しかし、この言葉は私が教員になった30年以上も前でも聞かれたものだ。『最近の生徒は…』という言葉は、昔から言われていることだが」と先輩教員がよく話をされていた。元々、生徒は勉強しないものなのか。昔からそう言っているのなら、実は生徒が勉強しないのではなく、教える側に問題にあるのではないのかと疑いはじめた。

洛東高等学校の第一学年部が2011年9月に開催した1年低学力生徒合同教科担当者会議では次のような低学力生徒像が出てきた。

- 1) 無気力で意欲がない。
- 2) 授業の邪魔をしない。
- 3) 提出物をださない。これが大変問題である。こちらが教える気力が失せる。
- 4) 寝ることが多い。
- 5) 全体指示しても動かない。
- 6) 個別指導しないと動かない。
- 7) コミュニケーション能力が低い。
- 8) ところが、一旦、火がつくと荒れだす。

このような低学力生徒の姿はどの学校でも同じような状況であろう。昔と違うのは、授業の邪魔をしない、(上にはないが)携帯・スマホを机の下で操作をする(大抵はゲームをしている)、授業中平気で化粧をするということであろう。私たちの年代からすると「コミュニケーション能力が低い」という項目は新しくできた観点で、生徒の見方が変わってきていることを表している。

ところで、進学校では、どうだろうか。熱心に先生の話を書いているのは、わずか。内職か、休憩、雑談ですごしていて授業参加は数名という学校もあると聞いている。

一方、中堅校では、生徒は先生の板書を静かに熱心にノートに書いている。しかし、これは、本当に勉強しているのだろうか。自動的に黒板を移しているマシンのような状態では、という指摘もある[1]。

高校どころか、大学でも似たような状況が報告されている[2]。

- 学生の意欲が低く、私語に「埋まる」教室
- 教師との会話は「わかりません」「知りません」「忘れまし」のみ。
- 「大学は、就職に向けて『卒業』のためにだけあるもの」
- 学生の評価が機能せず、授業は3T(退屈、つまらない、手持ちぶさた)
- 人件費削減に伴う、教養軽視のカリキュラム改革
- 退学を防ぐために、学生へのサービスが過剰に(モーニングコール)

2. 授業改善

私が所属する洛東高等学校では、この現状をどうにか打開しようと、一部の教員が授業改善の一環として「学びの共同体」研究会[3]の協同的学び(協同的学習)の実践に学ぶために、先進校への授業見学視察や授業交流会を行っている。

学びの共同体の「教え」のなかには、コの字型レイアウト教室、グループ授業、理解の

ジャンプという3つのカテゴリーがある。

この形態の授業では
コの字教室レイアウトで講義
→課題をグループ学習で実施
→グループやコの字での討論など

の流れで出来るだけ生徒に考えさせる環境を保障することが大事であるといわれている。そのため、講義は出来るだけ小さな声です、板書は最小限にし、プリントを多用し、宿題をたくさん出すのが良いとされている。

3. コの字型レイアウトの教室

通常行われる授業は、全生徒が黒板の方を向き教員がそれに正対するというものである。ずーっと私たちが行ってきた座席配置である。この座席配置での授業を「一斉授業」と呼んでいる。

一方、協同的学習では、生徒の座席がコの字型レイアウトの座席配置で授業を進める教員が多い。コの字型レイアウトでは、生徒と対面するのは教員ではなく、生徒同士が向かい合うことが期待される。

