

平成 28 年度～令和元年度科学研究費補助金基盤研究(B) (課題番号 16H03052)
研究成果報告書

中核的理科教員を活用した 地域理科教育の システミックリフォーム

2020 年 3 月

研究代表者 小倉 康

(埼玉大学教育学部)

報告書名 : 小倉康 (2020) 『中核的理科教員を活用した地域理科教育のシステミックリフォーム』平成 28 年度～令和元年度科学研究費補助金基盤研究 (B) (課題番号 16H3052) 研究成果報告書, 埼玉大学.

英語表記 : Ogura, Y. (2020) “Systemic Reform of Science Education by Activating Core Science Teachers”, Project Final Report of FY2016-FY2019 Grant-in-Aid for Scientific Research (B) Project ID 16H3052, Saitama University.

[注意] 本研究報告書では, 特定の学校や教育委員会での取組みに言及していますが, その解釈は研究代表者の独自の判断に依るものであり, その内容に関する一切の責任は研究代表者の小倉にあり, 研究に協力した教員, 学校, 教育委員会はいかなる責任も問われるものではありません。

本報告書についての問合せ先

埼玉大学教育学部理科教育講座 教授 小倉 康

〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255

電話・ファックス(048)714-2014 (直通)

電子メール ogura@mail.saitama-u.ac.jp

はじめに

「システミックリフォーム」は教育をシステムとして捉え直し、構成要素であるサブシステムの機能とサブシステム間の関係性の適正化を図ることでシステムの効果を高めようとする取り組みです。本研究は地域の教育を一つのシステムとして捉え、学校をその中のサブシステムとして捉えています。さらに学校の中の教員、学級などもサブシステムです。これらのサブシステム間の関係が適正であれば、それらを包括しているシステムである地域の教育効果が高まり地域全体で児童生徒の学力と学習意欲が高まると予想されます。しかしながら全国学力学習状況調査等の結果から、地域間、学校間、教員間、学級間において学習成果に格差が生じていることは明らかです。教育条件は地域、学校、教員、学級ですべて異なっています。学習成果の格差を縮小するためには、異なる教育条件下にあるそれぞれのサブシステムに適合した改善を図る必要があります。

翻って理科教育に視点を移すと、児童生徒の多くが理科を学ぶにつれて、理科は他教科よりも生きていくうえで重要でない学習だと認識しています。科学的リテラシーが人として生きる上で身につけるべき知識や能力、態度であることが理科教育において児童生徒に認識されていない現状です。

そこで本研究では、地域の中核的理科教員が、自校内の理科教育のみならず近隣校も含めて理科教育が向上する牽引役として活動することができるように、所管の市町教育委員会と大学が連携して活動を支援するアプローチを採りました。平成 28 年度から埼玉県内 12 の公立小中学校に研究協力校として参加していただき、中核的理科教員を中心とした日常的な校内研修、校内授業研究会、地域公開の授業研究会、児童生徒の科学的リテラシーの認識調査結果を利用した PDCA、中核的理科教員による情報収集や情報共有を目的とした研修会、理科授業用の教材教具の補充、などを手立てとして実施してきました。

本報告書は、平成 30 年度末までの研究の分析結果を基に、本研究の成果をまとめたものです。これまで国内外の学会等で報告されてきた内容も一部含まれています。また、研究協力校において実施した授業研究会等で使用された指導案は「理科教育研究協力校における研究授業指導案集」として令和元年 5 月に刊行しております。今後も本研究の成果を広く周知いたしますが、より多くの教育関係者にご活用いただければ幸いです。

最後になりましたが、研究協力校の中核的理科教員として尽力いただいた教員の皆様、同校の学校長ほか教職員の皆様、所管教育委員会でご担当いただいた指導主事の皆様、中核的理科教員の活動に協力いただいた他校の教員の皆様、そして埼玉大学において本研究に協力してくれた研究室のメンバー諸君に、この場を借りて深く感謝いたします。

2020 年 3 月

研究代表者 小倉 康

目 次

はじめに	1
目次	2
研究組織	4
交付決定額	5
研究成果物	6
I 研究の背景	11
I-1 問題の所在	11
I-1-1 科学的リテラシーの認識が改善されない現状	11
I-1-2 中核的理科教員（CST）の活用に関する問題	12
I-2 米国における理科教育のシステムックリフォーム	13
I-3 わが国におけるシステムックリフォームの要件	14
II 研究目的	15
II-1 研究目的1	
中核的理科教員を活用した地域理科教育のシステムックリフォームの効果	15
II-2 研究目的2	
公立小中学校における理科教育のシステムックリフォームの事例研究	15
III 研究方法	16
III-1 研究実施体制	16
III-2 実施方法	16
III-3 効果の検証方法	19
III-3-1 科学的リテラシーの認識（SLI）の変化	19
III-3-2 理科学力の変化	19
III-3-3 科学的リテラシーの認識の変化が理科学力に及ぼす影響（因果関係）の分析	19
III-4 システムックリフォームの事例研究	21
III-4-1 地域と学校の特色（プロファイル）に応じた取り組みのパターン	21
III-4-2 各研究協力校における検討会実施報告書	22
III-4-3 参考情報として大学から提示した理科授業改善の指針	22
III-4-4 各システムによる取り組みの分析	24
IV 研究目的1に関する結果	25
IV-1 科学的リテラシーの認識（SLI）の変化	25
IV-2 理科学力の変化	28
IV-3 科学的リテラシーの認識の変化が理科学力に及ぼす影響（因果関係）	30
IV-3-1 科学的リテラシーの認識変化群別の割合	30
IV-3-2 共分散分析の結果	31

V	研究目的1に関する考察	34
V-1	科学的リテラシー指標値の変化について	34
V-2	理科学力の変化について	35
V-3	科学的リテラシーの認識の変化が理科学力に及ぼす影響について	35
V-3-1	小学校段階	35
V-3-2	中学校段階	36
V-3-3	理科学力に及ぼす影響における性差について	36
V-3-4	中核的理科教員の活用について	37
V-3-5	理科教育のシステミックリフォーム	37
VI	研究目的2に関する各事例研究の結果と考察	39
VI-1	教育委員会委員型のシステムAにおけるシステミックリフォームのアプローチ	39
VI-1-1	教育委員会Aの取り組み	39
VI-1-2	小学校Fでの中核的理科教員A教諭の取り組み	40
VI-1-3	中学校Cでの中核的理科教員B教諭の取り組み	42
VI-2	教育委員会委員型のシステムBにおけるシステミックリフォームのアプローチ	44
VI-2-1	教育委員会Bの取り組み	44
VI-2-2	小学校Eでの中核的理科教員C教諭の取り組み	45
VI-2-3	中学校Bでの中核的理科教員D教諭の取り組み	48
VI-3	学校研究型のシステムCにおけるシステミックリフォームのアプローチ	51
VI-3-1	教育委員会Cの取り組み	51
VI-3-1	中学校Eの取り組み	51
VI-4	学校研究型のシステムDにおけるシステミックリフォームのアプローチ	53
VI-4-1	小学校Bの取り組み	53
VI-5	学校研究型のシステムEにおけるシステミックリフォームのアプローチ	55
VI-5-1	小学校Dの取り組み	55
VI-6	教員主体型のシステムFにおけるシステミックリフォームのアプローチ	57
VI-6-1	小学校Cの取り組み	57
VI-7	事例研究に基づくシステミックリフォームに関する考察	59
VII	結語	61
	引用参考文献	62
	資料1 大学から提供した理科授業改善のための参考情報	65
	資料2 研究成果発表会（令和2年1月25日）で使用された発表スライド	69

研 究 組 織

研究代表者 小倉 康 (埼玉大学教育学部教授)

研究協力者・機関一覧 (所属は当該年度のもの)

理科教育研究協力校	中核的理科教員・担当者	学校長
川口市立安行小学校	H30/29 福田由香	H30/29 高村美恵
川口市立芝富士小学校	H30/29/28 鈴木教子	H30/29/28 高橋眞一
川口市立安行東中学校	H30 杉本雄生、H29 功刀幸代、H28 川島慎也	H30/29 岡安孝文、H28 阿部正友
川口市立榛松中学校	H30/29/28 武邊弘徳	H30/29 中島俊幸、H28 清水幹明
川越市立霞ヶ関小学校	H30/29 小川雅美、H28 岸田拓郎	H30 金子正樹、H29/28 山田 勇
川越市立大東西小学校	H30/29 大野貴寛、H28 下村 治	H30/29 吉田和実、H28 下村 治
川越市立霞ヶ関中学校	R01/H30 栗田 亮、H29/28 宮崎理子、田中直哉	R01/H30/29/28 小林一康
川越市立城南中学校	R01/H30/29/28 鈴木 恵	R01/H30/29/28 内藤 隆
久喜市立久喜小学校	R01 太田我矩、H30/29 太田真輝、上野泰明	R01/H30 穂村憲久、H29/28 田村俊一
深谷市立桜ヶ丘小学校	H30/29/28 金井大季、庄司将人	H30/29 斉藤 実、H28 河田重三
滑川町立月の輪小学校	H30 齋田 亮、H29 島田広彦	H29/30 鈴木 寿
さいたま市立田島中学校	H30 管野敬之、H29 内藤美葵、H28 井土大己	H30 大野 肇、H29/28 富田英雄

協力教育委員会	協力教育委員会指導主事・担当者
川口市教育局	H30/29 川島慎也、H29/28 中地保成、H28 小川敏明、米澤基宏
川越市教育委員会	R01/H30/29 岸田拓郎、H30/29/28 墨谷悦史、菅原元気
久喜市教育委員会	R01/H30/29/28 川島尚之、R01 太田真輝
深谷市教育委員会	H30/29/28 浅野貴之
滑川町教育委員会	

上記以外の協力者、協力校	
中村健二	H28 川越市立鯨井中学校
吉野和仁	H30 川越市立古谷小学校
更澤邦章	H28 川越市立福原中学校
岩澤理子	H28 川越市立南古谷中学校
山名勝敏	H29 川口市立仲町中学校
伊藤 博	R01 川越市立南古谷中学校
関根久美子	R01 川越市立泉小学校
川島俊明	R01 幸手市立上高野小学校

埼玉大学	
杉山直樹	H28 埼玉大学教育学部附属小学校
井形哲志	H28 埼玉大学教育学部研究生・埼玉県長期研修教員(上尾市立大石中学校)
谷津勇太	H28 埼玉大学教育学部研究生・埼玉県長期研修教員(八潮市立八潮中学校)
神田周愛	H29 埼玉大学教育学部研究生・さいたま市長期研修教員(さいたま市立大成小学校)
野村真司	H29 埼玉大学教育学部研究生・埼玉県長期研修教員(深谷市立藤沢小学校)
内田純一	H30 埼玉大学教育学部研究生・埼玉県長期研修教員(鴻巣市立川里中学校)
佐久間聡子	H30 埼玉大学教育学部研究生・埼玉県長期研修教員(幸手市立上高野小学校)
遠藤裕貴	R01 埼玉大学教育学部研究生・埼玉県長期研修教員(上尾市立上尾東中学校)
山田賢吾	R01 埼玉大学教育学部研究生・埼玉県長期研修教員(狭山市立狭山台小学校)
沼口敦彦	H29/28 埼玉大学大学院教育学研究科
大久保優子	H30/29 埼玉大学大学院教育学研究科
斉藤祐貴	H30/29 埼玉大学大学院教育学研究科
清野玄太	H30/29 埼玉大学大学院教育学研究科
古谷由仁穂	H30/29 埼玉大学大学院教育学研究科
西井ミカ	R01/H30 埼玉大学大学院教育学研究科
野口翔太	R01 埼玉大学大学院教育学研究科・さいたま市長期研修教員(さいたま市立指扇中学校)

中核的理科教員研修会にご協力いただいた方、機関	
石川 俊	H28/H30 石川建設工業㈱代表取締役(南相馬市案内)
アクアマリンふくしま	H28 震災復興プログラム訪問研修
重田康成	H29 国立科学博物館グループ長兼コレクションマネージャー(筑波研究施設訪問研修)
産業技術総合研究所	H29 地質標本館・サイエンススクエア訪問研修
農研機構	H29 食と農の科学館訪問研修
菅野典雄	H30 飯館村長(飯館村震災復興訪問研修)
門馬和夫	H30 南相馬市長(南相馬市震災復興訪問研修)

交付決定額（配分額）

(金額単位：千円)

	直接経費	間接経費	合計
平成 28 年度	4, 100	1, 230	5, 330
平成 29 年度	3, 000	900	3, 900
平成 30 年度	3, 000	900	3, 900
令和元年度	3, 200	960	4, 160
総計	13, 300	3, 990	17, 290

研究成果物（関連研究を含む）

〔雑誌論文〕（計 45 件）

- 中村勇稀，小倉康（2020），理科を学ぶ意義や有用性を実感する授業計画に関する研究—工学的なアプローチを取り入れて—，日本科学教育学会研究会研究報告，34(6)，A13.
- 中山萌絵，小倉康（2020），科学の本質（Nature of Science）の理解を育む小学校理科授業の開発，日本科学教育学会研究会研究報告，34(6)，A10.
- 小倉 康，西井ミカ（2019），中核的理科教員を活用した地域理科教育の改善（9）中学生が将来就きたい職業に関する意識の実態，日本理科教育学会関東支部大会研究発表要旨集，58，p.77.
- 西井ミカ，小倉康（2019），Working Scientifically の指導に関する研究—日本で教えられていない WS が英国でどのように扱われているか—，日本理科教育学会関東支部大会研究発表要旨集，58，p.76.
- 小倉康（2019），中核的理科教員を活用した地域理科教育のシステミックリフォーム～科学的リテラシー指標値を用いた学習意欲低下の改善～，科学教育研究，43(3)，pp.253-265.（査読付）
- 西井ミカ，小倉康（2019），Working Scientifically の指導に関する研究—WS に関する英国と日本の指導内容の比較，日本理科教育学会全国大会発表論文集，17，p.153.
- 大野 貴寛，小倉 康(2019)，中核的理科教員を活用した地域理科教育の改善（8）全校的な理科教育推進に向けた中核的理科教員の取り組み事例，日本理科教育学会全国大会発表論文集，17，p.141.
- 島田広彦，小倉 康(2019)，中核的理科教員を活用した地域理科教育の改善（7）学校と地域の理科をつなぐ中核的理科教員の取り組み事例，日本理科教育学会全国大会発表論文集，17，p.140.
- 鈴木教子，小倉 康(2019)，中核的理科教員を活用した地域理科教育の改善（6）小学校理科専科教員としての中核的理科教員の取り組み事例，日本理科教育学会全国大会発表論文集，17，p.139.
- 内田純一，小倉 康(2019)，概念的実体を構築することで比例的変量関係認識を高め、理科学習を改善する学習プログラムの開発，日本理科教育学会全国大会発表論文集，17，p.505.
- 佐久間聡子，小倉 康(2019)，主体的・対話的な学びの過程で科学的な思考力・判断力・表現力を高める理科指導の工夫—科学的思考に必要な思考アイテムを自在に働かせる指導法の開発—，日本理科教育学会全国大会発表論文集，17，p.391.
- 小倉康（2019），中核的理科教員を活用した地域理科教育の改善～理科への学習意欲の改善による理科学力の向上～，日本科学教育学会年会論文集，43，pp.297-300.
- 野村真司，小倉康（2019），科学的表現力を育成するための足場づくりを活用した実験レポートの指導—小学校第4学年単元「ものの温度と体積」における実践—，理科教育学研究，60(1)，pp.153-161.（査読付）
- 酒本涼，小倉康（2019），クリティカルシンキングの育成を図る指導法の研究，日本科学教育学会研究会研究報告，33(4)，pp.43-48.
- 西井ミカ，小倉康（2018），Working Scientifically の指導に関する調査，日本理科教育学会関東支部大会研究発表要旨集，57，p.100.
- 大久保優子，小倉康（2018），理科授業における教師の発言を支える知識の抽出と適用，日本理科教育学会関東支部大会研究発表要旨集，57，p.99.

- 太田真輝, 小倉 康, 川島慎也, 岸田拓郎 (2018), 中核的理科教員を活用した地域理科教育の改善(5)学校全体での取り組み事例の効果と普及への課題, 日本理科教育学会関東支部大会研究発表要旨集, 57, p.93.
- 小倉 康, 川島慎也, 岸田拓郎, 太田真輝 (2018), 中核的理科教員を活用した地域理科教育の改善(4)教育委員会と大学が連携した学校の支援策, 日本理科教育学会関東支部大会研究発表要旨集, 57, p.92.
- 古谷由仁穂, 小倉康 (2018), 生徒の科学的表現力を育む理科指導の工夫・実験レポート作成の指導を中心に-, 日本理科教育学会関東支部大会研究発表要旨集, 57, p.91.
- 清野玄太, 小倉康 (2018), 空間認識が苦手な児童に対する指導の工夫～第4学年「月や星の動き」での実践～, 日本理科教育学会関東支部大会研究発表要旨集, 57, p.91.
- 小暮建宏, 小倉康 (2018), 単元の導入で自由な試行活動を行うことが問題発見・設定する力の育成に及ぼす効果, 理科教育学研究, 59(1), pp.49-58. (査読付)
- 岸田拓郎, 小倉康 (2018), 実験計画力を育成する「実験計画シート」の開発とその有効性の検討, 理科教育学研究, 59(1), pp.39-48. (査読付)
- 小倉康 (2018), 中核的理科教員を活用した地域理科教育の改善～科学的リテラシー指標値の変化と理科学力との関連～, 日本科学教育学会年会論文集, 42, pp.273-276.
- 神田周愛, 小倉康 (2018), 理科学習への意欲を高めて科学的概念を感得させる授業モデルの開発-小学校第4学年「とじこめた空気と水」及び第6学年「てこのはたらき」における授業実践を通して-, 日本理科教育学会全国大会発表論文集, 16, p.420.
- 斉藤祐貴, 小倉康 (2018), 自律性支援に着目した学習意欲を育む理科指導法の研究, 日本理科教育学会全国大会発表論文集, 16, p.371.
- 野村真司, 小倉康 (2018), 科学的表現力を育成するための足場づくりを活用した実験レポートの指導, 日本理科教育学会全国大会発表論文集, 16, p.215.
- 小倉康 (2018), 中核的理科教員を活用した地域理科教育の改善 (3)校内学級間格差の背景, 日本理科教育学会全国大会発表論文集, 16, p.146.
- 沼口敦彦, 小倉康 (2017), 科学の暫定性と限界性の認識に関する研究, 日本理科教育学会関東支部大会研究発表要旨集, 56, p.84.
- 小倉康 (2017), 中核的理科教員を活用した地域理科教育の改善(2)科学的リテラシー指標値を用いた学校PDCAの事例, 日本理科教育学会関東支部大会研究発表要旨集, 56, p.84.
- 小倉康 (2017), 中核的理科教員(CST)が学校と地域のために機能を発揮するための条件, 日本科学教育学会年会論文集, 41, pp.303-304.
- 小倉康 (2017), 科学技術人材育成に向けた「夢創造科」の教育効果の分析ならびに今後のカリキュラム開発への示唆, 日本科学教育学会年会論文集, 41, pp.197-200.
- 上野耕史 (2017), 久喜小学校の研究の価値, 日本科学教育学会年会論文集, 41, pp.195-196.
- 浅田茂裕 (2017), 「夢創造科」の成果が我が国の技術教育に与える示唆, 日本科学教育学会年会論文集, 41, pp.193-194.
- 川島尚之 (2017), 科学技術教育に特化した新設教科「夢創造科」の内容と成果～研究開発学校としての取組～, 日本科学教育学会年会論文集, 41, pp.189-192.

