

機関番号：13902

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2007～2010

課題番号：20500776

研究課題名(和文) 中・高校生の論理的思考力および科学の方法の実態調査と理科授業改善

研究課題名(英文) Research on Logical Thinking Skills and Process Skills of Secondary School Students for Improving Science Class.

## 研究代表者

吉田 淳 (YOSHIDA ATSUSHI)

愛知教育大学・教育学部・教授

研究者番号：90115668

## 研究成果の概要(和文)：

本研究は、1983-84年に実施した中学生の「論理的思考力」「科学の方法」および「理科的活動」などに関する調査研究に変化を明らかにするとともに、小、中学校の理科授業における学習指導のあり方を検討することを目標としている。生徒の論理的思考および科学の方法に関する調査から次のことが指摘できた。1980年代に実施した論理的思考力テスト(GALT)および科学の方法調査(TIPS II)の結果と比較して、①「変数制御」「仮説の設定」などについては同等かやや改善が見られた。②「保存」「確率」「場合の数」について低下傾向が見られた。③中学生の理科的活動、授業における科学の方法や理科授業態度などの調査においては、多くの項目で低下傾向が見られ理科離れが進行してきていることが判明した。自然に対する感情については著しい低下傾向があり、中学生が持つ自然観なども大幅に後退していることが指摘できる。また、理科授業における児童生徒の科学的思考を促進する学習指導の研究として、小学校高学年理科授業20時間(物理分野6, 化学分野7, 生物分野4, 地学分野3)を分析した。

## 研究成果の概要(英文)：

The aim of this research is to investigate the logical thinking, process skills and the science activities of junior high students using GALT, TIPS II tests and students' activities questionnaire which were used in the cooperative research US and Japan 1983. As well as, lesson study of science classes in 5<sup>th</sup> and 6<sup>th</sup> grades was carried out to investigate real activities of students' logical thinking and process skills in science classrooms. Comparing the mean scores of both GALT(Logical thinking tests) and TIPS II(Process Skill tests) between in 1983 and in 2009, mean scores in items of control variables and setting hypothesis are merely improved, however, mean scores in items of conservation, probability, combination are declined. The declining tendency of logical thinking and process skills are caused by curriculum reform. The content of science was reduced in elementary and lower secondary levels in past 30 years. The class hours in science of elementary and junior high schools were reduced 206 hours which is 26% of science curriculum standards in 1977. Students' science activities are also reduced in the experience of outdoor activities or field trips comparing with 1983 and 2009. Also, students' attitude toward science class are reduced. Surprising in mean score of students' emotion about nature, for example, love for nature, the great of nature, are also reduced more than 0.7 of 5 in Likert scale tests. Students' logical thinking, process skills, activities, attitudes of science, and emotion of nature are receded in last 25 years in Japan, "Rika banare" that means student does not like to learn science, are progressed among Japanese students in last 30 years.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	800,000	240,000	1,040,000
2009年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	2,600,000	780,000	3,380,000

研究分野：科学教育

科研費の分科・細目：科学教育教育学・科学教育

キーワード：論理的思考力、科学の方法、授業分析

1. 研究開始当初の背景

(1) 論理的思考力や科学の方法は、1970-1980年代に教育の現代化運動において展開された「科学的探究」で提唱されてきたことであり、科学教育が重要視された時代において生徒が身につけるべき能力として米国のみならず多くの先進国で注目されてきたことである。その後の我が国の教育改革において理科の時間数および内容削減により、中・高校生の科学的知識そのものが減少しただけではなく、科学的能力態度も著しく低下してきていると指摘されている。国際学力調査 TIMSS2003 や PISA2003 において、我が国の科学教育の成果は上位国に位置付けているものの、科学や科学の学習に対する関心意欲については、調査国中最下位の水準にあると指摘されている。また、PISA 調査で指摘された「読解力の低下」や TIMSS 調査における「文章による解答率の低下」などは、単に科学的知識の量の問題ではなく、生徒の関心意欲とともに論理的思考力そのものが低下しているためと考えられる。