一斉授業の方は大半の教員が経験されているのでコの字型レイアウトの損得を勘定してみよう。

得 1：教員は教室の中央で授業をする。つまり教員が教室の端まですぐに移動でき、生徒との距離がたいへん近い（居眠りや携帯で遊ぶ生徒をすぐ注意できる）。

得 2：生徒どうしが対面できるので良い意味の緊張感が生まれる。居眠りや携帯で遊ぶ子が激減する（得 1 と同じ）。

得 3：討論・議論の場を設定しやすい。

一方、

損 1：黒板を見にくい席があるので、黒板の利用範囲が狭くなる。

損 2：生徒が常時対面しているので、下手をすると騒がしくなる可能性がある。

このような損得勘定だけではなく、コの字型レイアウトでは、生徒の対面を利用して、生徒同士で議論を深める状況を作ることが可能である。この可能性は後述する。

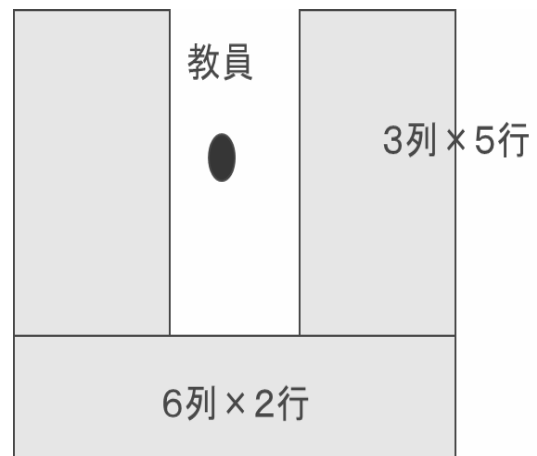


図 1 コの字型レイアウトの座席配置

4. グループ学習

さらに、コの字型レイアウトは、広大な空間を教室に作り、生徒の小規模な学習集団を形成させやすい。

理科実験では、4人一組の班を構成して作業を行わせることが多い。学びの共同体の学習法でも同じ4人組で、机を田の字型にあわせて、男女の市松模様のグループを作り、各自で課題を行わせる空間と時間を作る。

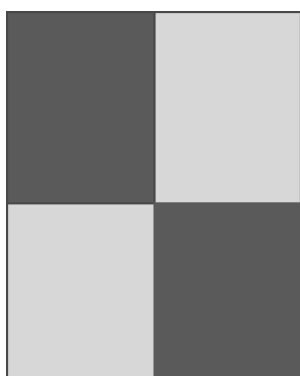


図2 グループ学習における男女市松模様配置 濃淡の違いが性の違い。



図3 宇宙と地球の科学でのグループ学習の様子 テーマは地球半径の測定

このグループはいわゆる学習班とは、全く異なるものだ。グループになった時も学習は各自個別に行う。しかし、理解できていない生徒は理解の進んだ生徒に質問をしても良いし、場合によっては課題に対して討論を行う場となる。この事からグループの中には学力の高い生徒を配置したい。また、男女で牽制させる目的で交互座席を決定する方が良いとされる。そのため、座席は教員が指定する学校も多い。私は、男女の配置だけを固定して後は抽選で運を天に任せることにしているが、HR 授業の時は担任の協力が無い限りこれも無理である。しかし、実際にはそれほど厳しい状況にはならない。

それよりも机をきっちり合わせ、筆箱や教

科書も机の合わさった所に置くことは止めるように指導している（「机の隙間は心の隙間」と唱えている教員もいる）。このようにすると仲間がどのように学習しているのか、その様子がのぞきやすくなる。問題としては、HR 授業で大きなカバンを机の横においてどうしても机がきっちりあわせられないことがある。生徒ロッカーが教室にあればと思う。

授業では問題演習と課題演習の時間を1コマ1時間の中に2、3回取り、この時にグループで実施させている。コの字からグループへ気分転換できて、メリハリのある授業となる。寝ている生徒も起きざるを得ない。程度の低い生徒はなかなか机を動かさないが、そのような生徒がいるときは机をあわせたグループからプリントを配布するようにしている。これなら、いやでも机を動かしてくれる。

また、グループ学習をしているときは、教員は大きな声をあげてはいけない。生徒達の考える時間を奪わないように、作業の説明などは事前にコの字レイアウトの時に済ませておくべきである。

5. 理解のジャンプ

授業というものの本質は何だろうか？この事を最近考えることが多くなった。昔は、生徒は先生の板書を必死に写して一所懸命に記憶に努めていた。それが良い生徒だというのであった。

私の高校時代を思い出すと、その頃必死になって覚えたことは頭に残っていない。しかし、必死に考えた事はきっちり残っている。また、授業中の先生の話よりも、図説や教科書の図版、写真を見ていてその方が記憶に残っている。そのような経験をお持ちの方はおられないだろうか？

