

授業改革における理科実験授業の適合性

稲垣 善茂

村田 恵子

Suitability of Science Experiment Classes for Class Reform

INAGAKI Yoshishige, MURATA Keiko

1. はじめに

近年、世界各地の各大学において教育内容の質の向上に目が向けられるようになり、質の向上を目的とした授業改革が世界中で、さまざまな形で始まった。海外の事例としては例えば、2005年のマサチューセッツ工科大学（MIT）の例は、「問題解決型学習」プロジェクト・ベースド・ラーニング（PBL）を導入することで授業改革を行い、深い学び（Deep Learning）を試みたものである[1]。MIT機械工学科における演習授業では、機械工学と生産工学の基礎理論と実践を学ぶが、授業の最終回において競技会を行い、そこで優勝するために各受講生が独自のロボットを設計、制作し、競技会に臨む。現在世界で行われているロボットコンテストのきっかけとなったPBL授業である[1, 2]。

また、2012年のスタンフォード大学メディカルスクールの事例は、臨床に関する知識を与える時間を確保できないという課題解決のためにアクティブラーニングの一種である反転授業を導入した結果、出席率が30%から80%に増加した[3]。さらに「講義」のみの授業を廃止し、大学院生と一緒に問題を解くというアクティブな学び（Active Learning）に切り替えることによって、物理学の平均点も41点から71点へと大幅な伸びを示した[3]。また、サンノゼ州立大学工学部では、無料オンライン講義であるMOOC（Massive Open Online Course）を専門基礎教育に活用して反転授業を実施した結果、落第率が4割程度から1割程度に減った[4]。このように授業形態を改変することによって教育効果を上げる試みが世界各所で始まった。

日本の事例としては、すでに様々なものが各大学で行われているが、例えば東京大学の「総合的改革」[5]や京都大学のWINDOW構想[6]、そして一橋大学の「強化プラン（1）、（2）」[7]が総合大学における教育改革を含む大学改革の典型的なプログラムとして挙げられる。いずれもPBLやアクティブラーニング、グループディスカッションを授業プログラムに導入することにより、問題解決能力やチームワーク力を養い、学生の国際競争力、自主性、自立心、創造力などの育成を目指した総括的な教育改革プログラムとなっている。

プロジェクト・ベースド・ラーニング（PBL）とは、1990年代初頭にアメリカの教育学者ジョン・デューイが唱えた学習方法であり、日本語では「問題解決型学習」「課題解決型学習」などと訳される[8]。また、「アクティブラーニング」という言葉は、日本では2012年の中央教育審議会の答申で登場したのが始まりであるが[9]、ジョン・デューイが唱えたPBLもアクティブラーニング授業の1つであり[8]、授業において1

つのプロジェクト（課題）を設定し、それに向かって学生の自主的な深い学びを導き出す授業のことである。したがって、いずれの授業改革においても、授業改革としてのキーワードは「アクティブラーニング」ということになる。

本学では2022年度より従来は90分であった授業時間を15分延長し、105分化するのに伴い、授業内容を更に強くアクティブラーニング化する方向を明確に打ち出した[10]。これに伴い理科実験授業についても、これまで以上にその内容に学生との対話、深い学びの要素（例えばディスカッション）を導入することでアクティブラーニングを強化し、授業の魅力を増し、教育効果の向上を目指した。

2. 理科実験授業への授業改革の導入とアンケート方法

本論文では、2学年（2021-2022, 2022-2023）に渡り教育学科の理科実験授業2回生後期「理科概説」と3回生前期「理科教育法」において2022年度から導入された授業改革の教育効果について検討を試みた。2021-2022年度期における学年では、その後半から授業改革が導入され、2022-2023年度期における学年では、1年間全てで授業改革が導入された。

（1）2021年度（90分授業）-2022年度（105分授業）期における授業改革の分析方法：

新型コロナ禍の影響が過ぎ去って通常の対面授業に戻ってからの授業改革を導入する以前の2021年度2回生後期「理科概説」（90分授業）と、本学で初めて授業改革を導入した2022年度3回生前期「理科教育法」（105分授業）間での同一学生によるアンケート調査について分析を行うことで、理科実験授業における授業改革の教育効果を明らかにする。今回の授業改革では、授業時間の105分化に伴って、模擬授業でのプレゼンテーション時間の延長、実験結果の考察、議論などの充実などによりアクティブラーニングを強化したが、これらの改革が教育効果に及ぼす影響を中心にアンケートを行っている。