(2)1983-1984年に広島大学と米国イーストカロライナ大学の共同研究（日米科学教育共同研究）において、論理的思考力および科学の方法についての中学生の実態を調査した。調査方法はその当時米国で広く活用された論理的思考力評価（GALT）および科学の方法評価（TIPS II）を用いて、中学校第1学年から第3学年（米国では第7学年から第9学年）双方約3000名を対象とした大規模調査が行われた。その成果として、日本の中学

生の論理的思考力は、米国の中学生よりも高い水準にあり、生徒の論理的思考力テストの正解数から具体的操作期、移行期、形式的操作期に区分するとそれぞれに属する生徒の割合は、約2学年分の差違があることが示された。また、科学の方法に関しても同様に約2年分の差異が見られた。

2. 研究の目的

(1) 研究代表者は、1983-1984年に行った調査問題（GALT：論理的思考力調査、TIPS II：科学の方法調査）を現代の社会的状況や生徒の実態に適合しているかどうかを評価し、問題の意図を変えない範囲で修正する。

(2)1980年代から現在に至る学習指導要領の変遷で、「論理的思考力」や「科学の方法」についてどのように取り扱われてきたか。また、学習指導においてどのように強調されてきたかを追跡検討する。さらに、現代における科学教育における「論理的思考力」や「科学の方法」の意義を、中等レベルの教育と大学教育の接続などの意味から考察検討する。この際には比較の意味から、米国や韓国、中国などの動向も検討する。

(3)変更した論理的思考力調査（GALT）と科学の方法（TIPS）を中、高等学校生徒を対象に実施する。第1次調査として中学生200名程度を対象に調査し、調査問題や実施方法などにおける問題点を明らかにした後、第2次調査として中学生、高校生の約2000名を対象として本調査する。この際、理科授業の進め方や生徒の理解、興味関心、授業を進める

上での工夫などをあわせて調査する。

(4) (3)における調査結果を解析し、「論理的思考力」「科学の方法」についての実態を明らかにするとともにその他の調査と相関関係を求め、生徒の「論理的思考力」「科学の方法」に関する要因を解明していく。

(5)生徒の論理的思考力や科学の方法についての実態と、構成主義学習論などの新しい科学教育の知見を組み合わせ、これからの理科教育のあり方、授業方法などを検討する。

### 3. 研究の方法

①理科教育において生徒の「論理的思考力」の育成はきわめて重要であることが指摘されてきたが、最近の理科教育観、特に理科学習における構成主義の見地から「論理的思考力」や「科学の方法」の意味を再評価する。また、児童生徒の理科的活動、理科授業の受け止め方、自然に対する感情を調査する。

②論理的思考力調査（GALT=13問で構成）および科学の方法調査（TIPS=30問で構成）について調査問題の改善を検討する。

③調査結果をさまざまな視点から解析するとともに、項目間や問題群間における相関関係を明らかにする。

④調査結果とその考察から「これからの理科教育への示唆」を導くとともに、理科授業の方法に対する課題やカリキュラム編成などの関連性を追求する。

⑤理科授業の実際から論理的思考力や科学の方法に関する活動を抽出し、理科授業における児童生徒の論理的思考力や科学の方法の育成に関する学習指導にあり方を解明する。

なお、調査対象はK市内中学生の2校の第1学年から第3学年の全生徒合計1,225名である。

### 4. 研究成果

#### (1)論理的思考力（GALT）の調査結果

○GALTのカテゴリー別における今回（2009）の調査結果と26年前（1983）の調査結果（日本および米国）における正答率比較を行った。

表1 GALTのカテゴリー別正答率

	2009JP	1983JP	1983USA
保存	62.6	70.5	76.0
比例	44.6	53.0	33.7
変数制御	60.9	50.7	48.1
確率	28.5	41.9	41.4
相関	9.9	8.6	15.9
場合の数	55.9	76.2	69.4