昔に比べ、生徒を取り巻く情報の量は比べものにならないほど多くなった。生徒の学力はその情報管理能力と情報を分析し、使う能

力に収斂してきている部分が大きくなってきているのかもしれない(たとえば[4])。

そこで、自分の授業を点検し大いに反省するところがあった。講義を行うのに夢中で、大きな声でがなり立て、大事なところは何度も繰り返していた。そして、その行為は、きっと生徒が考える時間を奪っていたのである。生徒にはゆっくり考える時間が必要である。今までの授業の仕方は、生徒の授業への参加を奪っていたのだ、と深く反省している。だから、授業の核として、学問的理解が飛躍的に起こるような取組を考えるようにしている。理解の習得が進むだけでも良いと思う。例えば、恒星の放射エネルギーは恒星の単位面積あたりの放射エネルギー量×恒星の表面積で求める、というような概念である。この概念は地球で受け取るエネルギーの大きさから太陽の単位時間あたりの放射エネルギー量を推定させ、そこから太陽の表面温度の推定、太陽の寿命の推定、さらには、様々な質量の恒星の寿命の推定へとつながってゆく。これを展開した授業例を以下に紹介する。

6. 天文教育への応用

私は、三年前から「学びの共同体」での学び方(協同的学習)を授業に取り入れている。科目としては、三年間で化学 I (3 単位、1 年)、生物 I (3 単位、2 年)、地学 I (4 単位、3 年、3 単位 3 年)、「宇宙と地球の科学」(3 単位、2 単位、2 年、学校設定科目)、理科基礎 (2 単位、3 年)であった。殆どが 40 名授業であった。

協同的学習では、理解のジャンプが必要だという。これで、生徒が自分たちで、自力で考えて行くことを目指している。

生徒達がグループで討議し、その内容を発表しあうことやコの字型レイアウト教室で生徒達が議論して、ある考えに到達するのは、

理数系ではなく、文系教科・科目が向いていると考えられる。ハーバード大学マイケル・サンデル教授の白熱教室とウォルター・ルーウィン教授の MIT 白熱教室を見比べればわかると思うが、生徒・学生の思考の自由度は文系の方が大きく、理数系ではほぼ答えが決まっているものが多いからである。

さて、以下は本校総合選択制、宇宙と自然の科学コースのコース指定科目、「宇宙と地球の科学」で 2012 年と 2013 年に実施された太陽と恒星進化に関する授業の実践報告である。対象は 2 年生 18 名 (2012 年度) および 16 名 (2013 年度) であった。生徒は小数や指数の計算が苦手でもあるので、その訓練も兼ねている。

授業の流れ

(太字は生徒に配布したプリントの内容である。)

第 1 回 (2 限分)

屋上で直達日射量の測定 (地学実習帳旧版を利用)

第 2 回 (3 限分)

直日射量を利用して太陽の寿命を考える。

太陽の基礎データ

太陽の視直径 0.5°

太陽までの距離 $1.5 \times 10^8 \text{ km}$

直達日射量 $1.0 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{分}$ (生徒の実測)

太陽定数 直達日射量の倍 (大気の吸収量 $1/2$ とする)

問 1

上記のデータを用いて太陽が 1 秒間に放出するエネルギー量を推定せよ。

問 2

太陽表面 1 m^2 が 1 秒間に放出するエネルギー量を求めよ。

問 3

ステファン・ボルツマンの法則

$$E = T^4$$

ただし $= 5.670 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$

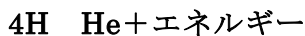
(E は恒星などの表面 1 m^2 から出るエネルギー量)

を利用して 太陽の表面温度を求めよ。
(四乗根は電卓を利用して得る。)

問 4

太陽の質量は $2 \times 10^{30} \text{ Kg}$ である。

太陽は水素の熱核融合反応でエネルギー生産をしている。



ところが、H 原子 1 個の相対質量は 1.0078、He 原子 1 個の相対質量は 4.0026 である。式から明らかのように核融合反応を起こすと質量が小さくなる。