- 井形哲志, 小倉康 (2017), モデル化思考の能力を高める 6 つの局面からなる指導法の開発, 日本理科教育学会全国大会発表論文集, 15, p.474.
- 谷津勇太, 小倉康 (2017), 対話的に問題発見・設定する力を高める指導方法の研究, 日本理科教育学会全国大会発表論文集, 15, p.367.
- 小倉康 (2017), 中核的理科教員を活用した地域理科教育の改善 (1)科学的リテラシー指標値の利用, 日本理科教育学会全国大会発表論文集, 15, p.153.
- 斉藤祐貴, 小倉康 (2017), 自律性支援に着目した学習意欲を育む理科指導法の研究, 日本科学教育学会研究会研究報告, 31(6), pp.55-58.
- 島田広彦, 小倉康 (2017), 児童が考えを伝え合うことができ理科がわかるという意識が高まる手法の開発, 理科教育学研究, 57(3), pp.223-232. (査読付)
- Ogura, Y. (2017), “Improving Science Education by Introducing “Core Science Teachers” to Local Cities in Japan” . In Conference Proceedings of International Conference New Perspectives in Science Education 6th Edition (Florence, Italy, 16-17 March 2017), edited by PIXEL, Libreriauniversitaria.it, pp.671-675. (査読付)
- 小倉康, 永澤明, 井形哲志, 谷津勇太 (2016), 中核的理科教員 (CST) が牽引役となる学校と地域の理科教育改善, 日本科学教育学会年会論文集, 40, p.223-224.
- 小倉康, 井形哲志, 谷津勇太 (2016), 科学的探究能力を確かに指導するための学習目標の精緻化と 授業設計法への展開(2) 中学校編, 日本理科教育学会全国大会発表論文集, 14, p.386.
- 越湖貴久, 小倉康 (2016), 中学校理科教員の教材内容についての知識点検システムの開発, 日本理科教育学会全国大会発表論文集, 14, p.205.
- Ogura, Y., Nagasawa, A. (2016), “Systemic Approach for Improving Science Education in Local Area by Activating Core Science Teachers” . In Proceedings of 2016 International Conference of East-Asian Association for Science Education in Tokyo, pp.182-183.
- 小倉康 (2016), 科学コミュニケーション社会における学校理科教育—学校と社会との効果的な連携のための実行可能な手法の提案, サイエンスコミュニケーション (日本サイエンスコミュニケーション協会), 5 巻, 1 号, pp.40-45.

[図書] (計 2 件)

- 小倉康 (2019), 『理科教育研究協力校における研究授業指導案集 (平成 28～31 年度科学研究費補助金基盤研究 (B) (課題番号 16H03052) 研究資料』, 埼玉大学.
(https://sucra.repo.nii.ac.jp/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=18633&item_no=1&page_id=26&block_id=52)
- 小倉康 (2016), 『ふだんの授業で「活用力」をのばす—学習指導の工夫と入試問題の利用—』, pp.1-5, 東京書籍.

[その他] (計 2 件)

<口頭発表のみの学会発表 (国際会議招待講演) >

Ogura, Y. (2020), “Improving motivational decline to learn science by a systemic reform approach using scientific literacy indexes and core science teachers in some local municipalities of Japan”, presented at the ASE (Association for Science Education) Annual Conference, Reading, UK, January 8, 2020.

Ogura, Y. (2017), “Improving Science Education by Introducing “Core Science Teachers” to Local Cities in Japan” . In 12th Annual NSTA (National Science Teachers Association) Global Conversations in Science Education Conference, Los Angeles, California, USA, March 29.

I 研究の背景

I-1 問題の所在

I-1-1 科学的リテラシーの認識が改善されない現状

図1は小倉(2012)が平成23年度に行った全国的な実態調査において、中学3年生に対して「あなたが将来生きていくうえで重要な学習」の程度を各教科領域別に問うた結果である。理科については理科第2分野(地層、地震、天気、天体等)以外の物理、化学、生物関連の学習が、「とても重要だ」または「重要だ」と回答した生徒の割合が、美術、音楽に次いで低く約4割に止まった。理科に関して生きていくうえで重要な学習だと認識している中学3年生は、他のほとんどの教科領域よりも少ない。

経済協力開発機構(OECD)の「生徒の学習到達度調査(PISA)」では15歳段階の生徒の科学的リテラシーの水準を調査しているが、2006年同様、2015年の結果においても日本の生徒の科学的能力は国際的に高いが、その能力を適用しようとする科学的態度では低い状態が続いている。科学的リテラシーは「科学とテクノロジーが関係する諸々の状況において、市民は何を知っていて、何に価値を認め、何をできることが重要か?」の問いを出発点として定義されたもので(OECD, 2006; OECD, 2017)、「すべての生徒」に育成が期待される科学的な知識、能力、態度である。2015年の調査では、科学的態度については、①「探究に対する科学的アプローチへの価値付け」、②「科学の楽しさ」、③「広範な科学的トピックへの興味・関心」、④「理科学習に対する道具的な動機付け」、⑤「理科学習者としての自己効力感」、⑥「科学に関連する活動」、⑦「30歳時に科学関連の職業へ就く期待」の七つの観点で測定され、すべて科学的能力の得点と正の相関が示されている(国立教育政策研究所, 2016)。日本の生徒は科学的能力を高水準に伸ばさせている一方で、それを適用しようとする科学的態度に関しては七つの指標のいずれにおいても国際的に低い水準を示しており、科学的リテラシーが生きて使われない能力「宝の持ち腐れ」になることが危惧される。

日本ではPISA調査は高校1年生を対象に6~7月に実施されていることから、測定されている実態は中学校までの義務教育の影響を強く受けていると考えられる。小倉(2008)はPISA調査の質問紙調査

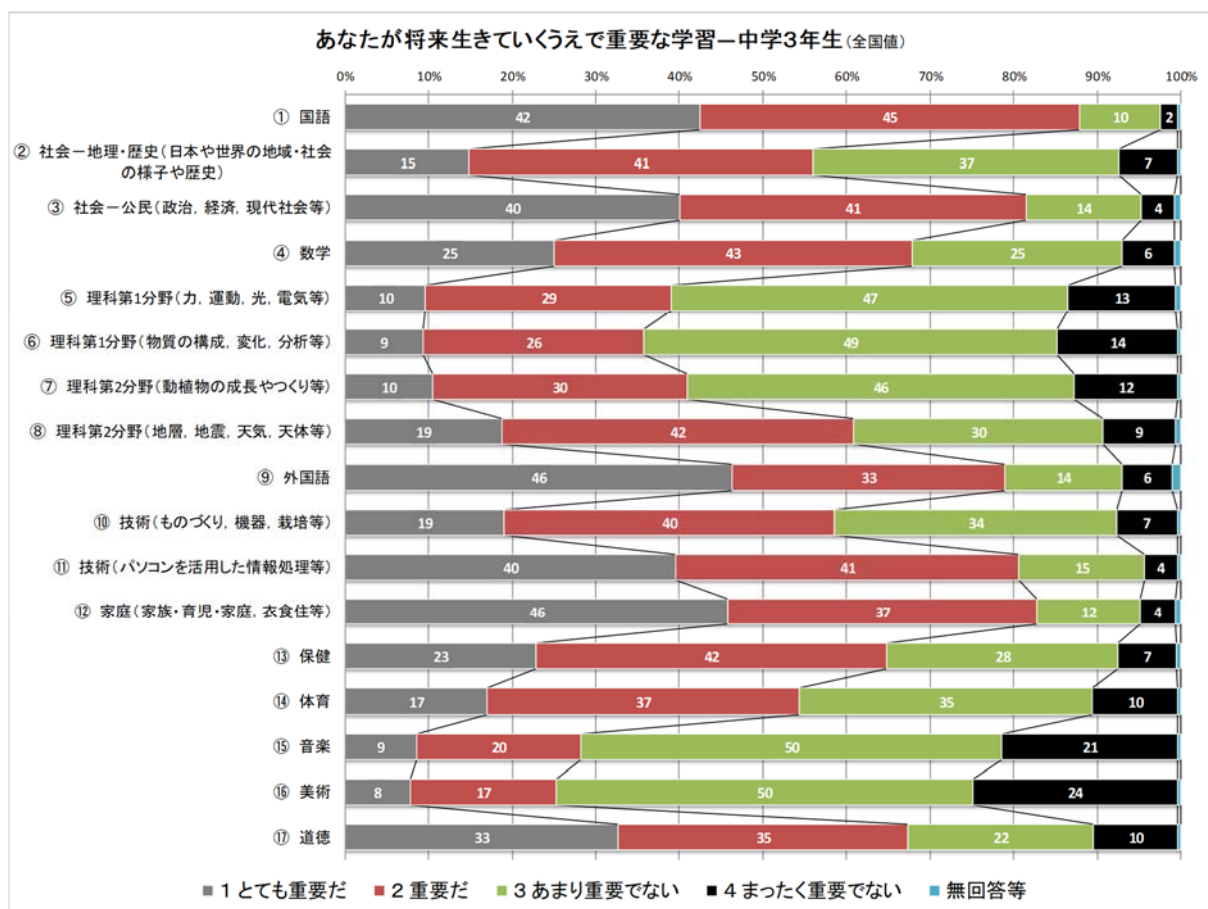


図1 各教科・領域の学習の重要性に対する中学3年生の意識(小倉(2012)を基に作成)

を中学 3 年生に実施した結果、科学的態度の指標の多くですでに低い水準を示し、高校 1 年生においてさらに低下することを明らかにしている。

日本の義務教育期間において科学的リテラシーの科学的態度の側面で子どもたちが適切に育成されていないことは、既に平成 20 年告示の小中学校学習指導要領の改定において理科の改善の基本方針に「理科を学ぶことの意義や有用性を実感する機会をもたせ」として改善が図られてきたことである。しかし実態が大きくは改善されていないことは、2015 年 PISA 調査の結果や、2015 年国際数学理科教育動向調査（国立教育政策研究所、2016）の結果から明らかである。

理科教育学研究では、これまで数多くの効果的な指導法や教材に関する実践的な研究成果が報告されてきた。その大半は、ある学校のある教員がある学年のある単元内容について 1 つもしくは複数の学級で検証授業を行い、ある指導法や教材の効果を検証したものである。その研究成果を知り得た教員は、それを参考にして同じ単元でより良い授業を実践できる可能性がある。あらゆる単元で有効性の高い授業の情報に精通していることは、卓越した理科授業実践者となる要件と考えられる。しかしながら学校では多くの教員が学年、学級に分かれて理科を指導しており、各教員の理科授業に関する資質・能力や各学級の児童生徒の学習集団としての特性はそれぞれ異なっており、報告された研究成果がそのままの学級にも適用できるわけではない。また小学校、中学校には理科指導に対して苦手意識をもつ教員が多い（科学技術振興機構、2011）。したがってたとえ校内に理科授業に優れた資質・能力を有する教員がいて、その教員の授業を受けた子どもが理科学力を高めたり理科好きになったりしても、他の教員の授業で理科が嫌いになったり理科学力が低下したりするとすれば、学校全体での理科教育の質は高まらないことになる。日本の子どもたちの科学的リテラシーの科学的態度の側面がなかなか改善されない現状は、理科を教えるすべての教員のすべての授業の質を改善するに至っていないためと考えることができる。

こうした問題意識に対して、これまでの理科教育学研究では有効な手立てに関する研究成果が見当たらず、未開拓の研究領域となっている。

I-1-2 中核的理科教員（CST）の活用に関する問題

平成 21 年度から平成 27 年度に全国 16 都府県（東京、福井、岐阜、滋賀、鹿児島、神奈川、長崎、新潟、長野、愛知、岡山、高知、大阪、香川、三重、埼玉）で実施された「理数系教員養成拠点構築事業（CST 事業）」によって、小中学校に多数の中核的理科教員が養成された。その存在は、地域の理科教育の推進役として活躍するとともに、教員研修会等の指導者としてその力量を広めることで、地域の理科教育の向上に寄与するものと期待された（科学技術振興機構理数学習支援センター、2012）。

埼玉大学は、埼玉県教育委員会、及び政令市のさいたま市教育委員会とともに、主に平成 25 年度から 27 年度にかけて、100 名を超える中核的理科教員を認定し、県内各地で公開授業研究会や実験実技研修会を中心に様々な活動を実施した（埼玉大学、2016）。こうした活動は、県内の小中学生の理科学習に良い影響を与えられたと思われる。そこで、公表されている平成 24 年度と 27 年度の全国学力学習状況調査理科調査（国立教育政策研究所、2012; 2015）の結果を用いて、全国公立校の平均を 100 とした時の埼玉県とさいたま市の相対的な平均正答率を求めた数値を表 1 に示す。小学校第 6 学年（「H24 小理」と「H27 小理」）については、埼玉県とさいたま市はいずれも約 2 ポイント低下した。中学校第 3 学年（「H24 中理」と「H27 中理」）では、埼玉県で約 2 ポイント、さいたま市で約 4 ポイントの上昇が見られた¹。この結果は、CST 事業の実施が、県内の特に小学生の理科学力の向上に寄与することを裏付けるものとはならなかった。

表 1 全国学力・学習状況調査理科調査における全国平均を 100 とした時の埼玉県とさいたま市の相対的な平均正答率（単位％）

	H24 小理	H27 小理	H24 中理	H27 中理
埼玉県全体	99	97	95	97
さいたま市	105	103	101	105

¹ 全国学力学習状況調査は、公立小中学校においては概ね全数調査であり、標本誤差は無視できる。平均値や正答率の差は、実質的な差を意味する。

CST 事業を実施した 16 の都府県について、表 1 と同様に計算すると、全国平均に対する相対的な平均正答率の平均は、小中学校ともに、平成 24 年度も 27 年度も 100% となり、CST 事業の実施による効果を裏付けるものとならなかった。これらの結果から、CST 事業の実施が、小中学校の理科学力の向上に広域で効果をもたらしたとは考えにくい。

中核的理科教員の配置が、その教員が直接指導しない学級や学年も含めた学校全体と地域の生徒の理科学力と学習意欲の向上につながることを客観的に検証した論文は見つからない。優れた理科の指導力を有する中核的理科教員が、自分が教える学級で、生徒の学習意欲や学力面で良好な成果を上げることは当然である。しかし中核的理科教員には、さらに校内で自分が教えていない学級の生徒や地域の他校の教員が指導する生徒の理科学習をも向上させる効果をもたらすことが期待される。ところが、中核的理科教員といっても、一教諭の立場で他の教員や他校に影響を与えることは、通常の職務の範囲を超えるものである²。学校と教育委員会を含む地域の教育システムの中で、十分に資質能力を発揮する機会が与えられなければ、中核的理科教員に期待できる効果は著しく限定的なものとなる。したがって、全国学力学習状況調査のような客観的な評価結果において効果が確認できる結果が得られるためには、中核的理科教員が学校内と地域で十分に資質能力をはたらかせられることが必要である。また地域の教育システムがそのための支援体制を整えることも必要である。こうした教育システムに関係する問題を含めて方法論を確立することが、中核的理科教員の活用を通じて、地域の理科教育を実質的に改善する上での重要な課題であるといえる。

I-2 米国における理科教育のシステミックリフォーム

1990 年代の米国では「システミックリフォーム(Systemic Reform)」と呼ばれる体系的な教育改革が多様に取り組みされた。連邦政府と州政府、地区教育委員会の支援の下、地域の教育を改善するために、教員、家庭、ボランティア、学校、教員養成と研修を担う大学、社会教育施設、その他学校教育に関連する様々な個人や団体などの各ステイクホルダーがスタンダードを共通方針として連携し、システムとしての教育効果を高める取り組みである。

全米科学財団 (NSF) は、理数教育を改革する州規模での 5 年間の体系的な取り組み (Statewide Systemic Initiatives: SSI) を提案した 26 の州・地域に助成金を与え、これを推進した (Zucker et al., 1998)。

一般的にシステムは、いくつかのサブシステムから構成され、システムそのものもより大きなシステムのサブシステムとなっている (National Research Council, 1996:227)。教育をシステムとして捉えることは、それを構成するサブシステムとそれらの相互作用を含めて、全体を調整する必要がある。すなわち、システミックリフォームは、教育をシステムとして捉え直し、構成要素であるサブシステムの機能とサブシステム間の関係性の適正化を図ることで、システムの効果を高めようとする取り組みである。Clune(1998:2) によれば、システミックリフォームは、「新たな学習スタンダードに対する教授指針が幅広く一致する政策を実施することによって、政策に影響を受ける地域のすべての生徒に対する教授学習の質を、広範囲に実質的に改善すること」と述べている。そして、システミックリフォームは、システミックな政策を導き、それがすべての生徒に対して厳密に実行されるカリキュラムを導き、さらにそれがカリキュラム通りに実施されることで、高水準の生徒の学習成果の測定をもたらすとされた。

米国の 26 州・地域における 5 年間の SSI の取り組みの評価結果が、Zucker et al. (1998) によって報告されている。SSI は、州・地域のすべての学級のすべての子どもたちに質の高い理数の授業を実現するという目標を掲げ、州・地方・地区の行政面での取り組みと学校・学級・教員の取り組みを、体系的に改

² 優れた指導力を生かして示範授業を行うことなどにより、教育指導面の改善に力を発揮することを職務とする教員に「指導教諭」がある。平成 19 年に学校教育法が改正され「指導教諭」を定め、その職務を「指導教諭は、児童の教育をつかさどり、並びに教諭その他の職員に対して、教育指導の改善及び充実のために必要な指導及び助言を行う」とした。中核的理科教員が、職務として学校や地域の理科教育の充実に日常的に携わる一つの方策として、指導教諭としての任用が考えられる。しかし、その配置状況は自治体によって大きく異なり、学校基本調査 (文部科学省, 2018) によると、「指導教諭」の公立学校への配置数 (本務者) は、平成 29 年度に全国で、小学校 1079 名 (17 都府県)、中学校 641 名 (16 都府県)、高等学校 504 名 (13 都府県) であり、埼玉県ではいずれも 0 名である。教科別の内訳は不明である。また、教育委員会が独自に「教科等指導員」等の名称で小中学校の教員を任命し、指導主事とともに、地域の教員の教科別研修に協力する例も散見される。秋田県教育委員会では、「教育専門監」および「教科指導 CT (Core Teacher)」を任命し、教員の指導力向上を通じて生徒の学力向上を推進している。