26年前の調査と同等または改善されている項目群としては「変数制御」のみである。一方、「保存」「比例」「確率」「場合の数」は著しい低下傾向が見られた。「確率」「場合の数」に関しては26年前の米国よりも低い。

○カテゴリー別における正答率をそれぞれの学年ごとに算出し、学年があがるにつれて正答率はどのように変化するか調査した。

「保存」「相関」に関する項目群では中1年から3年にかけて大きな変化が見られない。これらの項目については小学校理科(算数)である程度獲得できている。一方、「比例」「変数制御」「確率」「場合の数」に関しては中3年次に大幅な改善が見られる。このことは中学校理科の学習の成果と言える。

表2 カテゴリー別学年正答率

学年変化	中1年	中2年	中3年
保存	61.58	61.65	64.32
比例	38.95	41.23	53.21
変数制御	51.71	47.1	64.69
確率	32.11	38.22	57.9
相関	10.53	10.08	9.14
場合の数	55.9	61.75	74.32

○GALTテストの結果から正当数を次のように分類した。0～4は具体的操作段階、5～8は移行期、9～12は形式的操作段階とし、各学年の分布状況を明らかにした。

表3 GALT結果による発達段階推移(%)

中1年	2009JP	1983US	1983JP
具体	47.49	78.47	40.31
移行	39.84	16.65	37.6
形式	12.66	4.85	22.09

中2年	2009JP	1983US	1983JP
具体	44.24	69.01	31.98
移行	38.48	22.17	36.78
形式	17.27	9.5	31.24

中3年	2009JP	1983US	1983JP
具体	30.94	60.79	23.19
移行	46.78	26.45	34.96
形式	22.27	12.78	41.84

全体的な傾向として、2009年の調査結果を1983年の調査結果と比較すると、各学年ともに形式的操作段階に至っている生徒の割合が10-20ポイント程度後退しており、高学年ほど25年前との差異が大きい。すなわち、1983年における米国の生徒ほどの後退ではないが、2009年調査では論理的思考力が具体操作段階に留まっている生徒の比率が高く、2009年の第3年次の分布(太字)は1983年調査の第2年次(太字)の分布よりも後退している。

#### (2) 科学の方法 (TIPS II) の調査結果

○TIPS II のカテゴリ一別における今回(2009)の調査結果と26年前(1983)の調査結果(日本および米国)における正答率比較を行った。前回調査(1983)と今回調査の結果を比較すると、「仮説の設定」「実験計画」についての正答率の改善が見られた。一方、条件制御、操作的定義、グラフ・データの解釈については26年前の結果との差はほとんど見られない。

表4 TIPS II のカテゴリ一別正答率

科学の方法	2009JP	1983JP	1983US
仮説の設定	52.7	49.3	46.9
条件制御	65.4	65.7	42.2
操作的定義	60.3	61.6	52.7
実験計画	67.6	65.5	63.0
グラフ・データ	62.0	65.6	50.3

○カテゴリ一毎の各学年の正答率の推移を明らかにした。

すべての項目群において、中1年よりも中2年の正答率が上昇しているが、中3年に再び下降している。中2年における理科(数学)の学習内容が科学の方法の改善に寄与しているが、中3年次には中1年次の水準に戻っている。約50-60%の生徒は中1年以前の小学校段階で科学の方法に関する基本的な能力を備えていると考えられる。

表5. IPS II カテゴリ一別正答率の学年推移

学年推移	中1年	中2年	中3年
条件制御	61.94	66.09	60.65
操作的定義	55.26	61.12	57.43
実験計画	63.09	69.05	64.26
グラフ・データ	58.38	62.74	57.16
仮説の設定	49.41	51.67	47.13