水素 1Kg がヘリウムに変わるとき、 0.0072 Kg の質量が欠損する。アインシュタインの相対性理論では、

$$E = m c^2 \quad (\text{J})$$

であることがわかっている。

ただし c は光速で $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ である。

水素 1Kg が全てヘリウムに変わったときは何 J のエネルギーが発生するか。

問 5

太陽の中心で H が He に変わっていきながらエネルギーを発生させていく。生じた He は密度が大きいので太陽の中心にたまってヘリウムの芯を形成する。H の 10% がヘリウ

ムに変わったとき、大きくなった芯は収縮し、外層は膨張し、赤色巨星になる。

赤色巨星以降の進化速度は速く、太陽の寿命は、ほぼ中心で水素の熱核融合反応を起こしている期間に相当すると考えることができる。太陽の寿命は何年か？

第 3 回 (2 限分)

主系列星の進化と寿命、HR 図の意味

光度質量関係は別時に説明する。

また、恒星進化については、星間物質から超新星残骸まで押さえている。ここでは、主系列星のみ紹介する。

以下の文章の () に適語を入れさせた上で以下の問を考えさせる。

主系列星

原始星の中心温度が (①) K を越えると、中心で (②) 反応が始まり、安定して輝くようになる。この状態を主系列星という。② 反応はかなり安定している上、恒星の成分の 90% 以上は水素であるので、恒星の寿命の大半は主系列星である。主系列星では質量光度関係があり、明るい主系列星ほど質量が大きい。つまり O 型 B 型の恒星はかなり質量が大きく、太陽の 10 倍以上もある。A 型で 3 倍、M 型で 0.1 倍である。

問 太陽は主系列星で 100 億年輝き続けることができる。A 型星の寿命は何年か？ただし、A 型星の質量は太陽の 3 倍、絶対等級は 5 等明るい。

研究 同じく M 型星の寿命を推定せよ。絶対等級は 10 等である。

主系列星の最後

主系列星は(③)) 反応でエネルギーを製造している。つまり、いつかは水素はヘリウムに変わる。全水素量の10%がヘリウムに変わったとき、ヘリウムの灰が恒星の中心にたまり、芯ができる。芯が大きくなると核融合反応の反応面積が大きくなり、発生するエネルギー量が大きく、絶対等級が(④)) になり赤く、半径の大きな恒星となる。
これを(⑤)) という。

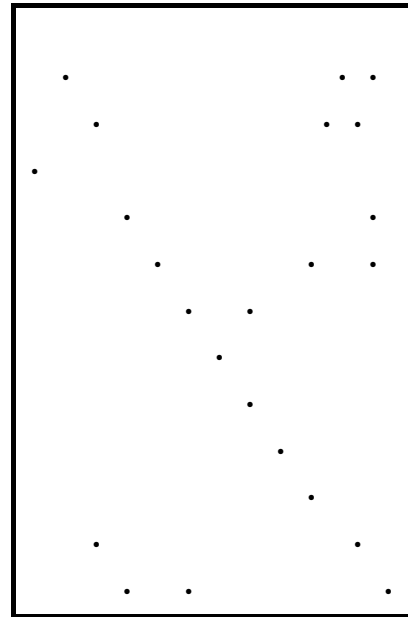
主系列星の寿命について次の表の空欄を計算して埋めよ。

スペクトル型	質量 (M \odot)	絶対等級	寿命(年)
O型	10	-5等	数百万年
B型	5	-5等	数千年
A型	3	等	
F型	2	3等	10億年
G型	1	等	
K型	0.5	8等	500億年
M型	0.1	10等	

次の図はHR図である。(HR図は既出)
下のHR図に以下の内容を書き込みなさい。

- 表面温度が 高い 低い
- 放射エネルギー量が 高い 低い
- エネルギー消費量が 高い 低い
- 半径が 大きい 小さい
- 質量が 大きい 小さい (主系列星)
- 寿命が 長い 短い (主系列星)