善することで、最終的に生徒の学習面に成果が現れるとの想定で実施された。生徒の学習成果の測定を実施した7つの州・地域のうち、4つのケースで、SSIを実施した生徒の学力テストの結果に、実施しなかった生徒と比較して小規模ながらも統計的に有意な得点上昇が確認された。得点上昇が見られなかったSSIとの比較から、学習面で成果をもたらしたSSIの特徴は、授業段階での学習改善とそのため教員研修および教材の整備に重点を置いたことであるとした。

米国におけるシステミックリフォームは、全米研究評議会が「米国科学教育スタンダード」(National Research Council, 1996)を示したことで、理科教育システムの全国的な改革へと進展した。同書の「8章 理科教育システムスタンダード」では、連邦システムの強化点、州システムの強化点、地区システムの強化点が示されている。特に、生徒の学習面に直接影響する地区教育システムの強化点には以下が含まれている。

- ・技術的で短期的な研修よりも、教員を現場で支援する専門性の開発
- ・スタンダードに沿った学習評価
- ・理科教育の改善における教員のリーダーシップ
- ・スタンダードに沿った改善への教育委員会の支援

下線を引いた教員のリーダーシップ以外の3点は、上述のSSIの評価から見いだされた3つの視点－授業段階の学習改善、そのため教員研修、教材の整備充実－に概ね符号している。

I-3 わが国におけるシステミックリフォームの要件

わが国においては、文部科学大臣が示す学習指導要領をカリキュラムの基準として、行政面で文部科学省と自治体、教育委員会が連携して、全国的に教育改革を遂行するためのシステムが整備されている。しかし、生徒の学習面では、各学校や地域の教育環境や各教員の教育への取り組みは多様であり、必ずしも、学習指導要領の目標達成に最適な条件が整っているわけではない。全国学力学習状況調査の結果においても、各都道府県の平均的な学力や学習状況には格差が見られる。生徒の学習面に明確な改善をもたらすためには、米国と同様、各学校の各教員による授業段階での学習改善、そのため教員研修、および教材の整備充実を図ることが重要と考えられる。

また、「米国科学教育スタンダード」で、教員のリーダーシップを強化点にあげていることも注目される。教育の状況を改善する上で、通常は教育委員会や管理職者がその方針を示すが、特定の教科である理科に関して、学校と学級、生徒の状況を最も理解しているのは理科を教える教員であり、理科に関して最適な方針を決定する上で、教員がそれに関与することは重要である。このことは、中核的理科教員の存在とその活用を支持するものである。すなわち、理科教育に関して知識と経験が豊富で、自身も授業者である中核的理科教員が、現場の状況に適した改善策の提案と普及に一定の役割を担うことを意味している。以上より、わが国における地域理科教育のシステミックリフォームは、中核的理科教員を活用し、授業段階の学習改善、教員研修、および教材整備の充実を推進することで、生徒の学習面の向上により効果的な成果が得られるものになると考えられる。

Ⅱ 研究目的

Ⅱ－１ 研究目的１ 中核的理科教員を活用した地域理科教育のシステミックリフォームの効果

本研究は、地域理科教育のシステミックリフォームを推進するため、地域において理科指導力の高い教員を中核的理科教員に位置付け、一教員の立場を超えて、校内や他校の理科教育の改善に能力を発揮できるようにする。また、そのための支援策の検討とその実施、教員研修と教材整備の充実に、教育委員会と学校、および大学が連携して関わる。そして、これらによる学校と地域の生徒の学習面にもたらす効果を、学習意欲を量る指標の導入で視覚化した経年変動などから巨視的に明らかにする。

Ⅱ－２ 研究目的２ 公立小中学校における理科教育のシステミックリフォームの事例研究

本研究は、公立小中学校において中核的理科教員がそれぞれの地域と学校の特色（プロファイル）に応じて、どのような取組みを推進することが可能であるかを明らかにする。中核的理科教員は、その知識と技能、経験を生かして一定の制約の下で特徴的な活動を展開することが期待される。学校としても教育委員会の支援を受けて取組みを工夫することが期待される。中核的理科教員の具体的な取組みや、学校と教育委員会、大学がどのように関係し合うのかなど、具体的なアプローチ（システムフロー）が明らかとなれば、その情報は他の地域でのシステミックリフォームに参考となるであろう。

Ⅲ 研究方法

Ⅲ-1 研究実施体制

埼玉県内 5 市 1 町の教育委員会と協議の上、公立小学校 7 校と公立中学校 5 校を埼玉大学教育学部委嘱の研究協力校とし、各学校で 1 名ないし 2 名の教員を中核的理科教員³とし、研究代表者と連携する体制を整えた。中核的理科教員は、平成 28 年度から 3 年間（小学校 3 校は平成 29 年度から開始）、学校と地域の理科教育の推進に取り組む。対象は、協力校の小学校第 4 学年から中学校第 3 学年までの生徒全員⁴である。

Ⅲ-2 実施方法

それぞれの市町によって、地域の規模、学校数、教員研修の状況等が異なるため、実施方法として、共通事項と、地域固有の非共通事項とを分けて、各地域の実態に合ったシステミックリフォームを検討した。共通事項は、次の a～c の 3 点である。

a. 科学的リテラシー指標値 (SLI) を用いた PDCA サイクルを適用すること (共通)

生徒の理科への学習意欲と学力の向上に、学校全体で取り組むために、中核的理科教員が校内の理科の授業改善と研修活動を推進する。その際、各学期末に生徒の理科への学習意欲に関する意識調査を実施し、小倉(2016)が提案する 5 項目の科学的リテラシー指標値 (SLI) を算出する。調査結果について校内で検討する機会を設け、学期ごとに「成果分析・課題抽出・方策検討・次期計画等」を検討することで PDCA を継続して繰り返す。

科学的リテラシー指標値 (SLI) の測定は、教員と生徒の負担と所要時間を最小限とする⁵ため、マークシートによる 4 肢選択 (1 当てはまる 2 どちらかといえば、当てはまる 3 どちらかといえば、当てはまらない 4 当てはまらない) の質問 5 項目のみとした。質問 1 は「理科の授業の内容はよく分かる」で、生徒の理科学習に対する自己効力感の程度を、質問 2 は「理科の勉強は好きだ」で、生徒の理科学習への興味を、質問 3 は「理科の勉強は大切だ」で、生徒が理科学習に感じている重要性の程度を、質問 4 は「理科の授業で学習したことは、私のふだんの生活や社会に出て役立つ」で、生徒が理科学習に感じている有用性の程度を、質問 5 は「将来、理科や科学技術に関係する職業に就きたい」で、生徒が理科学習と自身の長期的な目標であるキャリア意識との間に感じている関連性の程度を、測定する。質問 1, 2, 3, 5 は、全国学力学習状況調査理科の質問紙調査項目と同じ表現を用い、質問 4 は、一部表現を変更している。いずれの質問項目も、学習動機に関する「期待-価値理論 (expectancy-value theory)」(Wigfield & Eccles, 2000) において学習意欲に直接影響を与える要因と考えられる (小倉, 2016:43)。全国学力学習状況調査では、対応する 5 項目すべてで、理科学力との間に正の相関関係が認められている (国立教育政策研究所, 2015)。小倉 (2016) は、これら 5 つの項目で、生徒の科学的リテラシーの状況を把握し、学校全体で 5 項目に対する意識が高い状態を維持することで、生徒に良好な科学的リテラシーを育成できるとしている。

指標値化は、全員が (1 当てはまる) を選択した場合に 100、全員が (4 当てはまらない) を選択した場合に 0 となるように数値変換し、各学級、学年単位で指標値を算出⁶することで、関係するすべての教

³ 本研究における「中核的理科教員」は、「理科指導で高い資質能力を有しており、理科授業研究会の授業者や観察実験講習会等の指導者を務めるなど、校内や地域の理科教育の推進役を担うことができる教員」を意味しており、「理数系教員養成拠点構築事業 (CST 事業)」で認定された CST とは異なっている。教育委員会が、3 年間の委嘱期間中に異動しないと見込まれる適任者を絞り込み、所属校の校長と協議し、本研究協力校の委嘱と、担当者としての中核的理科教員を決定した。ただし、一部の協力校では、中核的理科教員の異動が生じたため、他の教員がその役割を引き継ぐことで研究を継続している。

⁴ 小学校の第 3 学年については、意識調査の際に質問項目の理解が容易でない児童が少なくないと考え、共通の調査対象を第 4 学年以上とした。

⁵ 各学期末に、対象学年の全学級で意識調査を行うには、学級担任と生徒、中核的理科教員の負担をできるだけ軽減する必要がある。そのため、2～3 分の短時間で実施できるよう、5 項目のみの質問項目とした。また、毎回の調査は、印刷済みの調査用紙の入った箱が大学から届き、実施後は、調査用紙を箱に戻して大学に返送するという単純な手順とした。なお、集計結果は、回収後 2～3 週間で、電子メールを利用して各校に報告される。

⁶ 各学級、学年単位で、数式 $\{3n - \sum (X_i - 1)\} \div 3n \times 100$ [n は生徒数、 X_i は i 番目の生徒の回答] により計算する。各生徒の回答を $\{(4 - X_i) \div 3 \times 100\}$ に変換し平均値を求めても同じ値となる。

員が5項目に関する意識の現状と変化の傾向を容易に把握し、各項目の指標値を100により近づけることを目標として取り組めるようにしている。

アンケートの集計と結果の報告は大学が担当する。また、大学は研究費の一部を、各協力校の授業改善に必要な教材の購入費に充て、これを支援する。

b. 校内および地域公開の授業研究会（共通）

中核的理科教員が校内の理科授業改善の推進役となり、授業研究会の授業者や観察実験講習会の指導者を務めるなど、校内で理科の研修機会を設けるとともに、平成29年度以降年間1回以上、地域公開の授業研究会を開催し、理科授業改善の取り組みを他校に紹介する。

地域公開の授業研究会を開催する際は、他校教員の派遣要請に、教育委員会が協力するとともに、指導主事と大学教員が、指導助言者を務める。

c. 中核的理科教員の研修機会（共通）

研究協力校の中核的理科教員が集まり、取り組みや成果について共通理解を深めることで、より効果的な取り組みや有用な情報を共有する研修機会を設ける。理科授業改善に関する大学から提供した研修内容については、後述（Ⅲ-4-3）する。平成28年度から毎年度、夏休み期間に研究推進のための会議を兼ねて理科教育に関係する県外施設等に訪問する宿泊研修を実施する。加えて年度の後半に大学を会場として研究会議を実施する。会議の出席者は、中核的理科教員に加えて、人事異動に備えた次期中核的理科教員候補の教員の参加も可能とし、学校と地域の理科教育を継続的に発展させるための人材養成の機会とする。なお、研修機会の企画と出張依頼文書の発出、必要経費の支出は大学が担当する。

d. 地域の事情に合った実施方法（非共通）

研究協力校12校のうち8校は、各4校が規模の大きな同じ市の教育委員会に属し、それぞれ小学校2校と中学校2校で構成されている。いずれの市も、教育委員会内に「学力向上」に関する委員会を設置し、本研究の中核的理科教員がその委員を兼ねることで、教育委員会の理科指導主事が、各学校での理科教育改善の取り組みや、地域公開の授業研究会の実施を教育委員会の事業の一環として支援する体制を採っている。また、教育委員会と各学校と大学との連携を密にすることで、市全体の理科教育の改革に、本研究の取り組みの成果を反映しやすくしている。

残りの4校はそれぞれ別の市町に属し、小学校と中学校の各1校は、各市の教育委員会から研究指定校として委嘱を受けることで、本研究の取り組みを全校で実施し、研究発表会として地域に組み込みの成果を発信できるようにしている。その他、比較的小規模な市町に属する小学校の2校も、必要に応じて教育委員会から支援が受けられる体制をとっている。

e. 各学校と中核的理科教員の取り組み（非共通）

システムックリフォームは、すべての生徒の学習により効果的な成果が得られるように、システムの構成要素とそれらの関係性を最適化するものである。

$\Sigma W_i = \Sigma (A_i X_1 + A_i X_2 + \dots + A_i X_j)$	地域レベル
$+ \Sigma (B_i Y_1 + B_i Y_2 + \dots + B_i Y_k)$	学校レベル
$+ \Sigma (C_i Z_1 + C_i Z_2 + \dots + C_i Z_l)$	学級レベル
$+ \Sigma (D_i P_1 + D_i P_2 + \dots + D_i P_m)$	教員レベル
$+ \Sigma (E_i Q_1 + E_i Q_2 + \dots + E_i Q_n)$	家庭レベル
$+ \Sigma (F_i R_1 + F_i R_2 + \dots + F_i R_o)$	生徒レベル
$+ \Sigma (G_i S_1 + G_i S_2 + \dots + G_i S_p)$	国レベル

図2 生徒の学習成果に影響を与える要因のモデル

本研究では、図2に示すように、生徒の学習成果を複雑系である教育システムの出力として捉えている。つまり、各生徒の学習成果(W_i)を、地域間、学校間、学級間、教員間、家庭間、生徒間に存在する多様な差異がもたらす学習上の格差を反映したものと捉える。

地域レベルの要因 (X_1, X_2, \dots, X_j) としては、地域住民の平均的学歴、平均的収入、自治体の施策、受けられる医療・福祉、利用可能な社会教育施設、自然環境の豊かさ、学習塾の利用しやすさ、進学受験の競争的環境、情報ネットワークの普及などが存在し、個々の生徒の状況 ($A_iX_1, A_iX_2, \dots, A_iX_j$) が異なっている。同様に、学校レベルの要因 (Y_1, Y_2, \dots, Y_k) では、施設面、情報機器面、実験設備面、教材面、使用教科書、図書整備、教育課程、安全面、課外活動・部活動(科学部の存在)、支援員やボランティアといった人的支援などで、生徒の状況に差が生じる。学級レベルの要因 (Z_1, Z_2, \dots, Z_l) では、生徒数、学級内の生徒の生活態度や学習姿勢や学力の状況、生徒間の人間関係などが、生徒の学習成果に影響する。教員レベルの要因 (P_1, P_2, \dots, P_m) では、理科と他教科、学級担任などの生徒に関わる各教員の学習指導力、生徒指導力、学級経営力、教科専門性、人間関係形成力、コミュニケーション力、情報活用力、人間性など、各教員の幅広い特性が生徒の学習成果に差をもたらす。家庭レベルの要因 (Q_1, Q_2, \dots, Q_n) では、教育的環境(保護者の学歴、専門性、所有する書籍、情報機器など)、経済的環境(家庭の収入、資産など)、社会的環境(保護者の職業、社会性、親戚・知人とのつながりなど)の違いが生徒の学習成果に影響しうる。そして、生徒レベルの要因 (R_1, R_2, \dots, R_o) では、潜在的能力、学習によって習得した資質・能力(知識・理解、思考力・表現力・判断力などの能力、関心・意欲・態度、主体性、自律性、協調性など)、通塾、人間性、健康・体力などの違いが生徒の学習成果に違いをもたらす。さらに、国レベルの要因 (S_1, S_2, \dots, S_p) としては、約10年ごとに改訂される学習指導要領とそれによる教育の目的、内容、方法、評価、教育予算、指導資料、教員研修、学力調査や各種コンテストの実施などが、生徒の学習成果に影響を与えている。

こうした複雑なシステムの出力として生徒の学習成果を捉えるとき、それに影響する要因は決して一様なものではなく、それぞれの生徒の状況に応じて、不特定多数の異なる要因が異なる強度で影響した結果として学習成果を捉える必要がある。したがって、生徒の学習成果を改善することを目的とする取り組みは、本来それぞれの生徒に対して異なるものである。

このような複雑なシステムにおいて、中核的理科教員は、地域、学校、各学級、各教員、各生徒の家庭、各生徒の特性をふまえながら、各生徒の学習成果が高まるように、教材・設備、支援員、家庭の協力、外的教育資源など、利用可能な教育資源を組み合わせ、日々の理科教育を工夫改善する必要がある。

したがって、本研究では大学からは特定の教育方法を指定せず、各学校で実践を工夫改善する上で参考となり得る情報を適宜提供することとした。そのため、システムの出力である生徒の学習面での変化の原因が、何によるものかを特定することはできない⁷。そもそもシステムックリフォームは、より効果的な出力を得るために、システム中のさまざまな要因を同時に変更するため、出力の変化の原因を特定できる実験的なデザインとはならない。

本研究の複合的なアプローチの概要を図3に示す。

⁷ 「システムの出力である生徒の学習面での変化の原因が、何によるものかを特定することはできない」ことは、「出力の変化の原因を特定できる実験的なデザインとはならない」ためである。「変化の原因を特定できる実験的なデザイン」に固執する限り、複雑なシステムの出力である学校全体や地域の生徒の学習成果の改善を研究対象とすることは不可能である。また、「教育委員会の報告書」を学術的水準の低いものと捉える傾向があるが、自治体内の複雑な教育システムを改善し、生徒の学力を向上させようとするれば、その取り組みは自ずから複数の可能な手立てを同時に講じるものとなる。条件を制御した実験的なデザインとはならないことをもって研究水準が低いとすることは研究対象を制限することにつながる。複雑なシステムの改善に取り組まない研究パラダイムは、いつまでもそれに取り組む水準に達しない。その意味で、複雑なシステムの改善に取り組む教育委員会の報告書は、教育研究としてより発展した水準であると解釈することも可能である。また、「実験的なデザイン」が可能な範囲の研究にとどまることは、対象とする教育事象の複雑性を考慮に入れないことで、教育における学術研究の意義や可能性を狭めているといえる。実際、わが国において公立小中学校の学力向上を目的として複数年度にわたって継続的に実施した教育研究は、実践報告書としては散見されるが、学術研究論文として発表されることは極めて少なく、この分野での学術研究が進展していないといえる。

- ①地域レベル…地域公開の授業研究会を通じて地域に成果を発信する。
- ②学校レベル…学習意欲の指標値 SLI を定期的に調査し、次期への改善策の検討に活用する（PDCA）。校内研修を通じて、学校全体で理科教育を改善する。理科の教育環境（設備・教材等）を充実する。
- ③学級レベル・教員レベル…中核的理科教員の研修を充実する。中核的理科教員が他の教員の授業を支援する。
- ④その他の要因…各学校が主体的に取り組むを行う。
(国レベルは本研究としてのアプローチではないが常に影響している。)

図3 複雑なシステムに対する本研究の複合的アプローチ

Ⅲ-3 効果の検証方法

生徒の学習成果は複雑なシステムの出力であるため、学習成果と本研究の複合的なアプローチとの因果関係を直接的に検証することは困難である。研究に参加した12校それぞれにおいて、地域レベル、学校レベル、学級レベル、教員レベル、その他の要因に関して、生徒ごとに異なる要因が働いている。また、年度が変われば、生徒の学年も、学級の編成も、担当する教員も変化する。