（2）2022年度（105分授業）-2023年度（105分授業）期における授業改革の分析方法：

すでに通常の対面授業かつ授業改革が導入された半年後から始まった2022年度2回生後期「理科概説」（105分授業）と、2023年度3回生前期「理科教育法」（105分授業）間での同一学生によるアンケート調査について分析を行うことで、理科実験授業における授業改革の教育効果を明らかにする。ある程度、アクティブラーニングの強化と授業時間の105分化に慣れ始めた学生に対して、授業改革が教育効果に及ぼす影響を中心にアンケートを行っている。

以上の（1）と（2）の2学年のケースを比較、検討することにより、理科実験授業と授業改革の適合性について明らかにしたい。

まずは、2学年とも同じシラバスを用いていることから、（1）2021-2022年度期におけるシラバスを表1と表2に、さらに（1）で用いた「アンケート調査用紙の内容」を、表3に提示する。

授業改革における理科実験授業の適合性

表1 2021後期（2回生後期理科概説）のシラバス

授業コード	S61160	ナンバリングコード	LH2-100		
科目名称	理科概説	実務経験のある教員による授業			
サブタイトル					
担当教員	村田 恵子、稲垣 善茂				
開講学期	2021年度 後期	授業形態	講義	単位数	2
到達目標	小学校教諭として必要な理科基礎実験の知識や技術が習得できるようになることを目指す。				
授業概要	<p>小学校理科全般の教科内容について講義を行う。特に、小学校学習指導要領の目標や内容および指導計画について解説するとともに、物理・化学・生物・地学分野ごとに下記のテーマについて実験・実習を行い、結果をまとめてレポートを提出する。</p> <p>講義内では、情報機器を活用した教材提示の手法も適時指導する。</p>				
準備学修（授業前後の主体的な学修）	事前に配布するプリントをよく読み、実験・演習内容を理解しておくこと。また、前回の実験・演習のレポートを提出すること。各回、予習復習合わせて4時間程度。				
授業計画	<ol style="list-style-type: none"> 1.オリエンテーション（稲垣・村田） 2. (1) てこ、輪軸、滑車（物理担当：村田） 3. (2) 浮力と比重（物理担当：村田） 4. (3) 光と反射（物理担当：村田） 5. (1) 細胞（生物担当：稲垣） 6. (2) 染色体及び組織・器官（生物担当：稲垣） 7. (3) 消化と酵素（生物担当：稲垣） 8. (1) 溶液の濃度・調製法（化学担当：稲垣） 9. (2) 酸と塩基・中和滴定（化学担当：稲垣） 10. (3) 糖類の性質（還元性）（化学担当：稲垣） 11. (1) 月（地学担当：村田） 12. (2) 太陽（地学担当：村田） 13. (3) 星（地学担当：村田） 14.まとめ（物理・化学分野）（稲垣・村田） 15.まとめ（生物・地学分野）（稲垣・村田） 				
成績評価方法	レポート（60点）と試験（40点）				
課題（試験やレポート等）に対するフィードバックの方法	レポートについては採点し、返却時に模範解答等を配布する。				

表2 2022前期（3回生前期理科教育法）のシラバス

授業コード	S61040	ナンバリングコード	LH3-145
科目名称	理科教育法	実務経験のある教員による授業	
サブタイトル			
担当教員	村田 恵子、稲垣 善茂		
開講学期	2022年度 前期	授業形態	講義
		単位数	2
到達目標	小学校教諭として必要な理科基礎実験の知識や技術が習得できるようになることをめざす。		
授業概要	小学校理科全般の教科内容及びその指導法について講義を行う。特に、小学校学習指導要領の目標や内容および指導計画について解説するとともに、学習指導案の作成や指導上の留意点、学習評価の考え方を理解し、模擬授業の実施とそのふりかえりを通して授業改善の視点を身につけさせる。また、情報機器及び教材の効果的な活用と当該教材の目標及び主な内容、全体構造理解のために物理・化学・生物・地学分野ごとに下記のテーマについて実験・実習を行い、結果をまとめてレポートを提出する。		
アクティブ・ラーニングの形態			
PBL(課題解決型)	○	反転授業	○
ディスカッション・ディベート	○	グループワーク	○
プレゼンテーション	○	実習、フィールドワーク	
その他			
準備学修（授業前後の主体的な学修）	事前に配布するプリントをよく読んで、実験・演習内容を理解しておくこと。また、前回の実験・演習のレポートを提出すること。各回、予習復習合わせて4時間程度。		
授業計画	1: (1) 電気の回路（物理担当：村田） 2: (2) 豆電球（物理担当：村田） 3: (3) 磁石及び指導案作成および模擬授業の実施（物理担当：村田） 4: (1) 光合成（生物担当：稲垣） 5: (2) 呼吸と発酵（生物担当：稲垣） 6: (3) 花から実への指導案作成および模擬授業の実施（生物担当：稲垣） 7: (1) 固体の精製（再結晶）（化学担当：稲垣） 8: (2) 液体の精製（蒸留）（化学担当：稲垣） 9: (3) 水溶液の性質の指導案作成および模擬授業の実施（化学担当：稲垣） 10: (1) 気象（地学担当：村田） 11: (2) 水と地形（地学担当：村田） 12: (3) 地層と化石・岩石及び指導案作成および模擬授業の実施（地学担当：村田） 13: まとめ（稲垣・村田）		
成績評価方法	レポート（60点）と試験（40点）		
課題（試験やレポート等）に対するフィードバックの方法	レポートについては採点し、模範解答等を配布もしくはmanabaにアップする。		