絶対等級



O B A F G K M
スペクトル型

7. 生徒の評価

年度の終わりに授業の評価、特に協同学習について、質問をしてみた。

質問内容は

- 質問 1: コの字授業の方が一斉授業に比べて、理解が深まった。
- 質問 2: コの字授業の方が一斉授業に比べて、集中出来ない。(ネガティブ質問)
- 質問 3: コの字授業の方が一斉授業に比べ、家庭学習が増えた。
- 質問 4: コの字授業の方が一斉授業に比べ、私語が減った。
- 質問 5: コの字授業の方が一斉授業に比べ、楽しい。
- 質問 6: 全体的にコの字授業の方が一斉授業に比べ良い。
- 質問 7: 一年間、この教科を学習してきて、自信がついた。

それぞれの質問に はい、まあまあ、あまり、いいえの4段階で回答させた。その結果を円グラフで表したものを図4から図10に示してある。

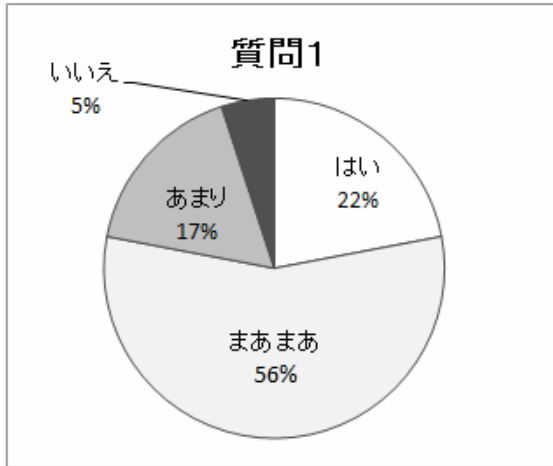


図4 質問1コの子授業の方が一斉授業に比べて、理解が深まった。

質問1では、理解の深まりを聞いている。結果は75%を超える生徒が良いという回答であった。

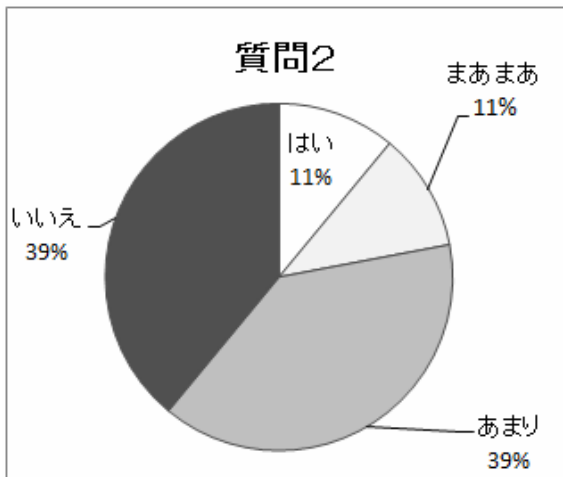


図5 質問2コの子授業の方が一斉授業に比べて、集中出来ない。

この質問はネガティブ質問である。「いいえ」、「あまり」が多いほど評価が高い。「いいえ」、「あまり」で75%を越えている。

協同的学習の方が集中できたということである。

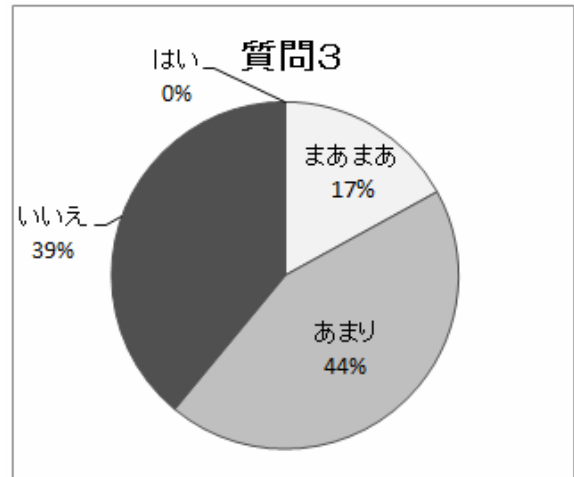


図6 質問3コの子授業の方が一斉授業に比べ、家庭学習が増えた。

この質問では、家庭学習が増えていないということであるから、家庭学習の増加と授業形態に相関が無いということである。授業では、宿題をほとんど出さなかった。

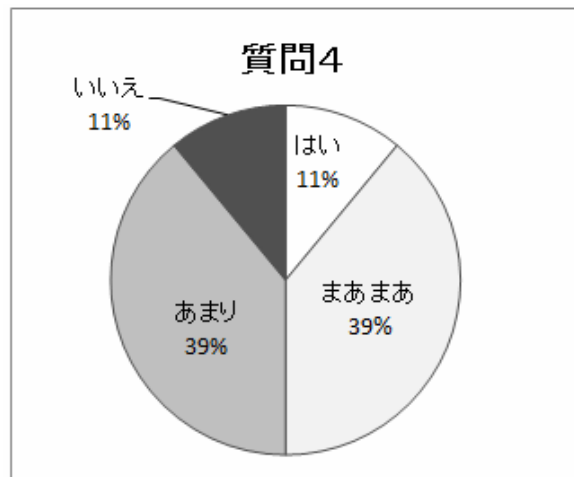


図7 質問4コの子授業の方が一斉授業に比べ、私語が減った。

この質問でも授業形態が私語に及ぼす影響は認められない。

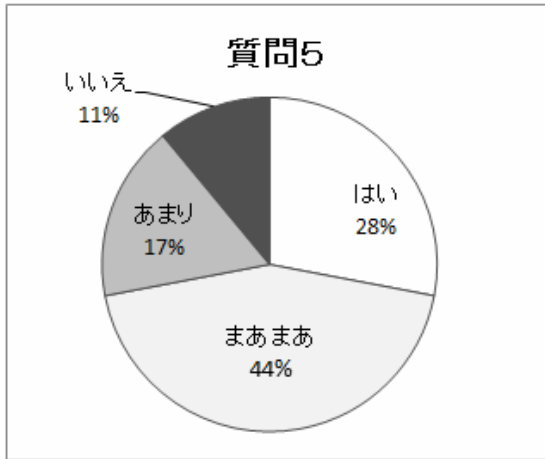


図8 質問5 コの字授業の方が一斉授業に比べ、楽しい。