Ⅲ-3-1 科学的リテラシーの認識（SLI）の変化

本研究では、定期的に意識調査を実施し、SLIを把握しながら、SLIが100に近づくことを目標として学校全体で取り組むことは変化せず共通している。そこで、研究開始時とその後のSLIの変化を分析することで、生徒の学習成果に対する取り組みの効果を生徒の意識面の経年変動から巨視的に検証する。具体的には、研究開始時（平成28年8～9月）に測定した各学年段階の指標値と、研究実施約1年後（平成29年12月）と約2年後（平成30年12月）に測定した指標値とを比較することによって、本研究のアプローチの効果を検証する。この検証においては、3回すべての調査を実施した小学校4校、中学校5校のデータを分析対象とする。

Ⅲ-3-2 理科学力の変化

生徒の学力面からの検証については、本研究を開始する前年度に行われた平成27年度全国学力学習状況調査理科の結果と、本研究を開始して約1年半が経過した平成30年4月に実施された平成30年度全国学力学習状況調査理科の結果とを比較することによって、本研究のアプローチを実施した学校における理科学力の変化との関連を分析する。全国学力学習状況調査の問題は調査年度によって異なるため、全国平均値との相対比較において、各学校の調査結果の変化を分析する。この分析は、平成29年度から調査を開始した小学校3校を含めた全12校のデータを対象とする。

なお、各校の中核的理科教員1名が、本研究を中心的に推進したが、うち3校（小学校2校、中学校1校）では、もう1名の教員が補佐的に中核的理科教員の役割を分担した。各校の中核的理科教員が取り組んだ方法と内容については、システミックリフォーム事例の分析にて詳述する。

Ⅲ-3-3 科学的リテラシーの認識の変化が理科学力に及ぼす影響（因果関係）の分析

（1）科学的リテラシーの認識の変化

小学4年生から中学3年生までの科学的リテラシー指標5項目の調査データを用いる。学校内での理科授業改善への取組みが最も進展したと考えられる平成30年度の1学期末（7月）と2学期末（12月）の調査結果を用いて、各項目への回答が「当てはまる」か「どちらかといえば、当てはまる」を認識が高い（H）状態、「当てはまらない」か「どちらかといえば、当てはまらない」を認識が低い（L）状態として、各児童生徒を次の4つの認識変化群に分ける。

- HH…高い認識のまま変わらなかった群
- HL…高い認識から低い認識に変化した群
- LH…低い認識から高い認識に変化した群
- LL…低い認識のまま変わらなかった群

(2) 理科学力の変化

平成 29 年度と 30 年度の学年末（3 月）での各児童生徒の素点を理科学力のデータとして用いる⁸。ただし各年度によって児童生徒は異なる学級集団に属しており、理科学力の評価方法もその学級を指導する教員によって異なるため、以下の方法で統計処理可能なデータに変換する。

- ①児童生徒の理科の学年末の素点を学級ごとに平均値 50 点，標準偏差 10 点に標準化する（Z 得点）。
- ②児童生徒ごとに平成 29 年度と 30 年度の異なる学級での Z 得点を分析する。

(3) 分析方法

従属変数を平成 30 年度の Z 得点，主効果（固定因子）を認識変化群，共変量を平成 29 年度の Z 得点（H29Z 得点）として，Q1～Q5 のそれぞれについて共分散分析を行う。これにより平成 30 年度に児童生徒が所属した学級で，学年当初の理科学力の違いの影響を除いた上で，1 学期から 2 学期にかけての Q1～Q5 の各科学的リテラシーの認識の変化が学年末の理科学力の状態に与えた影響を推定できる。加えて影響の性差についても分析を行う。

⁸ 本分析は，研究に参加した公立小中学校において，同一学校の同一学年内では理科学力に学級間で顕著な差がないとみなし，各学級内での素点を標準化した得点を共通の指標として統計分析に用いた。本研究は，学校と生徒の負担を避けるため，理科学力に関する統一のテストは実施していない。

Ⅲ-4 システミックリフォームの事例研究〔研究目的2〕

Ⅲ-4-1 地域と学校の特色（プロフィール）に応じた取り組みのパターン

「埼玉大学教育学部理科教育研究協力校」として本研究に参加した公立小中学校は、それぞれの地域と学校の特色に応じて、中核的理科教員を活用した地域理科教育のシステミックリフォームに異なるアプローチで取り組むことを可能とした。アプローチは、大きく次の3つのパターンのいずれか、あるいはそれらが組み合わせられて取り組まれることとなった。以下、それぞれのパターンについて説明する。

- ・教育委員会委員型 …教育委員会が設置する委員会の委員を中核的理科教員が兼務して取り組む
- ・学校研究型 …教育委員会が委嘱する研究に本研究を統合して学校研究として取り組む
- ・教員主体型 …中核的理科教員が校長の許可を得て校内と地域の教員に働きかけて取り組む

（1）教育委員会委員型

大規模な都市では、教育委員会が所管する小中学校が多数のため、地域の教育上の課題に対して、複数の学校と教員が関わることで、より広がりのある取り組みの普及が可能となる。本研究に参加した公立小中学校8校は、2つの地域の教育委員会に属し、それぞれ小学校2校と中学校2校の中核的理科教員が、教育委員会の「学力向上推進委員会」（または「学力向上研究委員会」）の委員を務めることで、全市の理科学力向上の取り組みを推進する職務の一環として本研究の取り組みを行えるようになる。

これにより、地域に公開の授業研究会を開催する場合、教育委員会の学力向上推進委員会から所管の小中学校宛てに開催通知と教員派遣を依頼することが可能となる。また、小学校と中学校を区別しないことで、研究協議の折に出席した小中学校の教員間で理科授業についての情報や認識の共有が可能となり、地域全体の理科教育の向上に寄与すると考えられる。

また、中核的理科教員にとっても、教育委員会の事業に委員として複数年度関わり地域全体の教育改善に貢献する貴重な経験を得られることに加えて、本研究で年間2~3回開催する会議への出張においても学力向上推進委員会の関連する取り組みとして校内での理解が得られやすくなる。

一方、教育委員会においては理科の「学力向上推進委員会」を担当する理科の指導主事が本研究の窓口となり、大学と中核的理科教員が所属する学校との連絡調整を行うとともに、各学校での授業研究会では主催者かつ指導者を務めることになる。

大学は、教育委員会の「学力向上推進委員会」の事業に協力し、それに連携して研究を遂行する。なお、すべての学校に対して「埼玉大学教育学部理科教育研究協力校」としての研究協力を委嘱することで、本研究が中核的理科教員個人の取り組みではなく、学校として一定期間取り組む研究であることを明確にする。

（2）学校研究型

教育委員会は、様々な教育課題に対して研究を進めるため、一部の小中学校に2~3年の期間で研究委嘱を行っている。国（文部科学省、国立教育政策研究所等）も同様である。委嘱のテーマと学校種によって実態は様々であるが、学校に対する委嘱研究には通常、学校全体で取り組む。本研究に参加した公立小学校2校と公立中学校1校は、それぞれが学校研究として取り組めるように、教育委員会が関連するテーマで研究委嘱を行うか、もしくはすでに委嘱を受けている研究に本研究を統合する形態を採った。

この場合も、地域に公開の授業研究会を開催する場合、教育委員会の委嘱研究に対する中間あるいは最終発表として教育委員会のサポートを受けつつ地域の小中学校宛てに開催通知を送るとともに、教科書会社などが運営する研究会情報サイトなどを通じて、より広域に開催を案内することが可能となる。

ただし、教育委員会による委嘱研究であるため、大学はそれに付随して協力する立場に関わることになる。研究の内容についても、教育委員会から委嘱される研究の目的、方法を前提とした上で、大学への研究協力内容をそれに統合することとなる。この場合も大学は、すべての学校に対して「埼玉大学教育学部理科教育研究協力校」としての研究協力を委嘱し、複数の委嘱研究を同時に進める形態とする。

このパターンでは、中核的理科教員は、委嘱研究の主担当教員として複数年度に渡り校内で中心的な役割を担うこととなる。ただし、研究部の他の教員や管理職とともに時間をかけて学校全体で研究を構築していくことで、校内教員間での協働的環境が整いやすくなる。

(3) 教員主体型

人口の少ない地域では、広域にもかかわらず学校数が少なく、また教育委員会に理科専門の指導主事が必ずしも配置されていない。本研究では、小学校の中核的理科教員が理科主任として校内の理科教育の充実改善に取り組むとともに、学校長の承認を得て地域の教員に働きかけて、地域の理科教育推進に取り組む形態を採った。大学は、学校に対して「埼玉大学教育学部理科教育研究協力校」としての研究協力を委嘱する。その上で、授業研究会を開催する場合は、大学側が主体となり、所管教育委員会と学校長に対して、授業研究会の開催と地域の学校からの職員派遣への協力を依頼することとした。これにより、地域の他校への開催案内が可能となり、広域からも教員が出張にて参加できることとなった。

中核的理科教員は、理科主任の立場を活かして、理科の指導や観察実験が必ずしも得意ではない小学校教員の苦手意識が軽減されるように、様々な情報発信や勤務時間中に無理なく理科の知識や技能を補える研修機会を設定する。「埼玉大学教育学部理科教育研究協力校」の委嘱研究とすることで、学校全体での意識調査の実施などで他の教員の協力が得られるようにする。

また、中核的理科教員が地域の教員に向けて理科の観察実験技能のワークショップを行う際は、勤務時間後の夕方に、学校長から施設利用の許可を得て、他校の教員が任意で参加する形態を採ることとした。理科の観察実験技能の向上が目的であることから、学校長を通じて他校の校長にも取り組みを紹介するなどして、地域内での周知と理解を醸成するようにした。

Ⅲ－４－２ 各研究協力校における検討会実施報告書

Ⅲ－２の a で述べたように、科学的リテラシー指標値 (SLI) を定期的に把握し、その結果を用いた PDCA サイクルを適用する上で、本研究では校内で検討会を設け、学期ごとに「成果分析・課題抽出・方策検討・次期計画等」を検討し、検討会実施報告書を作成して大学に送付することを全校に求めた。

大学から協力校に報告する調査結果では、今回と前回までの 5 項目の SLI の変化が、学年別、学級別に表とグラフで示され、その傾向を端的に把握することができるようにした。これを基に、中核的理科教員が他の関係教員と話し合い、これまでの取り組みの成果と課題を分析して、今後の方策と次期の具体的な計画を検討するように求めた。ただし、中核的理科教員に過度な負担とならないように、状況によっては必ずしも毎回実施報告書を提出できなくてもよいこととした。

Ⅲ－４－３ 参考情報として大学から提示した理科授業改善の指針

上述のように、本研究に参加した公立小中学校は、それぞれの地域と学校の特色に応じて、中核的理科教員を活用した地域理科教育のシステミックリフォームに異なるアプローチで取り組むこととした。したがって、本研究は規程の方針を示すことで理科授業の改善に取り組むことを中核的理科教員と学校に求めるものではない。しかし、中核的理科教員が理科授業改善に取り組む指針として参考となる情報を大学から提示し、研究当初に開催した研究会議において情報共有した（本報告書末尾に資料掲載）。授業改善に参考になる指針として示した主な事項は以下の通りである。

- 科学的リテラシー指標の 5 項目に関する子どもの意識が理科への学習意欲につながる。そのため、
 - ・理科はよく分かる、理科が得意だという意識を育み、成功への期待を高める（自己効力感、有能感）
 - ・適度な困難さをもつ課題を設定し、何とかやれそうだと思う（発達の最近接領域）
 - ・科学の面白さや事象への疑問を実感する授業により、理科学習への興味・関心を高める（概念的葛藤、認知的不協和、同化と調節、状況的興味）
 - ・理科を学ぶことの重要性と有用性を実感させ、科学的な見方や考え方を身につけることの価値意識を高める（「期待－価値理論」、外発的動機から内発的動機への自己決定理論）
 - ・様々な職業と理科との関連性を認識させ、キャリア教育的価値を高める（長期的目標、個人的興味）
- したがって、科学的リテラシーの認識形成に留意した授業は次のような特徴をもつ。
 - ・よくわかる授業
 - ・魅力的な観察・実験教材で興味・関心を高める授業
 - ・認知的葛藤場面があり、他者と対話できる授業
 - ・科学的な探究によって葛藤を解消できる効果的教材を用いる授業
 - ・学習した資質・能力の意義・重要性を実感できる授業
 - ・学習事項の有用性を実感できる授業
 - ・学習事項の将来生活との関連性を認識できる授業

○資質・能力を育むため複数時間で問題解決を展開すること。

次は、中学校で多く観られる授業展開である。

- 課題・・・本時の課題を教員から提示（4分）
- 手順・・・実験手順を教員から説明（10分）
- 実験・・・プリントに従い班で実施（20分）
- 片付と結果の整理・・・班内で協力（10分）
- 考察・・・数人の生徒が考察を発表（3分）
- 結論・・・教員が板書しプリント完成（3分）

この展開では、課題を教員が提示することによって、生徒が自らの知識や経験に関連づけて事象に課題を見いだす力を伸ばす機会が失われている。実験手順を教員が与えることによって、生徒が自らの知識や技能を適用しながら、課題を解決するための方法を計画する力を伸ばす機会が失われている。また、与えられた手順に従えばよい状況では、解決方法の適切性を批判的に検討し、改善の可能性を見いだす力を伸ばすこともできない。考察にかかる時間が短いために、期待される「正解」を生徒が発表した時点で思考が終わり、生徒が他の生徒と関わりながら事実に基づいて考えを構築したり、伝えるための表現を工夫したりする力が育たない。

では、どのような理科授業を展開することが、生徒の資質・能力を伸ばすことにつながるのだろうか。

全国学力学習状況調査では、理科に関する「知識・技能を活用して、課題を解決するために必要な思考力・判断力・表現力等」を問う問題を「活用」の問題とし、次の4つの視点から捉えている。

適用・・・日常生活や社会の特定の場面において、基礎的・基本的な知識・技能を活用することを問う。
分析・解釈・・・基礎的・基本的な知識・技能を活用して、観察・実験の結果などを分析し解釈することを問う。

構想・・・基礎的・基本的な知識・技能を活用して、自然の事物・現象の中に問題を見いだしたり、課題を設定したり、予想や仮説を立てたり、観察・実験の条件を考えたりすることで観察・実験を計画することを問う。

検討・改善・・・予想や仮説の設定、観察・実験の計画、観察・実験の考察、日常生活や社会との関わりを思考するなどの各場面において、基礎的・基本的な知識・技能を活用し、観察・実験の結果などの根拠に基づいて、自らの考えや他者の考えに対して、多面的、総合的に思考して、検討し改善することを問う。

これらの視点で問いながら、生徒の資質・能力を伸ばさせる授業は、例えば次のような展開となる。

- 課題・・・事物・現象に触れ、生徒が既習事項や過去の経験を活用しても
解答が明らかでない疑問に気づき、本時の課題を設定する。（10分）適用、構想
- 予想・・・生徒が課題に対する予想や仮説を立て、理由とともに班やクラスで
話し合う。（10分）構想、検討・改善
- 方法・・・自分の予想や仮説を確かめられる実験方法を生徒が構想し、変数制御や
対照実験が適切かも含めて、班やクラスで話し合う。（30分）構想、検討・改善
- 実験・・・実験計画に沿って、チームで協力して実験を実施する。実験途中に
計画の見直しが必要となった場合は検討し改善する。（20分）検討・改善
- 結果・・・得られた結果を表に記録して整理したりグラフに表したりして、
予想や仮説と比較したり考察しやすいように分析する。（10分）分析・解釈
- 考察・結論・・・自分が立てた予想や仮説に対して分析結果を解釈し、班や
クラスで話し合い、本時の課題に対する結論をまとめる。（10分）分析・解釈、検討・改善
- 適用・・・新たに学習した知識が、どのような自然の事物・現象や科学技術、
日常生活や社会の特定の場面に関連しているかについて、
考えたり説明したりする。（10分）適用

この例は、50分の授業2回分で展開している。生徒が主体となって、構想し、分析・解釈し、検討・改善し、適用する学習場面を設けるためには、それなりの時間が必要であるが、限られた授業時数に対して、すべての内容でそのような時間を確保することは不可能である。したがって、単元計画においては、生徒の資質・能力を伸ばすことを重視した内容を決め、そこに十分な時間を確保できるように単元の展開を調整する必要がある。あるいは、それぞれの内容でも、「適用」「構想」「分析・解釈」「検討・改善」の一部を展開に組み込むことで、時間の増加を少なくする。

○科学的探究過程で育成する資質・能力を明確にすること。（「能力目標精緻化法」の提案）

従来の単元展開案では育成する資質・能力が明確に示されていない。科学的探究過程で育成する資質・能力をより分析的かつ具体的に捉え、それらを確かに指導するために、学習目標を精緻化し、それを授業展開に位置付ける授業設計法として提案している「能力目標精緻化法」を紹介した（小倉他，2015）。

単元内で扱う科学的探究のまとめり（次）ごとに、「科学的思考・表現」（思考・判断・表現）に関する資質・能力を、「疑問」「予想・仮説」「モデル化」「実験（観察）計画」「条件制御・対照実験」「シミュレーション」「表・グラフ化」「数的処理」「比較・分類」「規則性」「論理的な推論」「結論」「誤差」「評価・改善」「適用・関連づけ」の視点で分析して、学習目標となる資質・能力を抽出する。これらの視点は、小倉(2011)が「科学のプロセス・スキル」と「合理的思考のためのスキル」について米国の中学校科学教科書” Science Explorer” (2002)を参考に「観察する」「推測する」「予測する」「分類する」「モデルを作る」「伝達する」「測定する」「計算する」「データ表を作成する」「グラフを作成する」「疑問を提示する」「仮説を立てる」「実験を計画する」「変数を制御する」「操作的定義を作る」「データを解釈する」「結論を導く」の17の科学のプロセススキルと「比較し対照する」「概念を応用する」「図やグラフ、写真、地図を解釈する」「原因と結果を関連付ける」「一般化する」「判断する」「問題を解決する」の7つの合理的思考（批判的思考）のスキルを抽出し、コンピュータの普及で可能となった「シミュレーション」を加えて整理したものである。

また、単元で習得させる「知識」「技能」、及び、意識や認識を進展させたい「自己効力感」「興味・関心」「重要性」「有用性」「職業との関連性」「主体性」「協調性」についても、それぞれ学習目標として設定する。

次に、科学的探究の過程に沿った各次の授業展開の基本的流れとして、「場づくり（導入）」「疑問」「予想」「方法」「結果」「考察」「結論」「活用」の8段階を設定し、この流れの適切な場面に、上記の学習目標を位置づける。各学習目標について、教員による発問を直前に設定することで、その学習目標の実現を促すとともに、形成的評価を採り入れる。

Ⅲ－４－４ 各システムによる取り組みの分析～発表資料と中核的理科教員への聞き取りを基に～

本研究に参加した公立小中学校の多くが、平成30年度を中心に研究発表会を実施している。発表会に向けて作成された資料には、各学校で取り組まれた内容の概要が紹介されている。また、教育委員会においても、「学力向上推進委員会」などを通じて各システムにおける取り組みの特徴が読み取れる資料が作成されていることがある。こうした公開資料とともに、中核的理科教員に対する大学の研究者による聞き取りで得られた情報から、各システムで実際に行われた取り組みとそのアプローチの特徴について考察し、学校と地域の理科教育に改善をもたらす要因を抽出する。