表3 実際に用いたアンケート調査用紙の内容の具体例（2021-2022受講者対象用）

授業改革における理科実験授業の適合性に関する調査 20220713
 (担当：教育学科 稲垣善茂、村田恵子)

神戸女子大学は最新の教育や研修を行っており、その実現のためには皆様の協力が不可欠です。以下の文章は調査への参加についての説明文です。本調査についてご説明いたしますので、内容を十分に理解されたうえで、参加するかどうかご自身の意思でお決めください。なお、本調査を拒否してもなんら学生への成績評価に対して不利益にならないことを申し伝えます。また、ご不明の点などがありましたら稲垣まで、メールや直接問い合わせるなど遠慮なくご質問ください。

なお、アンケートの回答をもってアンケート調査への協力とデータの利用に同意したものとみなします。論文作成への本データの使用に際しては、個人が特定できないようにデータの取り扱いに注意すること、また、回答の撤回は個人が特定できないため、回収後は撤回できないことを申し添えます。アンケート内容は、「授業改革における理科実験授業の適合性に関する調査」です。

・授業改革とは90分授業からアクティブラーニングを導入した105分授業へと授業時間の延長をすることにより、教育効果の向上を目指した改革のことです。2021年度（2回生）後期「理科概説」における面接（対面）授業（90分授業）と2022年度（3回生）前期「理科教育法」における面接（対面）授業（105分授業）間の違いについてどのように感じたか質問します。ただし、両方の面接授業条件が同じになるよう、模擬授業の授業回は除いてお考えください。（全部で8問）

1) 90分授業と105分授業を比較して、授業内容の理解は105分化する事により、

非常に分かりやすくなった	少し分かりやすくなった	全く変わらなかった	少し分かりにくくなった	非常に分かりにくくなった
5	4	3	2	1

2) 90分授業と105分授業を比較して、アクティブラーニングの頻度は105分化する事により、

非常に増えた	どちらかという増えた	全く変わらなかった	どちらかという減った	非常に減った
5	4	3	2	1

3) 90分授業と105分授業を比較して、理科の実験に対しては105分化する事により、

非常に助けになった	どちらかという助けになった	全く変わらなかった	どちらかという助けにならなかった	全く助けにならなかった
5	4	3	2	1

4) 90分授業と105分授業を比較して、授業時間外課題の出題量は105分化する事により、

非常に減ったと感じた	どちらかという減ったと感じた	全く変わらなかった	どちらかという増えたと感じた	非常に増えたと感じた
5	4	3	2	1

5) 90分授業と105分授業を比較して、授業受講後の疲労度は105分化する事により、

非常に減った	どちらかという減った	全く変わらなかった	どちらかという増した	非常に増した
5	4	3	2	1

6) 90分授業と105分授業を比較して、学習意欲は105分化する事により、

非常に高まった	どちらかという高まった	全く変わらなかった	どちらかという減った	非常に減った
1	2	3	4	5

7) 90分授業と105分授業を比較して、総合的に教育効果は105分化する事により、

非常に高まったと感じた	どちらかという高まったと感じた	全く変わらなかった	どちらかという減ったと感じた	非常に減ったと感じた
1	2	3	4	5

8) 自由記述欄（授業改革に関する要望や感想をお願いします。）

--

以上です。ご協力ありがとうございました。

3. アンケート結果とピアソン相関分析

(1) 2021年度(90分授業)-2022年度(105分授業)期における授業改革の分析結果(アンケートの詳細):

3回生前期授業終了時点で採ったアンケートの質問内容を表4に示す。質問項目によっては回答していない学生もいるため、各質問の学生参加数は80名~83名の範囲となっている。項目ごとに番号を選択させる形式で質問した。全ての設問は、90分授業と105分授業を比較することとなっており、105分授業になっただのように感じているかを設問している。