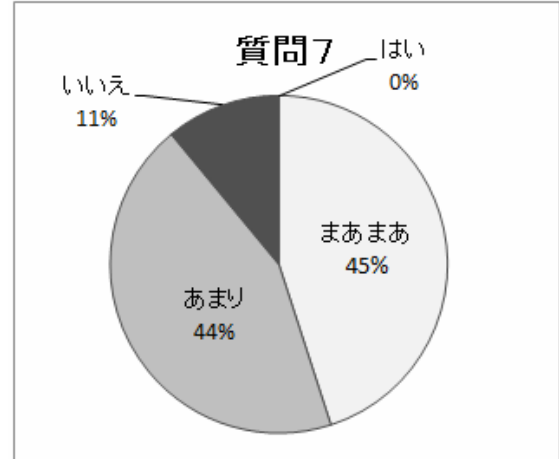


図10 質問7 一年間、この教科を学習してきて、自信がたった。

授業が比較して楽しいという生徒が 75% 近くいることが分かる。

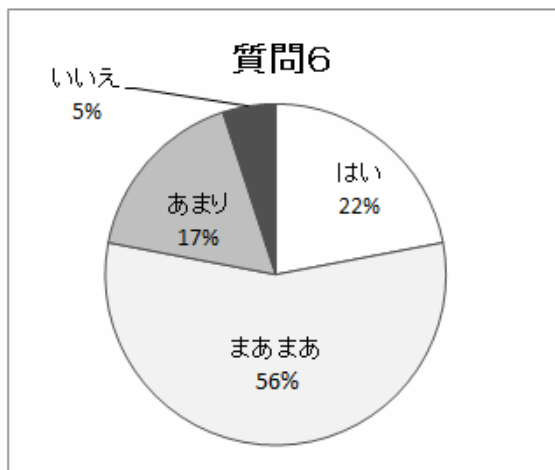


図9 質問6 全体的にコの字授業の方が一斉授業に比べ良い。

質問6からは、学びの共同体学習が生徒に受けられている様子が見られる。

質問7では、授業で学力に自信がたったかどうか、相半ばであることが示された。授業展開の方法や中身に熟れていない部分があると思うので、今後の課題としたい。

7.1 生徒の個別感想

自由記述で生徒の感想をかいてもらった。

生徒1：授業中にケイタイをしている生徒が減った。いつもの授業より集中して受けている。先生の話が耳に良く入る。

生徒2：近くの人との距離が近いので、分からない時は聞きやすいです。

生徒3：コで授業を受けたことがなかったので新鮮だった。

生徒4：先生との距離が近くなったような気がする。

生徒5：しっかり学習できて良かったです。

生徒6：黒板が見えづらかったりしたが、先生との距離が近い分、理解出来る量が増えた気がする。グループの形になると、机を真後ろに向けるのがいちいち面倒くさかったです。

生徒7：話し合いとか、グループで教え合いたいなは楽しいけど、私語が増えてしまった気がした。先生が普通の授業形態より近くにくるので、コミュニケーションがとれてよかったと思う。

生徒8：黒板がたまに見にくいです。

生徒9：どちらかというコでない方がよい。

生徒10：とりあえず文字をきれいに書いて、黒板に図を書くときはちゃんと見えるような位置に書いて欲しい。先生の体

で何も見えない。

生徒 11: 先生の字がきたないので読みにくい。

生徒 12: コの字の場合の席替えはとりあえず、

うるさい組がかたまらないようにした方がいと思う。

生徒 13: 机を移動させる時の音がやかましい。

以上のアンケート結果を見て次のことが確認できるだろう。

- 1) 協同的学習は、生徒に受け入れられる可能性が高い。
- 2) 同様に、生徒の実態にあった授業形態であると考えられる。居眠り、スマホ・携帯、無気力、理解力不足などに対応できていると考えている。