### (3) 理科的活動、環境などの調査結果

#### ① 学校外での理科的活動

過去2年間の生徒の学校外での21項目の理科的活動について、1.ほとんどやったことがないから5.非常に頻繁にやったことがあるまでの5段階の自己評価をおこなった。各項目の平身値を算出して、1983年調査と2009年調査を比較し表6に示した。平均値が上昇した項目は「理数の学習塾へ行く」「科学館などの活動に参加する」「パソコンを使う」の3項目のみであり、他の18項目はほとんど同等または低下傾向が見られる。特に、「動物を飼育する」「動植物園に行く」「キャンプに参加する」「機械の仕組みを調べる」「科学番組を視聴する」「小動物を世話する」などは著しい低下傾向が見られた。上昇した項目では学習塾や科学館などに参加できる機会が増えていること、自宅等にパソコンを購入しているなどの要因が考えられる。一方、時代の変化を反映してキャンプへの参加やプラモデルに触れる機会が減少し、テレビの科学番組の視聴機会も減少している。

表6 理科的活動の平均値

理科的活動	1983年	2009年	差
科学館に行く	1.94	1.87	-0.07
水族館に行く	2.14	2.31	0.17
動物園に行く	2.12	2.06	-0.06
植物園に行く	1.53	1.67	0.14
プラネタリウムを見る	2.07	2.07	0
科学の本を読む	1.84	1.84	0
理科や数学の塾へ行く	2.47	2.8	0.33
キャンプやハイキング	2.56	2.0	-0.56
野鳥を観察する	1.45	1.45	0
昆虫を採集する	1.56	1.45	-0.11
草花や木の葉を集める	1.68	1.47	-0.21
岩石などを集める	1.44	1.53	0.09
天体望遠鏡で月や星を見る	1.62	1.53	-0.09
機械の仕組みを調べる	2.38	1.42	-0.96
地層、火山、海岸を見学	1.68	1.88	0.2
科学館の活動に参加する	1.35	2.09	0.74
科学番組を見る	2.46	2.2	-0.26
小動物の世話	3.19	2.43	-0.76
植物の世話	2.29	2.22	-0.07
魚の世話をする	2.43	2.1	-0.33
電気機器を組立てたり直す	2.13	1.88	-0.25
マイコンを使う	1.64		
パソコンを使う		1.83	0.19

②理科授業における科学の方法

理科における14項目の「科学の方法」は理科授業の中で熱中できるかどうかを1全く熱中できないから5非常に熱中できるまでの5段階で自己評価させた。

表7に示すとおり、すべての項目において

著しい低下が見られ生徒が理科授業において科学的な方法を行うことに、余り熱心ではないことが明らかである。26年間で中学生間に差異が顕著な項目は、結果の記録、図表に表す、予想を立てる、分類するなどの項目であり、言語活動や読解力に関連する項目である。

表7 理科授業における「科学の方法」平均値

これからの項目は、従来比較的高い平均値

理科授業の方法	1983年	2009年	差
根気強く	3.14	2.93	-0.21
事実を尊重	2.92	2.69	-0.23
観察実験方法	2.83	2.56	-0.27
筋道通った	2.8	2.55	-0.25
データ収集	2.55	2.44	-0.11
問題の発見	2.47	2.2	-0.27
分類する	2.63	2.23	-0.4
予想を確かめ	2.85	2.57	-0.28
予想を立てる	2.89	2.49	-0.4
結果の記録	2.93	2.49	-0.44
図表に表す	2.66	2.26	-0.4
因果関係	2.6	2.3	-0.3
決まり発見	2.55	2.34	-0.21
決まり適用	2.37	2.13	-0.24

であったが、今回調査で低下したことは、今後の理科授業において、予想する、見通しを立てる、結果を記録する、図表に表す、分類する、因果関係を見いだす、などの学習活動が重要である。

③自然に対する感情

生徒の自然に対する感情として4項目を回答させた。それぞれの項目に対して、感じているかどうかを、1.全く感じていない から 5.強く感じる までの5段階で回答させた。

表8 自然に対する感情の平均値

感情	1983年	2009年	差
自然の美しさ	3.98	3.23	-0.75
自然の偉大さ	3.86	3.13	-0.73
自然の尊さ	3.98	3.34	-0.64
自然への親しみ	4.00	3.01	-0.99