設問1(Q1)では、授業内容の理解度について質問した。「非常に分かりやすくなった」もしくは「多少分かりやすい」と肯定的に答えた学生は49.4%であった。また設問2(Q2):アクティブラーニングの頻度については「非常に増えた」もしくは「少し増えた」と肯定的に答えた学生は60.2%であった。さらに、設問3(Q3):理科実験の助けになっているかについては「非常に助けになった」もしくは「どちらかという」と助けになった」と肯定的に答えた学生は73.5%であった。いずれの設問に対しても「分かりにくい」、「頻度が減った」や、「助けにならなかった」など否定的な意見を選択した学生は1.2~10.8%であった。これらの結果から、授業改革により105分化することは理科の実験授業への理解に対して有効であると結論付けられる。

表4 2021-2022 アンケート結果

Q1 授業内容のわかりやすさ (n=83)	5 非常に分かりやすい	4 多少分かりやすい	3 変化なし	2 多少分かりにくい	1 非常に分かりにくい
	7.2% (6/83)	42.2% (35/83)	39.8% (33/83)	9.6% (8/83)	1.2% (1/83)
Q2 アクティブラーニングの頻度 (n=83)	5 非常に増えた	4 少し増えた	3 変化なし	2 少し減った	1 非常に減った
	10.8% (9/83)	49.4% (41/83)	38.6% (32/83)	1.2% (1/83)	0% (0/83)
Q3 理科実験に対する助け (n=83)	5 非常に助けになった	4 多少助けになった	3 変化なし	2 多少助けにならなかった	1 全く助けにならなかった
	20.5% (17/83)	53.0% (44/83)	21.7% (18/83)	4.8% (4/83)	0% (0/83)
Q4 時間外課題の出題量 (n=82)	5 非常に減った	4 少し減った	3 変化なし	2 少し増えた	1 非常に増えた
	0% (0/82)	12.2% (10/82)	74.4% (61/82)	13.4% (11/82)	0% (0/82)
Q5 受講の疲労度 (n=82)	5 非常に減った	4 少し減った	3 変化なし	2 少し増えた	1 非常に増えた
	1.2% (1/82)	0% (0/82)	22.0% (18/82)	52.4% (43/82)	24.4% (20/82)
Q6 学習意欲の向上 (n=80)	5 非常に高まった	4 多少高まった	3 変化なし	2 多少減った	1 非常に減った
	6.3% (5/80)	13.8% (11/80)	55.0% (44/80)	21.3% (17/80)	3.8% (3/80)
Q7 総合的な教育効果 (n=81)	5 非常に高まった	4 多少高まった	3 変化なし	2 多少減った	1 非常に減った
	7.4% (6/81)	28.4% (23/81)	43.2% (35/81)	18.5% (15/81)	2.5% (2/81)

一方、設問4 (Q4) では、授業時間外課題の出題量の変化について設問した。設問4 (Q4): 授業時間外課題の出題量が「非常に減った」もしくは「少し減った」と肯定的に答えた学生は12.2%であった。「変化なし」と答えた学生は74.4%であった。一方で、「非常に増えた」もしくは「少し増えた」と否定的に答えた学生は13.4%であった。このことから、授業時間の増加と課題量の増減には関係性がないものと推定される。また、設問5 (Q5): 授業受講後の疲労度については、「非常に減った」もしくは「少し減った」と肯定的に答えた学生は1.2%であった一方で、「非常に増えた」もしくは「多少増えた」と肯定的に答えた学生は76.8%にも及んでおり、学生への負担が激増していることが窺える。

設問6 (Q6): 学習意欲が高まったか、あるいは減ったかという設問については「非常に高まった」もしくは「多少高まった」と肯定的に答えた学生は20.1%であった。「変化なし」と答えた学生は55.0%であった。一方で、「非常に減った」もしくは「多少減った」と否定的に答えた学生は25.1%であった。このことから、授業時間の増加と学習意欲の高低にはさほど関係性はないものと推定される。

設問7 (Q7): 総合的に学習効果が高まったかどうかについての設問では、「非常に高まった」もしくは「多少高まった」と肯定的に答えた学生は35.8%であった。「変化なし」と答えた学生は43.2%であった。一方で、「非常に減った」もしくは「多少減った」と否定的に答えた学生は21.0%であった。このことから、授業改革(授業時間の増加やアクティブラーニングの強化)により比較的には学習効果が多少高まったものと推定される。

次に、Q1からQ7についてピアソン相関分析を行った(表5)。解析ソフトウェアはIBM SPSS Statistics ver.23を用いて、二変数(2-tailed)におけるピアソン相関係数(Pearson correlation coefficient)を算出した。サンプル数は(N=83)であったが、3つについては無回答を含んでおり、それを除いたN=80で計算を行った。また、相関係数rの値が、 $0.7 \leq r \leq 1.0$ では、強い正の相関が見られることを示し、 $0.4 \leq r \leq 0.7$ では、正の相関が見られることを示している。逆に、 $-1.0 \leq r \leq -0.7$ では、強い負の相関が見られることを示し、 $-0.7 \leq r \leq -0.4$ では、負の相関が見られることを示している。**は、 $p < 0.01$ を示している。