IV 研究目的 1 に関する結果

IV-1 科学的リテラシーの認識 (SLI) の変化

平成 28 年 9~10 月の研究開始時、約 1 年後の平成 29 年 12 月、および約 2 年後の平成 30 年 12 月に、小学校第 4 学年から中学校第 3 学年の各学年で測定した 5 項目の SLI を図 4 にグラフで示す。また、表 2 において、各測定の調査人数を 2.a に示す。小学校が各学年 350 名程度、中学校が各学年 750 名程度と精度の高い統計的分析が可能な規模である。SLI 値とその標準誤差⁹を 2.b~2.d に、また、t 検定による SLI 値間の有意差検定の結果を 2.e~2.i に示す。

研究開始時の測定結果 (表 2.b) は、小学校では、いずれの項目も学年とともに SLI 値が低下し、中学校においても Q5 以外で低下していた。中学校の Q5 は、SLI 値がすでに中学 1 年で 24 ときわめて低い水準である。2 学年間での統計的に有意な低下は、小学校 4 年と 6 年の間では Q2 と Q5 で、中学校 1 年と 3 年の間では Q1, Q2, Q4 で見られた (表 2.i)。

研究実施約 1 年後の測定結果 (表 2.c, 2.e) は、小学校では 4 年で Q1 のみ研究開始時を有意に上回ったが、5 年が Q2, Q3, Q4 で、6 年が Q1, Q2, Q3, Q4 で有意に下回った。中学校では、1 年が Q1, Q2, Q3 で、2 年が Q3, Q4 で研究開始時を有意に下回ったが、3 年では Q1, Q2, Q4, Q5 で有意に上回った。

研究実施約 2 年後の測定結果 (表 2.d, 2.f) は、小中学校ともに、前年度の SLI を有意に上回る項目が多くなり、小学校では 4 年が Q3, Q5 で、5 年が Q1, Q2, Q3, Q5 で、6 年が Q1, Q2, Q5 で、中学校では 1 年が Q1, Q2, Q5 で、2 年が Q1, Q5 で、3 年が Q5 で前年度を有意に上回った。

研究開始時の集団が、学年が上がった研究実施約 1 年後に SLI がどう変化したか (表 2.h) については、小学校 4 年から 5 年にかけて Q1 のみ有意に向上したが、Q2, Q3, Q4 では有意に低下し、5 年から 6 年にかけては Q1, Q2, Q3, Q4 で有意に低下した。中学校 1 年から 2 年にかけても Q1, Q2, Q3, Q4 で有意に低下したが、2 年から 3 年にかけては Q5 で有意に向上した。

研究実施約 1 年後の集団が、学年が上がった研究実施約 2 年後に SLI がどう変化したか (表 2.i) については、小学校 4 年から 5 年にかけて Q2 と Q4 で有意に低下したが、5 年から 6 年にかけては Q3 で有意に向上し、中学校 1 年から 2 年にかけては Q1 と Q5 で、2 年から 3 年にかけては Q3, Q4, Q5 で有意に向上した。

研究開始時に小学校 4 年と中学校 1 年だった集団が、研究実施約 2 年後にそれぞれ小学校 6 年と中学校 3 年になって SLI がどう変化したか (表 2.j) については、小学校では Q2, Q3, Q4 で有意な低下が見られ、中学校では Q5 で有意な向上が見られた。

表 2.e から、研究開始から約 1 年後まで小学校での SLI がほとんど改善されていない点について、研究協力校のうち 1 校は小規模校であり、平成 29 年度の全校の理科授業を中核的理科教員一人が専科として担当したことから、この事例を特に分析することで、SLI の変化のスピードと理科を教える体制との関連を考察する情報が得られると考えられる。表 3 に、当該校における研究開始時と研究実施約 1 年後の SLI およびその差の統計的検定の結果を示す。

⁹ 標準誤差(se)を使うと、 $SLI \pm 1.96 \times se$ が SLI 値の 95%信頼性区間となる。

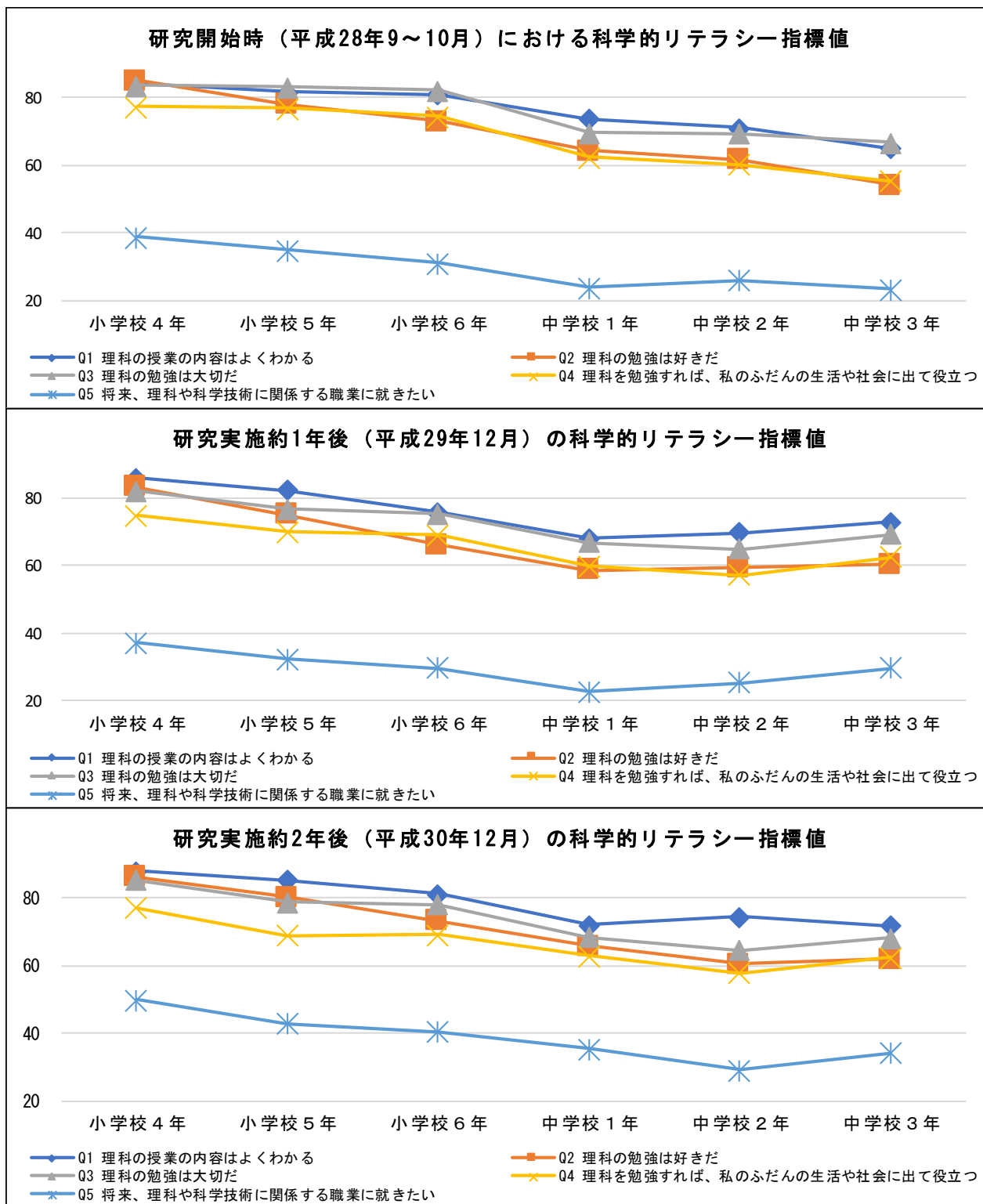


図4 研究開始時、約1年後、約2年後における5項目の科学的リテラシー指標値 (SLI)

表2 各学年の調査人数、およびSLIとその変化の検定結果 (t検定による※。**)は p<.01, *は p<.05)

2. a 3年間調査を実施した小学校4校、中学校5校での調査人数

全体	2. c 研究実施約1年後 (平成29年11~12月) の SLIと標準誤差										2. d 研究実施約2年後 (平成30年11~12月) の SLIと標準誤差									
	小学校 4年	小学校 5年	小学校 6年	中学校 1年	中学校 2年	中学校 3年	男子	小学校 4年	小学校 5年	小学校 6年	中学校 1年	中学校 2年	中学校 3年	女子	小学校 4年	小学校 5年	小学校 6年	中学校 1年	中学校 2年	中学校 3年
28年度	342	337	391	799	864	818	28年度	171	169	157	401	450	399	28年度	171	168	234	398	414	419
29年度	349	340	338	781	765	864	29年度	180	166	169	405	388	449	29年度	169	174	169	376	377	415
30年度	345	350	339	713	738	758	30年度	175	182	167	360	389	379	30年度	170	168	172	353	349	379

質問	2. b 研究開始時 (平成28年9~10月) の SLIと標準誤差										2. e 研究開始時から研究実施約1年後の変化 (同一学年)										2. f 研究実施約1年後から研究実施約2年後の変化 (同一学年)									
	小学校 4年	小学校 5年	小学校 6年	中学校 1年	中学校 2年	中学校 3年	質問	小学校 4年	小学校 5年	小学校 6年	中学校 1年	中学校 2年	中学校 3年	質問	小学校 4年	小学校 5年	小学校 6年	中学校 1年	中学校 2年	中学校 3年										
01	84 (1.2)	82 (1.2)	81 (1.1)	74 (0.9)	71 (0.9)	65 (0.9)	01	88 (1.0)	80 (1.3)	75 (1.3)	68 (1.0)	70 (1.0)	73 (0.9)	01	88 (1.1)	85 (1.1)	81 (1.2)	72 (1.0)	75 (0.9)	72 (0.9)										
02	85 (1.3)	78 (1.5)	73 (1.5)	64 (1.1)	62 (1.1)	54 (1.1)	02	85 (1.3)	73 (1.7)	69 (1.6)	59 (1.2)	59 (1.2)	60 (1.1)	02	86 (1.2)	80 (1.4)	73 (1.5)	66 (1.2)	61 (1.2)	62 (1.1)										
03	84 (1.3)	83 (1.3)	82 (1.2)	70 (1.0)	70 (0.9)	67 (1.0)	03	81 (1.4)	71 (1.7)	76 (1.5)	67 (1.0)	65 (1.1)	69 (1.0)	03	85 (1.2)	79 (1.4)	78 (1.5)	69 (1.1)	65 (1.1)	68 (1.0)										
04	77 (1.4)	77 (1.5)	75 (1.4)	62 (1.0)	60 (1.0)	56 (1.0)	04	74 (1.6)	66 (1.8)	67 (1.6)	60 (1.1)	57 (1.1)	62 (1.1)	04	77 (1.5)	69 (1.6)	69 (1.6)	63 (1.2)	58 (1.2)	62 (1.1)										
05	39 (2.0)	35 (2.0)	31 (1.7)	24 (1.0)	26 (1.1)	23 (1.1)	05	40 (2.1)	35 (2.0)	32 (1.9)	23 (1.1)	25 (1.1)	30 (1.1)	05	50 (2.2)	43 (2.0)	41 (2.1)	35 (1.4)	29 (1.3)	34 (1.3)										

質問	2. g 研究開始時から研究実施約2年後の変化 (同一学年)										2. h 研究開始時から研究実施約1年後の変化 (同一集団)										2. i 研究実施約1年後から約2年後の変化 (同一集団)										2. j 研究開始時から約2年後の変化 (同一集団)									
	小学校 4年	小学校 5年	小学校 6年	中学校 1年	中学校 2年	中学校 3年	質問	小学校 4年	小学校 5年	小学校 6年	中学校 1年	中学校 2年	中学校 3年	質問	小学校 4年	小学校 5年	小学校 6年	中学校 1年	中学校 2年	中学校 3年	質問	小学校 4年	小学校 5年	小学校 6年	中学校 1年	中学校 2年	中学校 3年													
01	7*	7*	7*	7*	7*	7*	01	7*	7*	7*	7*	7*	7*	01	7*	7*	7*	7*	7*	7*	01	7*	7*	7*	7*	7*	7*	7*												
02	7*	7*	7*	7*	7*	7*	02	7*	7*	7*	7*	7*	7*	02	7*	7*	7*	7*	7*	7*	02	7*	7*	7*	7*	7*	7*	7*												
03	7*	7*	7*	7*	7*	7*	03	7*	7*	7*	7*	7*	7*	03	7*	7*	7*	7*	7*	7*	03	7*	7*	7*	7*	7*	7*	7*												
04	7*	7*	7*	7*	7*	7*	04	7*	7*	7*	7*	7*	7*	04	7*	7*	7*	7*	7*	7*	04	7*	7*	7*	7*	7*	7*	7*												
05	7*	7*	7*	7*	7*	7*	05	7*	7*	7*	7*	7*	7*	05	7*	7*	7*	7*	7*	7*	05	7*	7*	7*	7*	7*	7*	7*												

質問	2. k 研究開始時の隣接学年間の差										2. l 研究開始時の2学年間の差														
	小学校 4⇔5年	小学校 5⇔6年	小学校 6⇔7年	中学校 1⇔2年	中学校 2⇔3年	質問	小学校 4⇔5年	小学校 5⇔6年	小学校 6⇔7年	中学校 1⇔2年	中学校 2⇔3年	質問	小学校 4⇔6年	小学校 5⇔7年	小学校 6⇔8年	中学校 1⇔3年	中学校 2⇔4年	中学校 3⇔5年	質問	小学校 4⇔6年	小学校 5⇔7年	小学校 6⇔8年	中学校 1⇔3年	中学校 2⇔4年	中学校 3⇔5年
01	7*	7*	7*	7*	7*	01	7*	7*	7*	7*	7*	01	7*	7*	7*	7*	7*	7*	01	7*	7*	7*	7*	7*	7*
02	7*	7*	7*	7*	7*	02	7*	7*	7*	7*	7*	02	7*	7*	7*	7*	7*	7*	02	7*	7*	7*	7*	7*	7*
03	7*	7*	7*	7*	7*	03	7*	7*	7*	7*	7*	03	7*	7*	7*	7*	7*	7*	03	7*	7*	7*	7*	7*	7*
04	7*	7*	7*	7*	7*	04	7*	7*	7*	7*	7*	04	7*	7*	7*	7*	7*	7*	04	7*	7*	7*	7*	7*	7*
05	7*	7*	7*	7*	7*	05	7*	7*	7*	7*	7*	05	7*	7*	7*	7*	7*	7*	05	7*	7*	7*	7*	7*	7*

※表 2.b~2.d に示す測定値間の差の程度を表 2.e~2.l に Welch の t 検定を用いた統計的解釈の結果として矢印の向きと有意水準の程度で示した。検定では同じ測定データを複数回用いたものがあるが、それぞれ独立した観点で測定値間の差の程度を1回のみ用いていると判断し、多重比較による p 値の調整は行っていない。

表3 理科専科の教員が全理科授業を担当する小学校における研究開始時と研究実施約1年後の科学的リテラシー指標値とその変化

	研究開始時			約1年後			変化（同一学年）		
	4年 (n=35)	5年 (n=41)	6年 (n=48)	4年 (n=38)	5年 (n=35)	6年 (n=42)	4年	5年	6年
Q1	81	83	71	85	82	79			↑+
Q2	92	70	59	82	81	76	↓*	↑+	↑**
Q3	80	77	75	82	73	83			
Q4	68	66	63	79	78	79	↑+	↑+	↑**
Q5	47	25	22	63	61	58	↑+	↑**	↑**

(t検定, 多重比較の調整は無し。**は p<.01, *は p<.05, +は p<.10)

研究開始時には、学年間での SLI のばらつきが大きく、特に6年生の SLI の値は低かったが、平成29年度に、中核的理科教員がすべての理科授業を指導した結果、研究実施約1年後には、多くの項目の SLI が有意に上昇し、いずれの学年も SLI の値が高くなった。特に Q5 の値は、図4で示した協力校全体の結果よりも約30ポイント高い。

IV-2 理科学力の変化

平成27年度と平成30年度の全国学力学習状況調査理科問題に対する学校の平均正答率を用いて、全国平均正答率を100%とした時の相対平均正答率¹⁰を算出した。図5のグラフは、横軸を平成27年4月に実施された調査、縦軸を平成30年4月に実施された調査における学校の全国平均相対平均正答率として作成したXYプロットである。調査対象学年は、小学校6年と中学校3年である。斜めの点線は、両調査において、全国平均に対して同程度であったことを示し、線上であれば学力水準に変化がなかったと解釈する。

学校	平成27年度	平成30年度	変化
A小学校	81%	88%	6.6%
B小学校	95%	93%	-2.4%
C小学校	96%	91%	-4.7%
D小学校	90%	96%	6.2%
E小学校	104%	100%	-4.9%
F小学校	104%	112%	7.8%
G小学校	107%	102%	-5.4%
H中学校	82%	94%	11.5%
I中学校	94%	82%	-11.9%
J中学校	98%	94%	-3.6%
K中学校	94%	99%	5.7%
L中学校	85%	95%	10.2%

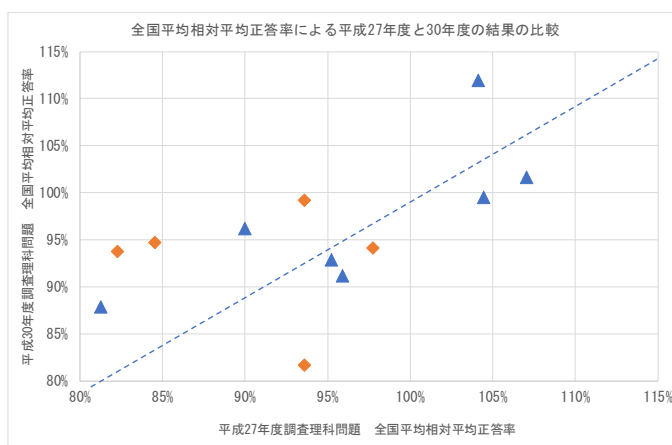


図5 平成27年度と30年度の全国学力学習状況調査理科問題の全国平均正答率を100%としたときの各研究協力校の両調査における相対平均正答率の表、およびXYプロット（▲は小学校、◆は中学校）

¹⁰ 全国学力学習状況調査は、公立小中学校においては概ね全数調査であり、標本誤差は無視できる。平均値や正答率の差は、実質的な差を意味する。

小学校 7 校（▲で表示）のうち 3 校は、平成 27 年度よりも平成 30 年度の方が 6～8 ポイント高くなり、学力水準が向上したといえる。残りの 4 校は、3 校が約 5 ポイント、1 校が約 2 ポイント低くなった。

中学校 5 校（◆で表示）のうち 3 校は 6～12 ポイント高くなり、学力水準が向上したといえる。1 校は約 4 ポイント、1 校は約 12 ポイント低くなった。