- 3) 授業の工夫（机移動時の騒音、板書の位置など）が大事である。

8. 最後に

協同的学習を行った経験から、この方法では教員自身の教材へのかなり深い理解が必要であり、また、教材研究も非常に大事であると考えている。

現在は、授業の改革の嵐のまっただ中にある。授業はプログラム型からプロジェクト型へ。授業形態は、従来型の一斉授業から協同的学びへ。生徒の学習形態は、受け身から主体的学びへ。生徒にとっては消極的であり、受動的な教室が積極的で能動的な学習の場に変化する。つまり教室は、知識習得の場から考える場もしくは考えることを学ぶ場へ転換しているのである。指導者である教員自身も当然、教える専門家から学びの専門家に変貌する必要がある [1]。授業改革は既に日本国内で小中学校の 3 割以上で、実施され、世界的に 20 世紀型の授業を行っているのは、日本を始めとする東アジアの一部の国だけとなっている。

大学では、就職を考えてアクティブ・ラ

ーニングを導入し、高校は、ひとり授業改革のエアポケット状態として取り残されているのである。

コ字教室配置やグループ学習だけが授業改革でもないし、協同的学習に基づくものが優れた授業形態ではないと私は考えている。また、学びの共同体による授業研究は、学問にはなり得ない「術」の取組であるとも考えている。また、学校改革であるという。教員は教えのプロである。その教員は今後、学びのプロにならないといけない。そして、生徒の変化に応じた授業方法は今後も追求されなくてはならないと考えている。今後も学べる授業を目指して研究に努めたいと考えている。

なお、この実践報告は 2013 年 12 月 1 日、京都大学で行われた本会近畿支部集会で一部報告したものである。

文 献

- [1] 授業と学びの大改革「学びの共同体」で変わる！高校の授業 佐藤学 p10～p21 佐藤学 和井田節子 草川剛人 浜崎美保編著 明治図書 2013 年月
- [2] 「大学全入時代が抱える大学での問題 学習モチベーションアップ研究会 2013 秋資料 ベネッセ
- [3] <http://manabi.justhpb.jp/>
- [4] 大竹文雄 朝日新聞 2013 年 4 月 3 日朝刊 視点 ニッポン前へ 2 「豊かなのに苦しい」わけは

西村 昌能