表5の結果を見ると、Q1「105分化により授業の内容理解が進むこと」とQ3「理科の実験の助けになること」の間には、正の相関関係($r=0.548$)が見られた。これはすなわち、授業の内容理解が理科の実験の助けになることを示している。さらに、Q2「アクティブラーニングの頻度が増えること」とQ3「理科の実験の助けになること」の間にも正の相関関係($r=0.418$)が見られた。これはすなわち、アクティブラーニングの頻度が増えることが理科の実験の助けになることも示している。従って、理科の実験はアクティブラーニングと相性が良く、内容の理解が理科の実験の助けになることが示されたことになる。

また、Q6「学習意欲が高まること」とQ7「総合的に教育効果が高まること」の間には、強い正の相関関係($r=0.717$)が見られた。これは考えてみれば、至極当然の結果と考えられるが、逆に、Q1「授業内容の理解が進むこと」とQ6「学習意欲が高まること」の間には相反($r=-0.572$)が見られ、また、Q1「授業内容の理解が進むこと」とQ7「総合的に教育効果が高まること」の間にも相反($r=-0.571$)が見られることから、Q1「授業内容の理解が進むこと」は、理科実験においては、必ずしも学習意欲や教育効果に良い結果を与えているわけではないということが分かった。同じように、Q2「アクティブラーニングの頻度が高くなること」とQ6「学習意欲が高まること」の間には相反($r=-0.480$)が見られ、また、Q2「アクティブラーニングの頻度が高くなること」とQ7「総合的に教育効果が高まること」の間にも相反($r=-0.499$)が見られることから、Q2「アクティブラーニングの頻度が高くなること」は、理科実験においては、必ずしも学習意欲や教育効果に良い結果を与えているわけではないということも分かった。

さらに、Q5「授業受講後の疲労度が減少したこと」とQ6「学習意欲が高まること」の間には相反($r=-0.500$)が見られ、また、Q5「授業受講後の疲労度が減少したこと」とQ7「総合的に教育効果が高まること」

の間にも相反 ($r = -0.441$) が見られることから、程よい学習意欲や教育効果は、授業後の疲労度を増加させる可能性があるということを示唆していた。

表5 2021-2022 相関分析結果

(N=80)	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7
Q1	1	0.337**	0.548**	0.075	0.217	-0.572**	-0.571**
Q2	0.337**	1	0.418**	-0.155	0.166	-0.480**	-0.499**
Q3	0.548**	0.418**	1	0.152	0.062	-0.328**	-0.394**
Q4	0.075	-0.155	0.152	1	0.065	0.085	0.101
Q5	0.217	0.166	0.062	0.065	1	-0.500**	-0.441**
Q6	-0.572**	-0.480**	-0.328**	0.085	-0.500**	1	0.717**
Q7	-0.571**	-0.499**	-0.394**	0.101	-0.441**	0.717**	1

** : $p < 0.01$,

実際に Q8 自由記述アンケートにおいて、理科実験においては、程よい学習意欲や教育効果を与えている可能性があるということを示唆している意見が散見されている。以下に、105分化に肯定的な意見と否定的な意見のみを抽出した。

(105分化に肯定的な意見)

- ・理科は実験があるので105分を活用しやすいと感じた
- ・105分は長く感じる時も多かったけれど、その分授業回数が減るのは嬉しかった
- ・105分化されてゆっくり授業を受けることができた
- ・他の教科は指導案作成と模擬授業で15回の方が良いと思ったが理科教育法に関しては実験観察から13回が妥当だと思った
- ・105分化で1回の授業の重みを感じた
- ・実験が多く取り入れられて授業が楽しかった
- ・理科のように活動が多い授業だと105分化の弊害を感じることはないが、105分の座学ではとてもしんどいので授業によって大きな差を感じた
- ・とてもわかりやすかった
- ・課題が難しかったがどの授業よりも身についたと思う

(105分化に否定的な意見)

- ・可能であれば90分に戻してほしい
- ・コロナや危ない実験もちろんあるが、もう少し班で議論しながら受講したい
- ・105分化で量が増えた分、スピードも上がり授業内での理解が難しかった

なお、自由記述については、恣意的に抽出した可能性を排除するために（信頼性と妥当性の確保）、「105分化に肯定的な意見」と「105分化に否定的な意見」を合わせると学生からの全てのコメントが抽出されていることをメンバー・チェックにより検証した。

(2)2022年度(105分授業)-2023年度(105分授業)期における授業改革の分析結果(アンケートの詳細):