相対平均正答率が大きく約 12 ポイント低下した I 中学校については、その原因を解釈する上で必要な情報を得るため、中核的理科教員へのインタビューを行った。その結果、平成 30 年度全国学力学習状況調査を実施した 3 学年の生徒を、平成 29 年度に指導したのは中核的理科教員以外の教員であった。平成 29 年度に 3 年生を指導していた中核的理科教員は、2 年生を担当していた教員との間で、指導法や教材などを話し合う機会がほとんど持てなかった。表 4 に、I 中学校の平成 29 年度の 2 学年と 3 学年での各学期末の SLI を示す。この結果から、2 学年では、学年を通じて SLI が低い値のまま推移しているのに対して、3 学年では、学年末に向けて SLI が向上していることがわかる。

表 4 平成 29 年度に中核的理科教員が 3 学年を、他の教員が 2 学年を担当した

I 中学校における各学期末の科学的リテラシー指標値

	中核的理科教員以外の教員			中核的理科教員		
	2 学年 1 学期末	2 学年 2 学期末	2 学年 3 学期末	3 学年 1 学期末	3 学年 2 学期末	3 学年 3 学期末
Q1	63	61	60	76	79	80
Q2	55	56	57	62	67	67
Q3	66	62	61	79	76	83
Q4	55	48	52	74	71	80
Q5	31	26	24	23	32	56

また、相対平均正答率が 5 ポイント以上低下した G 小学校では、平成 30 年度当初に中核的理科教員が他校に異動したことにより、授業研究会や校内研修会といった校内での理科教育推進に向けた取り組みが実施できなくなっていた。

したがって、G 小学校と I 中学校については、本研究の複合的アプローチ（図 3）の主要な要素である学校レベルと学級レベル・教員レベルの取り組みが、平成 30 年度全国学力学習状況調査を実施した学年の生徒に十分に実施されなかったといえる。

研究協力校 12 校のうち、それぞれ 4 校（小学校 2 校、中学校 2 校）が所属する A 市と B 市の地域全体の理科学力の変化について、図 4 と同様の比較をした結果は、A 市の小中学校と B 市の小学校では 1～3 ポイント上昇し、B 市の中学校では 1 ポイント未満の低下となった。A 市と B 市の地域には、約 130 の小中学校が所在することから、本研究のアプローチが地域全体の学力の変化にどの程度影響したかは不明であるが、程度は小さいながらも地域の学力水準が向上した。

IV-3 科学的リテラシーの認識の変化が理科学力に及ぼす影響（因果関係）

表 2 で示された結果を基に、研究開始時と研究開始約 2 年後の中学校 1 年と 3 年の科学的リテラシー指標値を図 6 に示す。研究開始時には中学 1 年から 3 年にかけて理科への学習意欲が低下していたのに対して、2 年後には改善が見られ、中学校においては 5 項目中 4 項目で 1 年生と 3 年生で有意な差がなくなり、残りの 1 項目（Q5）では 1 年生よりも有意に高くなった。研究に参加した公立中学校 5 校全体の科学的リテラシーへの認識は、中学校 3 年において明らかに向上した。

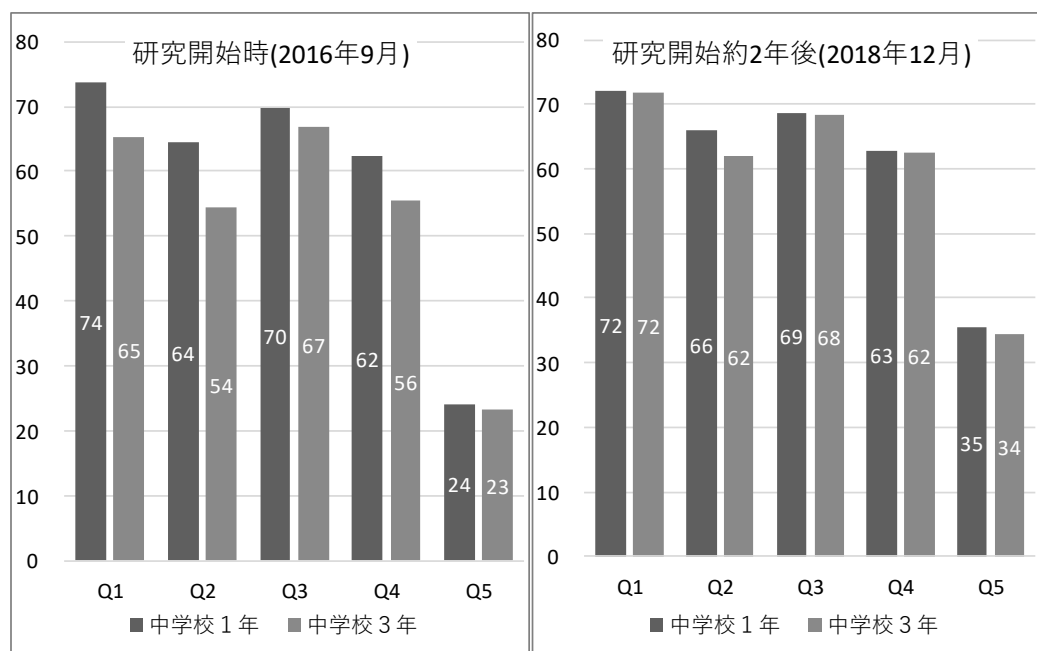


図 6 研究開始時と研究開始約 2 年後の中学校 1 年と 3 年の科学的リテラシー指標値

- Q1 理科の授業の内容はよくわかる（自己効力感、有能感）
- Q2 理科の勉強は好きだ（興味）
- Q3 理科の勉強は大切だ（重要性）
- Q4 理科を勉強すれば、私のふだんの生活や社会に出て役立つ（有用性）
- Q5 将来、理科や科学技術に関係する職業に就きたい（長期的な目標）

科学的リテラシー指標としている 5 項目に関する認識を高めることで理科学力が高まるのかという因果関係についてはこれまで検証されていない。そこで以下では、科学的リテラシーの認識の変化が理科学力に及ぼす影響について分析する。

IV-3-1 科学的リテラシーの認識変化群別の割合

表 5 の上側に小学校、下側に中学校の分析結果を集約して示す。それぞれの上段に認識変化群別の人数割合を示した。Q1～Q5 のいずれも中学校の方が小学校よりも HH 群の占める割合が小さく LL 群の占める割合が大きいことから、科学的リテラシーの認識が小学校よりも中学校でより持続的に否定的な状態になっていることがわかる。しかし割合は小さいながらも HL と LH が同程度に認められることから、1 学期から 2 学期にかけて比較的短い期間でも認識が否定的から肯定的に、あるいは肯定的から否定的に変化する児童生徒がある程度存在することがわかる。こうした「変化」によって理科の学力にどのような影響が現れるかを次の共分散分析によって確かめる。

IV-3-2 共分散分析の結果

平成 30 年度末の理科学力を従属変数として科学的リテラシーの 4 つの認識変化群を主効果、平成 29 年度末の理科学力を共変量とするモデルは、有意水準 5%とした場合、小学校、中学校のいずれも Q1～Q5 のすべてで統計的有意であるが、共変量の効果を分離した主効果（認識変化群）については中学校の Q1～Q4 でのみ統計的有意となった。モデルによって説明される分散の割合を示す R² 値は、小学校での約 30%に対して中学校では約 70%と高くなっている。この結果から中学校では、前年度の理科学力が当年度の理科学力に与える影響が小学校よりも大きいこと、及び、特に Q1～Q4 についての認識の変化がその後の理科学力に影響を与えていることがわかる。

科学的リテラシーの認識変化群別の理科学力の平均値について、共変量である平成 29 年度末の理科学力の影響を統一したときの推定平均値と標準誤差を表 5 の下段に示す。また主効果の影響が認められた中学校について、Q1～Q5 のそれぞれについて認識変化群別の理科学力の推定平均得点とその 95%信頼性区間（標準誤差の±1.96 倍）を図 7 に示す。図 7 に示すグラフの概形は、Q1～Q5 のいずれにおいても次の傾向を示している。

- ・HH 群よりも HL 群の方が、得点が低い
- ・LL 群よりも LH 群の方が、得点が高い
- ・HH 群よりも LL 群の方が、得点が低い

つまり、肯定的な認識が否定的な認識に変化した生徒の成績は肯定的な認識を継続した生徒の成績よりも低くなる傾向があること、逆に、否定的な認識が肯定的な認識に変化した生徒の成績は否定的な認識を継続した生徒の成績よりも高くなる傾向があること、また、肯定的な認識を継続した生徒の成績は否定的な認識を継続した生徒の成績よりも高い傾向があることがわかる。

さらに科学的リテラシーの認識の変化による理科学力への影響の性差を分析するため、図 7 に示したグラフが男女でどの程度異なるかを図 8 に示す。

図 8 のグラフの概形は、次の傾向を示している。

- ・HH 群では、Q1～Q5 のいずれにおいても得点にほとんど性差が見られない。
- ・HL 群と LH 群については、Q1～Q3 において女子の方が男子よりも得点が高い傾向がみられる。逆に Q5 では男子の方が女子よりも得点が高い傾向が見られる。
- ・LL 群では、Q3 以外の 4 項目において女子の方が男子よりも得点が高い傾向が見られる。
- ・HH 群と HL 群との得点差は、Q1～Q3 では男子の方が女子よりも大きく、Q4～Q5 では女子の方が男子よりも大きい傾向が見られる。
- ・LL 群と LH 群との得点差は、Q1, Q4, Q5 では男子の方が女子よりも大きく、Q2, Q3 では女子の方が男子よりも大きい傾向が見られる。
- ・Q2 に関して女子の LH 群は他のいずれの群よりも得点が高い傾向が見られる。
- ・Q4 に関しては男女に関わらず LH 群の得点が高い傾向が見られる。
- ・Q1, Q2 に関して男子の HL 群は他のいずれの群よりも得点が低い傾向が見られる。
- ・Q5 に関して女子の HL 群は他のいずれの群よりも得点が低い傾向が見られる。

表5 共分散分析の結果（上側：小学校，下側：中学校）

小学校		Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
人数割合 (%)	HH	94.1	80.0	85.1	75.2	25.9
	HL	2.3	6.5	6.3	10.1	11.2
	LH	1.9	5.3	5.3	8.2	9.7
	LL	1.7	8.2	3.4	6.5	53.3
平均値 (標準偏差)	HH	51.0(9.2)	51.2(8.8)	50.9(9.3)	51.0(9.3)	53.3(8.7)
	HL	48.7(10.3)	46.7(13.8)	50.8(7.8)	50.4(9.4)	50.0(9.5)
	LH	46.9(9.1)	50.1(10.0)	51.1(8.4)	50.4(8.4)	51.6(8.2)
	LL	43.0(6.7)	49.3(8.9)	46.1(11.2)	48.9(9.7)	49.5(9.5)
共分散分析モデル (自由度4)	F値	45.561	46.394	46.214	45.194	46.759
	有意確率	.000	.000	.000	.000	.000
	R ² 値	.287	.294	.298	.292	.288
主効果 (自由度3)	F値	.981	1.786	1.612	.626	2.139
	有意確率	.402	.149	.186	.598	.095
共変量効果 (H29Z得点, 自由度1)	F値	171.274	174.567	179.024	178.536	166.996
	有意確率	.000	.000	.000	.000	.000
H29Z得点調整後推定平均値 (標準誤差)	HH	50.9(0.4)	51.0(0.4)	50.7(0.4)	50.9(0.4)	52.2(0.7)
	HL	48.8(2.4)	47.7(1.4)	51.7(1.4)	50.7(1.1)	50.5(1.1)
	LH	47.9(2.6)	50.9(1.6)	52.2(1.6)	50.4(1.3)	50.9(1.2)
	LL	48.0(2.8)	50.0(1.3)	47.0(2.0)	49.0(1.4)	50.0(0.5)

中学校		Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
人数割合 (%)	HH	75.8	50.3	57.5	44.3	13.0
	HL	6.3	10.6	12.0	13.0	6.3
	LH	9.1	12.9	11.6	13.8	10.4
	LL	8.8	26.3	18.9	29.0	70.3
平均値 (標準偏差)	HH	52.1(9.0)	52.9(8.9)	52.7(8.6)	52.9(8.8)	55.8(7.1)
	HL	45.5(10.3)	48.9(10.3)	47.4(10.4)	49.5(9.1)	49.6(10.4)
	LH	45.9(9.8)	50.4(9.4)	48.4(10.6)	50.0(10.2)	51.4(9.2)
	LL	45.0(9.8)	46.7(9.6)	46.9(9.8)	47.6(10.0)	49.5(9.7)
共分散分析モデル (自由度4)	F値	415.505	413.119	416.133	409.278	405.945
	有意確率	.000	.000	.000	.000	.000
	R ² 値	.688	.683	.687	.680	.682
主効果 (自由度3)	F値	5.916	4.883	6.188	3.222	1.780
	有意確率	.001	.002	.000	.022	.149
共変量効果 (H29Z得点, 自由度1)	F値	1450.733	1472.240	1482.653	1503.340	1505.805
	有意確率	.000	.000	.000	.000	.000
H29Z得点調整後推定平均値 (標準誤差)	HH	51.0(0.2)	51.0(0.3)	51.2(0.3)	50.9(0.3)	51.6(0.6)
	HL	48.3(0.8)	49.5(0.6)	49.4(0.6)	50.2(0.5)	50.3(0.8)
	LH	49.7(0.7)	51.5(0.5)	50.2(0.6)	51.4(0.5)	50.8(0.6)
	LL	49.0(0.7)	49.6(0.4)	49.2(0.5)	49.7(0.4)	50.3(0.2)

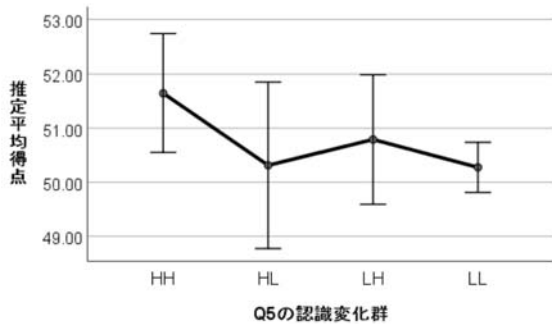
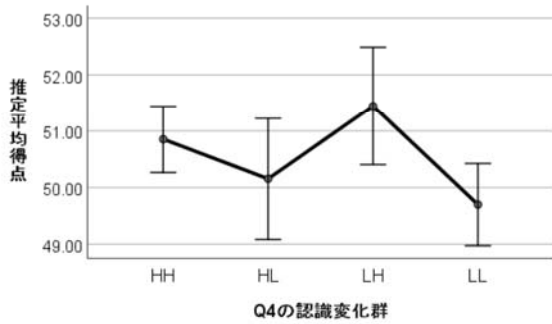
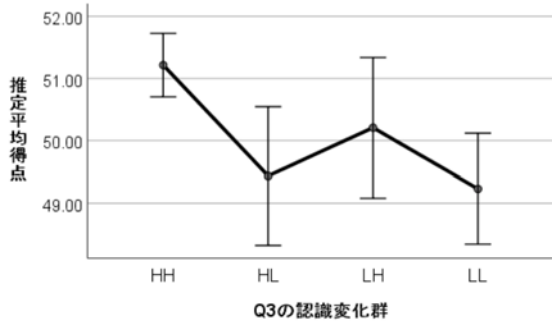
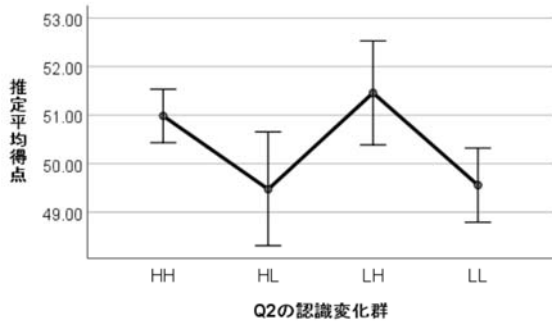
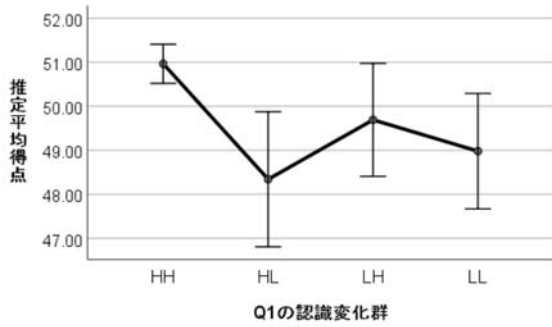


図7 共変量 (H29Z 得点) で調整した Q1~Q5 の認識変化群別の理科学力の推定平均得点と信頼性区間 (中学校)

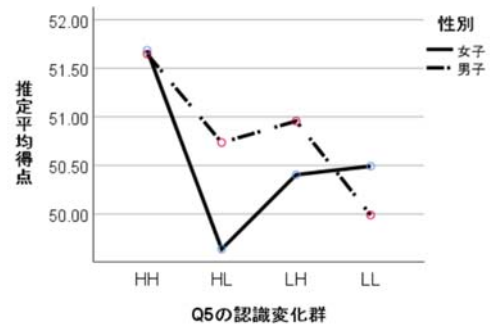
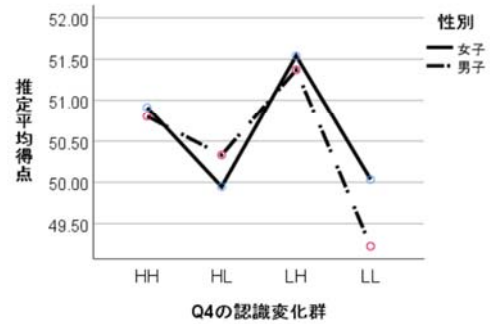
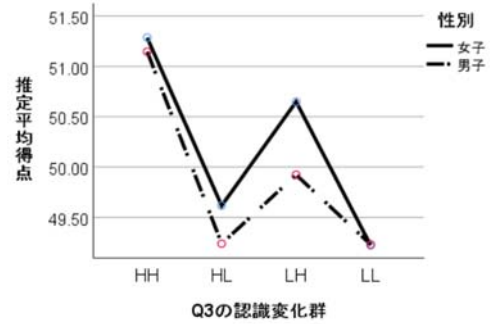
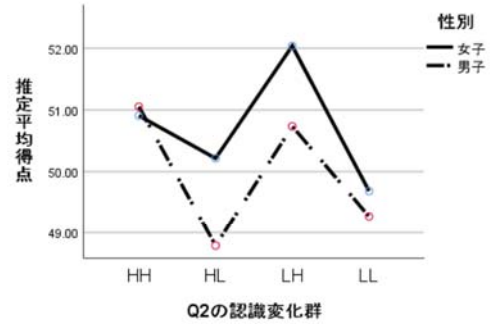
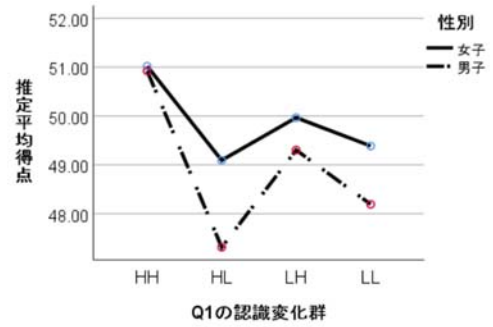