表 8 に示すとおり、4 項目ともに著しい低下傾向が見られる。26 年前の平均値はいずれも 4.0 に近く、生徒の多くは自然に対する感情には肯定的な傾向があった。今回の調査では、その平均値が 0.7~1.0 ポイント程度低下しており、平均値は 3.0 の「どちらでもない」という中間的な回答になっている。前回は大多数と今回調査した市の環境は、工場と住宅、田畑が混在する地域であるが、この四半世紀の間に環境の変化はあるものの、それ以上に生徒の自然への感情が低下していると考えられる。理科授業や学校外で自然に触れる経験が減少し、自然の美しさや、偉大さ、尊さ、親しみを感じるゆとりが見いだせなくなっているといえる。一般的には、中学生だけではなく小学生でさえも、身の回りの自然に直接触れあう経験が減少している。

今回の調査における生徒の「自然に対する感情」の大幅な後退傾向は、今後の日本人の自然環境との関わりは改善されることが困難であるため、これからの日本人の自然観の変化に繋がることが予想される。

#### (4) 理科教育への示唆

理科教育の成果が社会現象として現れるのは、教育課程の改訂後 20-30 年の歳月が必要である。約 26 年前の研究調査と現代の研究調査を比較検討することにより、児童生徒の能力や活動、意識の違いを明確にするとともに、その要因を見いだすことも必要である。本研究の成果は、約 26 年の歳月がもたらしたカリキュラムの変化や学習指導の変化、あるいは児童生徒を取り巻く環境の変化でもある。

21 世紀はこれまでの時代に比べ急激な変化をもたらすと想定される。これまでの 30 年間の教育課程（学習指導要領）の改訂では多くの教科で授業時数の削減や内容の削減が進み、特に小中学校理科では約 30%の削減になった（1977 年と 1998 年の比較）。2011 年度から小学校で本格実施された新学習指導要領では、小中学校理科は 150 時間（約 23% 増加）に転じ、理科教育の充実が期待される。しかし、一方において、理科教育の質的改善としての子どもの能力などの育成について

は今後の課題である。特に、新学習指導要領で強調されている児童生徒の「思考、判断、表現」の育成については、理科授業の工夫改善とともに、次代を担う若者の科学的リテラシーの育成を図る必要がある。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計 3 件）

①吉田 淳(2010) 科学力を育むために — 科学教育研究の課題 —, 日本科学教育学会年会論文集, 8, 11-12

②吉田 淳(2009) 中学生の理科授業のとらえ方および理科的活動, 日本科学教育学会年会論文集, 7, 223

③吉田 淳(2008) 理科教育における ITC の促進 — 理科授業にデジタルコンテンツ導入は有効か —, 理科の教育, 57(4), 44-47

〔学会発表〕（計 3 件）

①吉田 淳(2009) 中学生の論理的思考と理科授業のとらえ方などの相関関係 — 理科学習指導の重点化への示唆 —, 日本理科教育学会第 54 回東海支部大会、2009 年 11 月 29 日、静岡大学

②吉田 淳(2009) 中学生の論理的思考と理科授業のとらえ方および理科的活動, 日本理科教育学会第 59 回全国大会、2009 年 8 月 18 日、宮城教育大学

③吉田 淳(2008) 中学生の論理的思考力、科学の方法、理科的環境の変化 — 四半世紀を経て何が変わったか? —, 日本教科教育学会第 35 回全国大会、2008 年 12 月 8 日、宮崎大学

〔図書〕（計 1 件）

吉田 淳(2011) 持続可能な社会の構築と理科教育（現代理科教育改革の特色とその具体化 代表者 橋本健夫 第 2 章第 8 節）、東洋館出版社

〔産業財産権〕

○出願状況（計 件）該当無し

○取得状況（計 件）該当無し

〔その他〕

ホームページ等：準備中

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者 吉田 淳 (YOSHIDA ATSUSHI)

愛知教育大学・教育学部・教授

研究者番号：90115668