3回生前期授業終了時点で採ったアンケートの質問内容を表6に示す。各質問の学生参加数は64名となっている。(1)の前回と同様、項目ごとに番号を選択させる形式で質問した。一年を通じて105分授業

になってどのように感じているかを設問している。

設問1 (Q1) では、授業内容の理解度について質問した。「非常に分かりやすい」もしくは「多少分かりやすい」と肯定的に答えた学生は68.8%であった。また設問2 (Q2)：アクティブラーニングの頻度については「非常に増えた」もしくは「少し増えた」と肯定的に答えた学生は78.1%であった。さらに、設問3 (Q3)：理科実験の助けになっているかについては「非常に助けになった」もしくは「多少助けになった」と肯定的に答えた学生は92.2%であった。いずれの設問に対しても「分かりにくい」、「頻度が減った」や、「助けにならなかった」など否定的な意見を選択した学生は1.6～3.1%と前回に比べて激減した。これらの結果から、授業改革により105分化することは理科の実験授業への理解に対して非常に有効であると結論付けられる。

一方、設問4 (Q4) では、授業時間外課題の出題量の変化について設問した。設問4 (Q4)：授業時間外課題の出題量が「非常に減った」もしくは「少し減った」と肯定的に答えた学生は10.9%であった。「変化なし」と答えた学生は73.4%であった。一方で、「非常に増えた」もしくは「多少増えた」と否定的に答えた学生は15.7%であり、(1)の前回とほぼ変わらなかった。このことから、(2)においても授業時間の増加と課題量の増減には関係性がないものと推定された。また、設問5 (Q5)：授業受講後の疲労度については、「非常に減った」もしくは「少し減った」と肯定的に答えた学生は4.7%であった一方で、「非常に増えた」もしくは「少し増えた」と肯定的に答えた学生は78.1%にも及んでおり、(1)の前回とほぼ同様に学生への負担が激増していることが窺える。

設問6 (Q6)：学習意欲が高まったか、あるいは減ったかという設問については「非常に高まった」もしくは「多少高まった」と肯定的に答えた学生は18.8%であった。「変化なし」と答えた学生は57.8%であった。一方で、「非常に減った」もしくは「多少減った」と否定的に答えた学生は23.4%で(1)の前回とほぼ同様であった。このことから、(2)においても授業時間の増加と学習意欲の高低にはさほど関係性はないものと推定される。

設問7 (Q7)：総合的に学習効果が高まったかどうかについての設問では、「非常に高まった」もしくは「多少高まった」と肯定的に答えた学生は45.4%であった。「変化なし」と答えた学生は34.4%であった。一方で、「非常に減った」もしくは「多少減った」と否定的に答えた学生は20.4%であった。このことから、(2)の時期には授業改革（授業時間の増加やアクティブラーニング強化）の導入効果が少しずつ現れ始めたせいもあり、(1)に比べて学習効果が9.6ポイント高まった。なお、表4と表6を比較することについては、講義内容も若干異なっていることから、アンケート結果には、授業時間の相違、アクティブラーニングの強化だけでなく、講義内容の相違による影響も含まれている可能性も排除できないものと思われた。

表6 2022-2023 アンケート結果

Q1 授業内容のわかりやすさ (n=64)	5 非常に分かりやすい	4 多少分かりやすい	3 変化なし	2 多少分かりにくい	1 非常に分かりにくい
	9.4% (6/64)	59.4% (38/64)	28.1% (18/64)	3.1% (2/64)	0.0% (0/64)
Q2 アクティブラーニングの頻度 (n=64)	5 非常に増えた	4 少し増えた	3 変化なし	2 少し減った	1 非常に減った
	12.5% (8/64)	65.6% (42/64)	20.3% (13/64)	1.6% (1/64)	0.0% (0/64)
Q3 理科実験に対する助け (n=64)	5 非常に助けになった	4 多少助けになった	3 変化なし	2 多少助けにならなかった	1 全く助けにならなかった
	29.7% (19/64)	62.5% (40/64)	6.3% (4/64)	1.6% (1/64)	0.0% (0/64)
Q4 時間外課題の出題量 (n=64)	5 非常に減った	4 少し減った	3 変化なし	2 少し増えた	1 非常に増えた
	0.0% (0/64)	10.9% (7/64)	73.4% (47/64)	14.1% (9/64)	1.6% (1/64)
Q5 受講の疲労度 (n=64)	5 非常に減った	4 少し減った	3 変化なし	2 少し増えた	1 非常に増えた
	0.0% (0/64)	4.7% (3/64)	17.2% (11/64)	48.4% (31/64)	29.7% (19/64)
Q6 学習意欲の向上 (n=64)	5 非常に高まった	4 多少高まった	3 変化なし	2 多少減った	1 非常に減った
	0.0% (0/64)	18.8% (12/64)	57.8% (37/64)	20.3% (13/64)	3.1% (2/64)
Q7 総合的な教育効果 (n=64)	5 非常に高まった	4 多少高まった	3 変化なし	2 多少減った	1 非常に減った
	1.6% (1/64)	43.8% (28/64)	34.4% (22/64)	18.8% (12/64)	1.6% (1/64)