図8 共変量 (H29Z 得点) で調整した Q1~Q5 の認識変化群別の理科学力の性別の推定平均得点 (中学校)

V 研究目的 1 に関する考察

V-1 科学的リテラシー指標値の変化について

研究開始時の測定値は、一般の公立小中学校の実態に近いと考えられることから、図 3 に示した研究開始時の SLI は、現在の義務教育段階における理科教育が学年とともに生徒の理科学習への学習意欲を低下させている実態を示していると考えられ、全国の公立小中学校で行われている理科教育が生徒に良好な科学的リテラシーを育成するものとなっていないことを示唆している。中学校卒業段階で理科が「よくわからない」「好きでない」「勉強が大切でない」「ふだんの生活や社会に出て役立たない」「将来、就きたい職業と関係ない」と感じたならば、高等学校段階で、理科の科目を進んで選択しようとはしないであろう。このことは、実社会で活躍していく上で有用な理科に関する資質能力を十分身につけることができないまま学校教育を修了することを意味する。現在の理科教育の深刻な課題としてこの現状を受け止め、学年とともにすべての生徒の理科への学習意欲が低下しない、あるいは高まるような理科教育の実現に向けてシステミックリフォームを推進する必要があるといえる。

この深刻な課題の解決に、研究に参加した 12 校の中核的理科教員と取り組んだ結果、研究実施約 1 年後の結果は小学校 5・6 学年と中学校 1・2 学年で全般的に SLI が前年度を下回ったが、中学校 3 学年では Q3 以外の 4 項目で SLI が前年度を上回った（表 2.e）。改善の傾向は研究実施約 2 年後により明確となり、小学校 4 学年から中学校 3 学年のすべてで SLI が前年度を下回る項目がなくなり、多くの項目で前年度を上回った。ただし、研究実施後 2 年間の変化（表 2.g）では、小中学校とも開始時を下回っている項目が残っている。このことから、学校全体で生徒の理科への学習意欲の向上に取り組む結果が実態に反映するまでには時間がかかり、前年度を上回る取組みを継続することが重要であることが示唆される。一方、全校の理科授業を中核的理科教員一人が専科として担当した小学校では、学級担任が理科を担当する小学校と比べて SLI の変化のスピードが速かった。本研究は、中核的理科教員を推進役として校内の理科教育の改善に取り組むアプローチを採っているが、小学校では学級担任が理科を指導することが多く、中核的理科教員の働きかけが各学年の個々の学級担任に伝わり、日々の授業実践に反映されるまでには相当な時間がかかることを意味する。また、教科担任である中学校においても、理科教員間で協調して全校的な理科学習の改善をもたらすまでには小学校同様かなりの時間を要することがわかる。

改善に時間を要する傾向は、研究開始時の生徒集団の 1 年後の変化（表 2.h）において、多くの項目の SLI が有意に低下していたのに対して、1 年後から 2 年後への変化（表 2.i）では、多くの項目の SLI が有意に向上したことから裏付けられる。しかしながら、研究開始時に 4 学年であった生徒が 2 年後の 6 学年で Q2, Q3, Q4 の SLI が有意に低下していた（表 2.j）ことは、本研究のアプローチでは小学校段階での理科への学習意欲の低下を 2 年間で食い止めるまでに至らなかったことを意味する。ただし、表 3 の結果は、中核的理科教員が理科専科として全校生徒の理科への学習意欲を高い状態に維持することができる資質能力を有しており、それが十分発揮できたときに、生徒の実態に大きな変化が現れることを実証している。したがって、学級担任が理科を指導する場合は普段から中核的理科教員の助言や支援を受けられるような校内体制を十分に整え、中核的理科教員の資質能力を全校で活用できるようにすることが、生徒の理科学習を良好に維持することにつながるといえる。

一方、中学校段階では研究開始時に 1 学年であった生徒が 2 年後の 3 学年で Q5 に有意な向上が見られ、他の項目について低下が見られなかったことから、2 年間の取組みによって理科への学習意欲の低

下を防ぐとともに、生徒の科学技術に関連する職業への関心を高めることができた。このことは、今後の中学校段階での科学技術人材教育の進展に貢献できる成果と考えられる。

V-2 理科学力の変化について

全国学力学習状況調査理科問題の平均正答率を用いた本研究協力校の平成 27 年度と 30 年度の理科学力水準の変化については、図 5 に示したように、本研究の複合的アプローチの主要な要素を実施できなかった G 小学校と I 中学校を除いた 10 校のうち 6 校が 5 ポイント以上の向上を示す結果となった。

I 中学校の結果（表 4）から、2 学年で SLI が低い値のまま推移していた生徒集団が 3 学年の 4 月に受けた全国学力学習状況調査で良好な結果を示せなかったのは必然的な結果といえる。本研究は、中核的理科教員が推進役となり他の理科教員と連携を図ることで、すべての生徒の理科への学習意欲を低下させない理科教育の実現を目指しているが、I 中学校でのこの事例は、校内の理科教員間で連携を図ること自体が困難であり課題であることを示唆している。多忙さの軽減のため、中学校では一人の教員が 1 つの学年を単独で担当することが少なくないが、このことも、異なる学年間での教員の連携を希薄にする要因となり得る。本研究を実施した埼玉県内では稀であるが、3 人の理科教員がそれぞれ 2 つ以上の学年を担当するような、いわゆる「タテ持ち」を中学校での授業分担に採用する教育委員会や学校が少なくない（例えば、福井県教育委員会、2016）ことは、この問題の解決へ向けた地域レベルや学校レベルでの取り組みとなりうる一方策と考えられる。

また、G 小学校において中核的理科教員が異動により転出した後も学校全体の理科教育の水準が維持できるように、異動を想定した次期中核的理科教員を校内で育成することが重要であることも示唆された。

本研究は、複雑な教育システムに対する複合的なアプローチの結果、地域の生徒の学習面に効果をもたらすことを目指しているが、それぞれ 4 校が研究に参加した A 市と B 市における平成 30 年度全国学力学習状況調査理科の結果は、小規模ながらも本研究での取り組みの有効性を支持するものとなった。両市においては、教育委員会内に本研究と連携した理科学力向上のための委員会を設置し、中核的理科教員がその委員を兼務し、市全体の理科教育推進の事業に関わっている。本研究が市教育委員会の事業と連携して行われることで、研究協力校での公開授業研究会に市全域から参加が得られ、他校への成果の普及を促進できる。こうした条件整備によって、本研究が両市における理科学力向上の一要因となっていると考える。しかしながら、示された有効性の程度は小さく、効果をより明確なものとするには、①地域における研究実施校数を増やすこと、②より効果の高い取り組みを開発し実施すること、③長期的継続的に取り組むこと、などが必要と考えられる。いずれも、推進役となる中核的理科教員を増やし、力量を向上する研修機会を充実させる必要がある。

V-3 科学的リテラシーの認識の変化が理科学力に及ぼす影響について

V-3-1 小学校段階

表 5 に示した小学校 4 校の 5、6 年生の分析結果から、小学生の理科学力は前年度の理科学力の影響を強く受けているが、科学的リテラシーの認識の変化の影響は統計的有意ではなかった。しかし Q1～Q5 の認識群別の平均得点は、前年度の学力の影響を除いてもなお HH 群の方が LL 群よりも高い傾向が見られたことから、理科を教える教員は Q1～Q5 に関する児童の認識を常に肯定的に保つことで理科学力

も緩やかに高まることが期待され、かつ、理科学力が高まれば上位学年での理科学力に良い影響があるものと考えられる。ただし小学生の科学的リテラシーに関する認識については、今回小学校段階で分析に用いることができたデータ数が475名分と少なかったため標準誤差が大きくなったことも効果の検証を難しくしたことから、データ数をより増やすことは今後の課題となる。また表2においても、5項目の科学的リテラシー指標への回答は低学年ほどより肯定的であったように、年少者にとっては理由となる学習事実をもたなくても感覚的に肯定的なイメージで質問項目に回答する傾向があると考えられる。したがって科学的リテラシーの認識をより確かなものにするためには、各項目に関して児童がより根拠をもって肯定的に回答できるような理科学習を経験させる必要があると考えられる。

V-3-2 中学校段階

中学校3校の2,3年生の分析結果は、前年度の理科学力の強い影響とともに、その影響を除いてもQ1～Q4に関する科学的リテラシーの認識の変化が理科学力に及ぼす影響が統計的有意であった。

科学的リテラシーの認識が学年途中で肯定的から否定的に変化した生徒(HL群)は理科学力が低下し、逆に、否定的から肯定的に変化した生徒(LH群)は理科学力が向上する傾向が明らかとなったことは、中学校段階での理科教育の在り方に明確な示唆を与えるものである。理科教員は定期的に生徒の科学的リテラシーの認識状態を把握し、否定的な認識の生徒を肯定的な認識に変化させること、肯定的な認識の生徒を否定的な認識に変化させないことを重視すべきと言える。Q1～Q5の5項目が意味することは、「よくわかる理科」「興味を感じる理科」「人として学ぶことが大切な理科」「自分の生活や実社会で役に立つ理科」「将来の職業生活に理科が関係している」と生徒が認識できているかということであり、理科教員にそうなるための理科授業を実践するよう求めるものである。それぞれの項目に対して肯定的に捉えさせるための指導や、否定的な認識を肯定的に変化させるための指導の工夫を各単元で計画的に取り入れていくことが期待される。それによって生徒個人や学級全体での科学的リテラシーに関する肯定的な認識への変化を導き、定期的な科学的リテラシーの認識調査によって実態を把握し、さらなる改善を実現することができる考える。

V-3-3 理科学力に及ぼす影響における性差について

本研究によって、科学的リテラシーの認識の変化が理科学力に及ぼす影響に性差が存在することが明らかとなった。

Q1(自己効力感,有能感)とQ2(興味)に関して肯定的な認識が否定的に変化した男子の理科学力は女子よりも著しく低下していた。「理科がわからなくなった」や「理科には興味を感じなくなった」と認識することが特に男子にとってその後の学習に強い悪影響をもたらすと考えられる。

Q5(長期的な目標)に関しては肯定的な認識が否定的に変化した女子の理科学力が男子よりも著しく低下していた。「理科は自分の将来には関係ないだろう」と認識することが特に女子にとってその後の学習に強い悪影響をもたらすと考えられる。

一方、Q2(興味)に関しては否定的な認識が肯定的に変化した女子の理科学力は、男子よりもかつ元々肯定的に認識していた生徒よりも高くなっていた。「理科には以前は興味がなかったけど、最近興味を感じるようになった」と認識することが特に女子にとってその後の学習に強い好影響をもたらすと考えられる。

さらに、Q4（有用性）に関しては男女を問わず否定的な認識が肯定的に変化した生徒の理科学力は、元々肯定的に認識していた生徒よりも高くなっていた。「理科の勉強は役立たないと思っていたが、身のまわりや社会の様々なところで役立っていることがわかった」と認識することが、生徒にとってその後の学習に強い好影響をもたらすと考えられる。

そして、Q3（重要性）に関しても男女を問わず肯定的な認識を継続していることが高い理科学力につながっていた。「理科では、人として大切な事柄を勉強できる」という認識を常に持ち続けることができることが、生徒にとってその後の学習に強い好影響をもたらすと考えられる。

V-3-4 中核的理科教員の活用について

本研究は、中核的理科教員を「理科指導で高い資質能力を有しており、理科授業研究会の授業者や観察実験講習会等の指導者を務めるなど、校内や地域の理科教育の推進役を担うことができる教員」と位置づけ、教育委員会の協力を得て、そうした資質・能力を有する教員が学校長の承諾を得て研究に参加する形態を採った。国立研究開発法人「科学技術振興機構」によって平成21年度から27年度まで全国16都府県で実施された「理数系教員養成拠点構築事業（CST事業）」で養成されたコア・サイエンス・ティーチャー（CST）とは異なっている（科学技術振興機構理数学習支援センター,2012）。CST事業では、CSTに「地域の理科教育の推進役として活躍するとともに、教員研修会等の指導者としてその力量を広めることで、地域の理科教育の向上に寄与する」ことが期待されたが、本研究の中核的理科教員は所属する学校全体の理科教育を改善することを主とし、そこで見出された効果的な取り組みを地域に拡大することによって地域の理科教育改善を導くことを従とするものである。それにより、研究開始から2年後の平成30年度には科学的リテラシーの認識の実態と理科学力に改善の傾向が確認され、地域においても取り組みの有効性を支持する結果が得られた。

しかしながら、管理職者ではない一教員が全校的に理科教育の改善を推進することは、役割を校務分掌として位置付けない限り他の教員の理解を得ることは容易でない。加えて、他の教員よりも余計に様々な業務を負うことで多忙さが増すことになる。本研究では、教育委員会を通じて大学から学校に理科教育研究協力校としての研究委嘱を行うことで、学校が委嘱を受けた研究の担当者として当該教員に中核的理科教員を依頼した。中核的理科教員に加配はなく授業負担の軽減もない中で研究を推進するに当たり、中核的理科教員に極力負担をかけないことが重要であり、大学側で担える作業はできるだけ大学で行うよう留意した。授業研究に利用できる実験器具や消耗品を提供したり、中核的理科教員のための研修会として県外施設での合宿研修会を実施したりすることで、本研究に関わるメリットも得られるように留意した。行政上の課題として、中核的理科教員のような学校内と地域の授業改善を中心的に担う教員に対して、適正な業務負担の範囲で職務を明確に位置付ける必要があるであろう。

V-3-5 理科教育のシステミックリフォーム

本研究では、学校を直接所管する教育委員会による学校と中核的理科教員への支援が重要であった。研究委嘱では理科教育研究協力校は毎年地域公開の授業研究会を実施することとしたが、学校が単独で地域の学校の教員に出席依頼を発出することは困難である。教育委員会が主催者として管下の小中学校に授業研究会の開催通知を出すことで開催を周知することができる。研究授業の内容についても中核的理科教員だけに任せるのではなく、理科の指導主事が適宜指導や助言を行うことで中核的理科教員にとっ

ても良い研修機会となり、より効果的な研究授業の実施につながる。必要に応じて大学の研究者も準備段階から授業研究に参画する。

また地域に公開する授業研究会に加えて、可能な範囲で校内授業研究会を実施することとしており、中核的理科教員以外の教員も理科の授業研究を行うことで校内全体の理科の授業改善を推進する。

そして前述したように、毎学期末に行う科学的リテラシーの認識の実態調査は、大学が調査用紙の印刷、郵送、集計、結果報告を担うことで、学校、教員側の負担を軽減する。

さらに定期的に理科教育研究協力校全体で会議を行い相互に状況を報告することで、課題の抽出と対策を協議し有用な情報を共有する。

本研究では、こうした体制を整えることで学校全体と地域規模での理科教育のシステミックリフォームに取り組んだ。教育委員会の積極的な関与が研究に不可欠な要素であったと言える。

VI 研究目的2に関する各事例研究の結果と考察

本研究に参加した公立小中学校で取り組まれたシステミックリフォームの事例研究の結果を、各学校が属するシステムを単位として捉え、その特徴を学校や教育委員会の発表資料や中核的理科教員に対する聞き取りで得られた発言内容を基に抽出する。

VI-1 教育委員会委員型のシステムAにおけるシステミックリフォームのアプローチ

VI-1-1 教育委員会Aの取り組み

教育委員会Aは、域内に20以上の市立中学校を有し、中核市として教員研修を主体となって実施する自治体である。独自に小学生6年生向けの科学講演会や実験体験事業の実施、小中学校への理科実験助手の配置、大学と連携した小中学校での大学教員等による出前科学実験授業、教員相互の学びの場として教育フェスタの開催などを行っている。

同教育委員会は、学力向上研究委員会を設置し各教科の「確かな学力」の実現に取り組んでいる。本研究との連携について協議を行った結果、教育委員会が理科の学力向上研究委員会の委員として、市内の小・中学校各2校ずつの教員を任命することで、その4名が中核的理科教員として本研究に関われるようにするとともに、埼玉大学はその4校に「埼玉大学教育学部理科教育研究協力校」を委嘱した。なお、委嘱期間は、平成28年度から3年間（もしくは4年間）としたが、4校のうち2校では、期間中に中核的理科教員が異動により交代することとなった。

学力向上研究委員会では、理科の指導主事がサポートしながら、①よりよい授業づくりに向けた委員同士の情報交換・検討会の実施、②市内全校悉皆による研究授業、及び各地区における研究授業の実施、③指導案等研究成果のネットワークでの共有などに取り組んだ。この委員会活動に4名の中核的理科教員が関わることで、よりよい授業づくりのためのモデルを、それぞれの所属校で中核的理科教員が実践し研究授業等で広める役割を担うものとなった。図9は、教育委員会Aが市内全校向けに示した授業づくりのモデルの例である。

研究授業の内容は、学力向上研究委員会での事前協議で検討された。教育委員会から周知される市内全校悉皆による公開授業研究会としたことで、研究授業の際には多数の教員が参加し、授業観察と参加者間の研究協議に続いて、教育委員会の指導主事と埼玉大学の研究代表者が指導助言者を務めた。4校の研究協力校で毎年1回公開授業研究会が実施され、中核的理科教員もしくは指導案を共同作成した同校の他の教員が授業者を務めた。授業研究会に際しては、埼玉大学から「埼玉大学教育学部理科教育研究協力校」全体に開催を周知することで、他地域の中核的理科教員等が参加することもあり、活発な研究協議につながるとともに、中核的理科教員間のネットワーク形成・情報共有に寄与した。

一方で、中核的理科教員が所属校内で全校的な理科教育推進活動を行う上では、教育委員会から直接サポートがないことから、校内での活動をどう支援できるかが課題として認識されることとなった。