次に、Q1からQ7についてピアソン相関分析を行った(表7)。(2)についても(1)と同様の解析ソフトウェアを用いた。サンプル数は(N=64)で計算を行った。

表7の結果を見ると、Q1とQ6の間($r=0.422$)、Q1とQ7の間($r=0.456$)に正の相関関係が見られた。Q1「105分化により授業の内容理解が進むこと」とQ6「学習意欲が高まること」とQ7「総合的に教育効果が高まること」の間には、正の相関関係が見られた。これはすなわち、授業の内容理解が学習意欲の増加と教育効果を上げていることを示している。

また、Q5「授業受講後の疲労度が減少したこと」とQ6「学習意欲が高まること」との間($r=0.537$)、さらにQ6「学習意欲が高まること」とQ7「総合的に教育効果が高まること」の間($r=0.614$)には、正の相関関係が見られた。これは考えてみれば、学習意欲と教育効果が高まることで、疲労度が減少するという考え方が導かれるが、(1)の結果とは真逆であるので、(2)の結果は、(2)の学生が授業改革に慣れ始めたために起きた現象のようにも思われる。しかし、それを科学的に判断するデータはない。さらに(2)のほとんどの学生はQ8自由記述アンケートが無記入であり、授業改革(105分化やアクティブラーニング導入)に肯定的な意見も否定的な意見もない状況となった。

表7 2022-2023 相関分析結果

(N=64)	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7
Q1	1	0.240	0.316*	0.213	0.277*	0.422**	0.456**
Q2	0.240	1	0.347**	0.026	0.087	0.372**	0.421**
Q3	0.316*	0.347**	1	0.174	0.044	0.320**	0.389**
Q4	0.213	0.026	0.174	1	0.274*	0.066	-0.034
Q5	0.277*	0.087	0.044	0.274*	1	0.537**	0.338**
Q6	0.422**	0.372**	0.320**	0.066	0.537**	1	0.614**
Q7	0.456**	0.421**	0.389**	-0.034	0.338**	0.614**	1

** : p < 0.01, * : p < 0.05,

最後に (1) 2021-2022年度期の学生による期末テストの結果と (2) 2022-2023年度期の学生による期末テストの結果を表8に示す。3回生前期理科教育法において、期末テストの平均点は生命(生物)と粒子(化学)領域ともに、(1)と(2)はどちらもほぼ同じ点数であった。

これは、3回生前期理科教育法では、(1)、(2)のどちらもすでに授業改革を導入した後の成績であり、ほぼ同じ内容の期末テストを行ったこともあり平均点には差が現れなかったものと思われる。

一方で、2回生後期理科概説においては、(1) 2021年度(90分授業)-2022年度(105分授業)期が授業改革を導入する前の期末テストの結果であり、(2) 2022年度(105分授業)-2023年度(105分授業)期が授業改革を導入した後の期末テストの結果である。

これは、授業改革を行う前と行った後の結果において、ほぼ同じ内容の期末テストを行ったにも関わらず、特に粒子(化学)の平均点に有意な差が現れた(粒子16.2点差、t検定でp<0.01**)。理科実験授業においては、授業改革を行った後の方が、むしろ平均数が低くなっていることに注目したい。平均点のみを見れば、教育効果が下がっているようにも見る事ができる。

表8 期末テスト平均点結果(** : p<0.01)

2021-2022	理科概説(2回生後期)N=80	理科教育法(3回生前期)N=83
生命(生物)	69.0点	55.5点
粒子(化学)	72.9点**	61.1点
2022-2023	理科概説(2回生後期)N=63	理科教育法(3回生前期)N=66
生命(生物)	64.8点	53.1点
粒子(化学)	56.7点**	60.8点

4. まとめ

以上のことから、授業改革による105分化やアクティブラーニングの積極的利用は、理科実験授業の理解度の面では、むしろ相性が良いという結果が得られた。一方で、(1) 2021年度(90分授業)-2022年度(105分授業)期の学生が感じている、理科実験において程よい「Q6学習意欲」や「Q7教育効果」が「Q5授業受講後の疲労度が増加する」可能性があるということは、授業改革導入当初の学生の一過的な受け止め方かもしれない。(2) 2022年度(105分授業)-2023年度(105分授業)期の学生では授業改革への慣れが進んだことや、相関分析結果から(1)2021-2022年度期の学生とは真逆の状況になっていることから、「授業とは疲労するものである」との慣れの感覚に変化していっている様子が窺えた。

また、期末テストの平均点(表8)から考えると授業改革導入前の(1) 2021年度(90分授業)-2022年度(105分授業)期の2回生後期理科概説の期末テスト結果よりも、授業改革導入後の(2) 2022年度(105分授業)-2023年度(105分授業)期の2回生後期理科概説の期末テスト結果が低くなっていた。

以上をまとめると、授業改革後の方が授業内容をよく理解できたと学生が感じるというメリットの一方で、必ずしも実際の期末テストでの成績向上にはつながっていないというデメリットを示した。すなわち今回のような授業改革は、理科実験授業のようなある程度アクティブラーニングやディスカッションを以前から必要とするような授業においては、成績向上の面ではそれほど効果的ではなく、学生の満足度を向上させる面のみが効果的であったに過ぎない可能性も考えられた。そもそも理科実験授業は従来からアクティブラーニングを導入しており（学生間の、あるいは学生と教員間の実験後ディスカッションや、模擬授業でのプレゼンテーションなど）、それが今回の授業改革により授業時間が長時間化され、その分アクティブラーニングが強化されたが、その進歩の度合いはそれほど顕著ではなく、授業改革による大きな変化を望める状況ではなかったように思われる。今後は、授業内に課題探求型のアクティブラーニング；PBLを導入する方が学生の興味を増加させるためにも、アセスメントの成績向上にとっても教育効果が高くなる方法なのかもしれない。

5. 謝辞

本論文中の実験授業にあたっては、テキストの準備、実験授業の前後における膨大な実験器具の準備と後片付けなど、また、本論文作成にあたっては、大変有意義なご助言、コメントを頂いた実験助手の阪村陽子先生、長井（大多喜）清子先生に深く感謝いたします。本研究は、令和4年度および、令和5年度神戸女子大学学内競争資金「全学的な教育の質的転換を図るための先駆的調査・研究助成」によりサポートされました。

6. 参考文献

- [1] Dynn, C.L., Agogino, A.M., Frey, D.D., Eris, O., Leifer, J., 2005. Engineering design thinking, teaching and learning. *Journal of Engineering Education* 94 (1), pp.103-120.
- [2] 伊藤照明, 2006. 「教育効果を高めるプロジェクト指向型授業に求められる基礎的条件」*工学教育 (J. of JSEE)*, 54 (6), pp.122-127.
- [3] Prober, C. G., & Heath, C. 2012. Lecture Halls without Lectures: A proposal for Medical Education, *The New England Journal of Medicine*, 366 (18), pp. 1657-1659.
- [4] Mohammad Qayoumi, 2013. 「サンノゼ州立大学におけるMOOCと反転授業の実践」*東京大学大学院情報学環・反転学習社会連携講座 第1回講演会*
<https://fukutake.iii.u-tokyo.ac.jp/archives/flit/seminar/001-2.html> (最終閲覧日：2023年8月25日)
- [5] 東京大学「学部教育の総合的改革」(平成25年7月)
<https://www.u-tokyo.ac.jp/ja/about/president/education-reform.html> (最終閲覧日：2023年8月25日)
- [6] 京都大学「京都大学の改革と将来構想 (WINDOW 構想)」2018年3月京都大学 第26代総長 活動報告書
https://www.kyoto-u.ac.jp/sites/default/files/inline-files/05_0-ae373973e32e30bf883495c12bdde6a2.pdf
(最終閲覧日：2023年8月25日)
- [7] 蓼沼 宏, 2015. 「一橋大学 強化プラン (1)」 <https://www.hit-u.ac.jp/guide/message/150323.pdf>
蓼沼 宏, 2017. 「一橋大学 強化プラン (2)」*一橋大学HQウェブマガジン*, 54, pp.13-18.
<http://www.hit-u.ac.jp/hq-mag/archive/pdf/hq54.pdf> (最終閲覧日：2023年8月25日)
- [8] 用語集「倫理」編集委員会編, 2012. 用語集「倫理」最新第2版, 清水書院, p181.
- [9] 文部科学省, 2012. 中央教育審議会大学分科会大学教育部会「予測困難な時代において生涯学び続け、主体的に考える力を育成する大学へ (審議まとめ)」資料編1 / 2. p. 22
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/koutou/46/siryo/_icsFiles/afiedfile/2012/05/11/1320909_11.pdf
(最終閲覧日：2023年8月25日)
- [10] 神戸女子大学・神戸女子短期大学ホームページ (2021年10月28日)
「学長メッセージ：ポストコロナに向けた授業改革」<https://www.yg.kobe-wu.ac.jp/wu/news-events/2021/i-news/211028.html> (最終閲覧日：2023年8月25日)