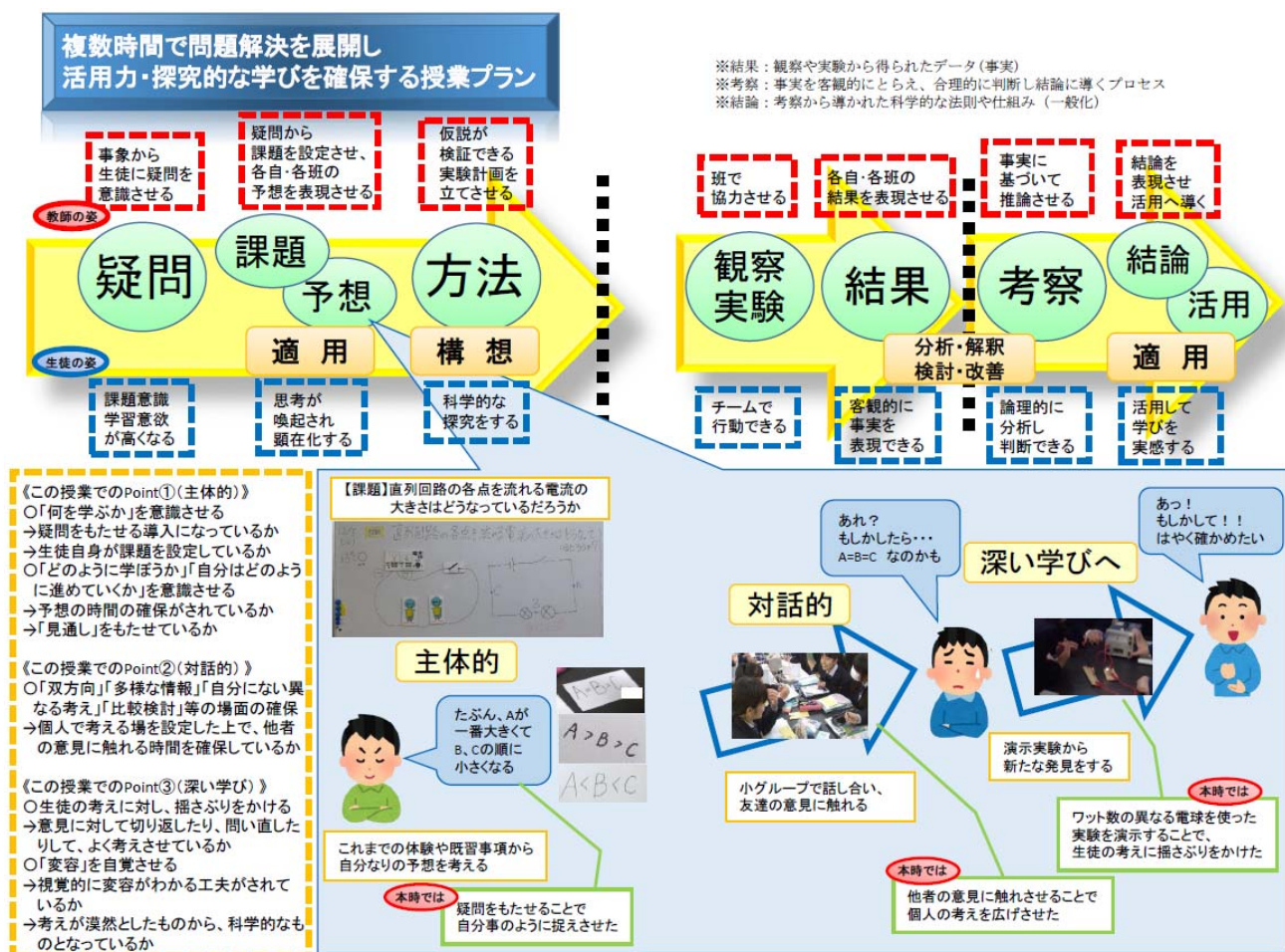


図9 委嘱期間中に教育委員会Aで取り組まれた授業づくりのモデルプラン

VI-1-2 小学校Fでの中核的理科教員A教諭の取り組み

本研究の取り組みを始める前の平成27年度と28年度に、小学校Fは教育委員会の委嘱を受けて理科・生活科に関する研究を全校体制で進めていた。A教諭は、教育委員会の委嘱期間が終了した平成29年度以降も、本研究の中核的理科教員として、理科主任で学級担任という立場で、同校での理科教育を推進した。主な取り組みを以下に記す。

①一人一授業の実施 (H28)

年間計画に、一人一回以上の授業研究会を位置付け、指導案の作成・配布とともに、学年内、学年間、全校での理科授業力向上のための研修機会とする。

②考察文型と文例の共有 (H27～)

理科の結果、考察、まとめの違いの理解を進めるとともに、中学年、5年生、6年生の各段階に合わせて、基本的な「考察」の定型文と文例を示して教員間で共通理解を図る。

③板書例とノート指導の統一 (H27～)

板書とノート指導について、日付、問題、予想、実験、結果、考察、まとめを共通要素とする統一した例を示す。

④給食時の理科・生活科放送 (H27～)

給食時に理科ニュースとして身近な話題を放送し、理科の日常化を図る。

⑤理科実験コーナー（H27～）

廊下に観察実験コーナーを設け、理科に関わる様々な事象に児童が自由に親しめる環境を整える。

⑥理科質問コーナー・放送（H27～）

理科の質問コーナーを設けて、児童から出された質問への答えを掲示したり、給食時の放送で紹介したりする。

⑦子ども理科実験教室（H27～）

昼休みなどを利用して普段の理科授業で実施することが難しい観察実験を特別実施する。

⑧図書室おすすめ理科本（H27～H29）

図書室に理科室に関わるおすすめの本を配置し、図書を通じて理科に関わる関心を高める。

⑨実験器具の使い方カード（H27～）

理科室に、基本的な実験器具の使い方をラミネートしたカードを数多く用意し、いつでも確認できるようにする。

⑩ゲストティーチャー招聘（H27～）

学校外の専門家をゲストティーチャーとして招聘し、発展的な科学や科学技術への関心を高める。

⑪教員向け放課後理科実験教室（H27～H29）

これから始まる単元で指導する実験内容等をテーマに、1週間ほど前の放課後に任意参加で教員向けの理科実験教室を行い、教員の実験への苦手意識を解消し実験の指導力を高める。

平成28年度以降はこれに加えて、科学的リテラシー指標値を用いたPDCA、校内・地域公開の授業研究会、中核的理科教員の研修、大学生による天体観察会などを実施した。

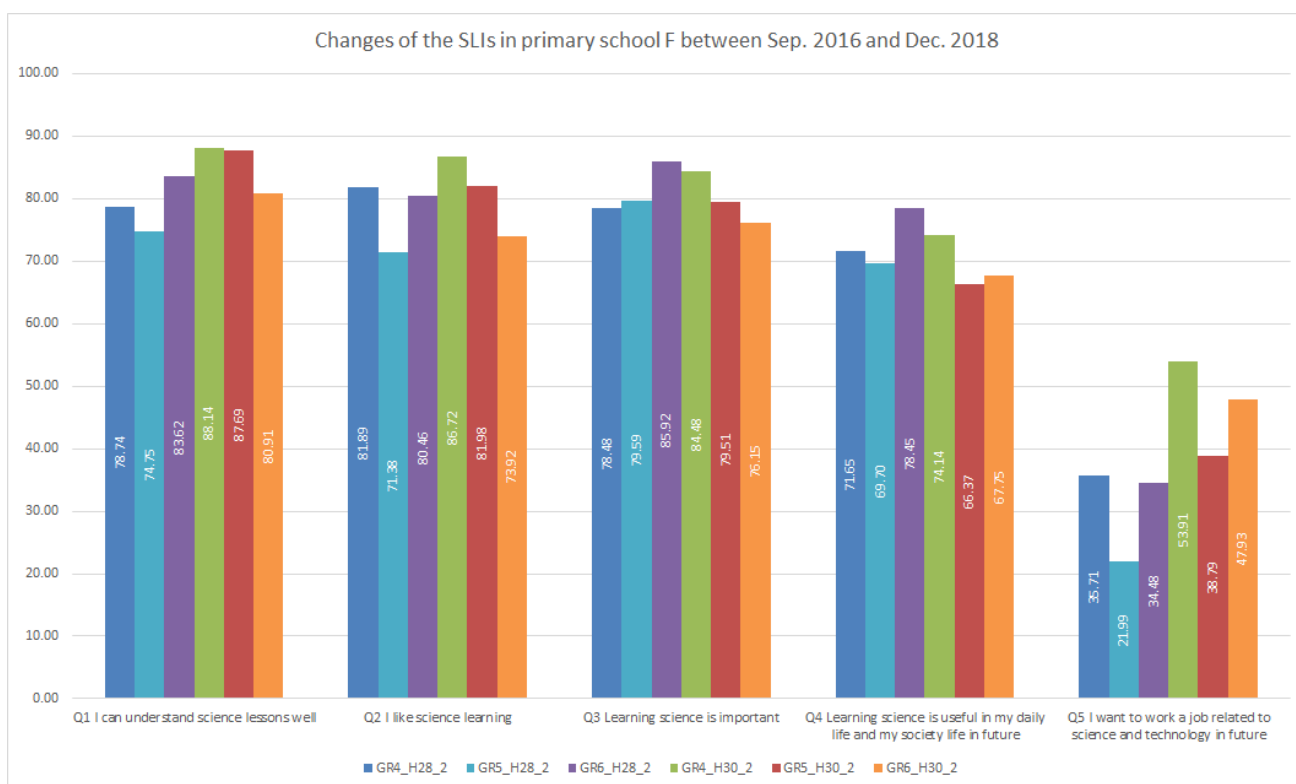


図10 小学校Fにおける科学的リテラシー5項目の指標値の変化（棒グラフは左から、平成28年度2学期の4年生、5年生、6年生、平成30年度2学期の4年生、5年生、6年生）

教育委員会から学力向上研究委員会委員に指名された A 教諭は、本研究の中核的理科教員として、理科主任で学級担任という立場でありながら、①～⑪その他の多種多様な活動で理科教育を推進した。その背景には、平成 28 年度まで教育委員会から理科・生活科の研究委嘱を受けて学校研究として取り組んでいた下地がすでにあつたことで、委嘱研究が終了した後も全校体制での活動が継続できたものと考えられる。

図 10 に、研究開始時の平成 28 年 2 学期と、研究開始約 2 年後の平成 30 年 2 学期の各学年の科学的リテラシー 5 項目の指標値 (SLI) を示した。研究開始時は、平成 28 年度までの委嘱研究の最終発表会の頃であり、特に 6 年生が高い値を示しているが、本研究の開始約 2 年後の平成 30 年 2 学期の値は、平成 28 年度と比べても全般的に高い値を示していることから、全校で理科教育が推進されてきたことがわかる。

VI-1-3 中学校 C での中核的理科教員 B 教諭の取り組み

中学校 C は、市内中心部に近く学年約 6 クラスと規模の大きい中学校である。B 教諭は、平成 28 年度の研究開始時に学力向上研究委員会委員に指名され、本研究の中核的理科教員を務めることとなった。教育委員会から直接の指名だったため、初年度は理科の他の教員の認識が浅く、中学校の多忙な日常業務の中で打合せの機会も持てず、研究授業では自校の教員が参加できないなか他校の教員のみが参観するなど、全校体制で取り組むことがきわめて困難であった。

そこで、研究 2 年目の平成 29 年度は校長の発案で毎週の時間割 (月曜 1 時限目) に理科部会の時間を設定することとした。これによって、理科の教員間の意識のずれが大きく改善され、全校体制での理科教育推進の取り組みが進展した。例えば、2 学年では 3 学期の気象の学習に向けて、春、夏、秋、冬と年間 4 回 5 日間ずつ継続の天気を記録させる宿題を統一して課すなど、学年で共通して生徒に取り組ませる学習が設定できるようになった。また、研究授業の授業者を中核的理科教員以外の若手の教員に経験させるようにしたことで、ベテランも含めて理科の教員全体でその授業づくりに協働できるようになった。

中学校での理科の教員間のコミュニケーションについて、私立学校での勤務経験がある B 教諭は、私立学校では、理科の教員は普段から職員室よりも理科準備室にすることが多く理科の教員間でよく話し合うのに対して、公立中学校では職員室で学年の業務に関して学年内でコミュニケーションするのが中心で、学年を超えて理科で話しをする機会が基本的にないところが大きな違いで、だからこそあえて教科の中で学年を超えて話し合う機会を設けることに意義があると話した。また、T.T.加配も教員間のつながりを改善するのに有効だと話している。

本研究に関する理科授業づくりの取り組みについては、理科部会において、『毎回の授業でなるべく具体物を用いて行う』ことと『2 時間扱いでの深い探究活動に年に 1 回以上取り組む』ことを申し合わせ、平成 29 年度は次のように計画的に取り組んだ。

1 年生

・身の回りの物質『白い粉の正体』

探求方法と予想される結果を考え、実験を行う。(1/2 時)

分けられなかったものについて追加実験を行う。(2/2 時)

・身近な物理現象『力のはたらき』(研究授業)

手づくり玩具の動く理由を探し、そこにはたらく力の種類について共通点と違いを知る。

2年生

- 化学変化と原子・分子『炭酸水素ナトリウムの熱分解』

カルメ焼きをつくり，材料や操作を振り返りなぜ膨らむのかを考える。(1 / 2時)

砂糖と炭酸水素ナトリウムを熱し，変化を比較する。(2 / 2時)

- 動物の世界と生物の変遷『鶏手羽先の解剖』

茹でた手羽先の筋肉，筋を取り除きながら骨と筋肉のつくりを観察する。さらに，骨を並べ骨格標本を作る。(1 / 2時)

作製した骨格標本を他の動物の骨格標本と比較し，共通点を見出す。

相同器官について学ぶ。(2 / 2時)

- 電流とそのはたらき『直列回路の電流の大きさは変化するのか』(研究授業)

電流の大きさは変化するかしらないか。予想した理由を議論しあい，予想を確かめる実験を行う。

3年生

- 運動とエネルギー『おもりの落下による発電』

プーリー付き手回し発電機を各班に配り，発電できる方法を話し合いで考える。(1 / 2時)

実験し，電流，電圧，電気が流れた時間を測定し，理論値と比較。他エネルギーへの変換も考え，エネルギー効率についても触れる。(2 / 2時)

また，科学的リテラシーの調査では共通の5項目に加えて，「Q6 天気予報や地震，災害情報はよくチェックする」「Q7 最新の科学技術について敏感だ」「Q8 地球の歴史や生命の誕生について興味関心がある」を加えたことで，生徒に期待されているポイントをより意識づけることにつながったと話した。

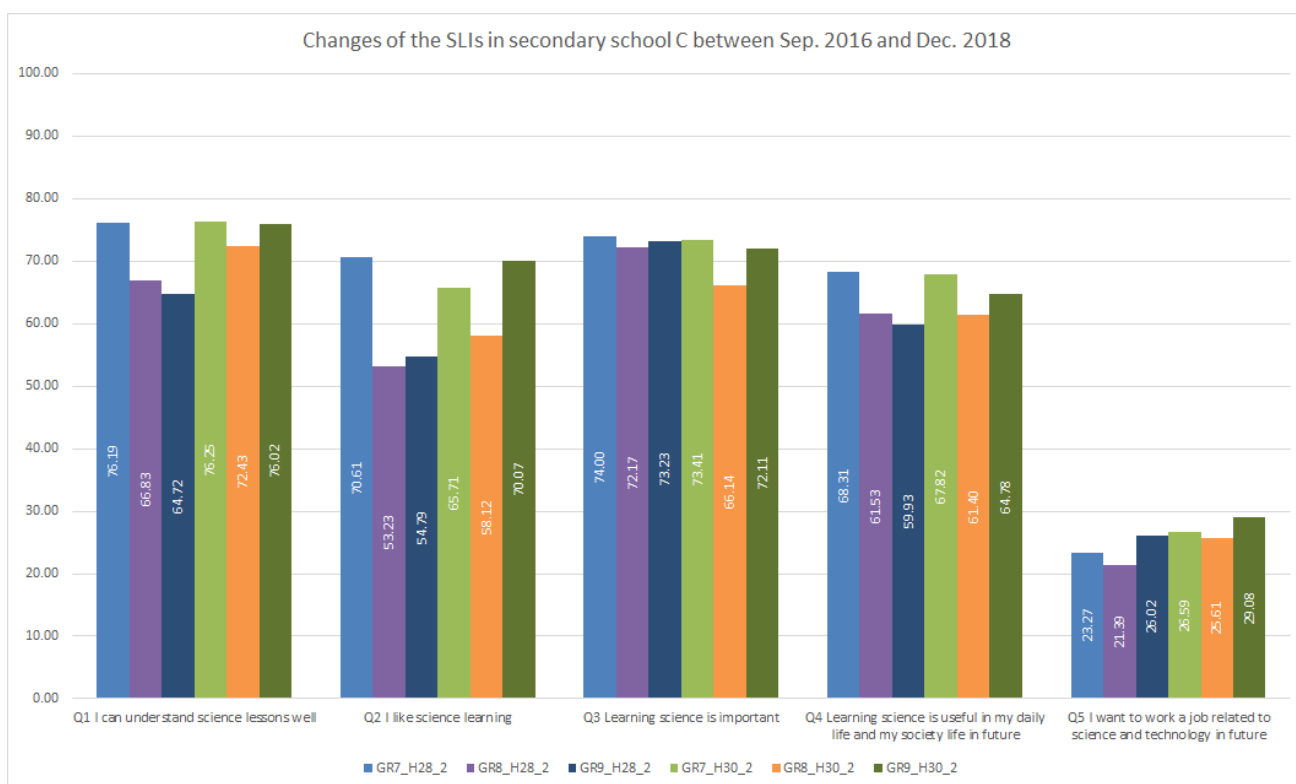


図 11 中学校 C における科学的リテラシー5項目の指標値の変化 (棒グラフは左から，平成 28 年度 2 学期の 1 年生，2 年生，3 年生，平成 30 年度 2 学期の 1 年生，2 年生，3 年生)

図 11 に、研究開始時の平成 28 年 2 学期と、研究開始約 2 年後の平成 30 年 2 学期の各学年の科学的リテラシー5 項目の指標値 (SLI) を示した。研究開始時に比べて、開始約 2 年後の平成 30 年 2 学期の値は、特に 3 年生において全般的に高い値を示している。中学校 3 年間で、科学的リテラシーの認識が低下しない状況が実現されていることがわかる。

VI-2 教育委員会委員型のシステム B におけるシステミックリフォームのアプローチ

VI-2-1 教育委員会 B の取り組み

教育委員会 B は、教育委員会 A と同様、域内に 20 以上の市立中学校を有し、中核市として教員研修を主体となって実施する自治体である。独自に小中学生対象の理科オリンピック大会の開催、市立科学館と連携した先進的な学習機会の提供、理数教育環境を充実させた市立高校理数科の設置などを行っている。

同教育委員会は、学力向上推進委員会を設置し各教科の「確かな学力」の実現に取り組んでいる。本研究との連携について協議を行った結果、教育委員会が理科の学力向上推進委員会の委員として、市内の小・中学校各 2 校ずつの教員を任命することで、その 4 名が中核的理科教員として本研究に関われるようにするとともに、埼玉大学はその 4 校に「埼玉大学教育学部理科教育研究協力校」を委嘱した。なお、委嘱期間は、平成 28 年度から 3 年間（もしくは 4 年間）としたが、4 校のうち 2 校では、期間中に中核的理科教員が異動により 1 校で中核的理科教員を毎年交代し、もう 1 校は委嘱先を他の学校に変更して委嘱期間を 2 年間とすることとなった。

学力向上推進委員会では、小学校での理科教育の現状について、「理科専科を配置して授業を行っている学校が多い」ことと、「理科に関する委嘱や校内研修を行っている学校は、極めて少ない」こと、中学校での理科教育の現状については、「理科教員の年齢層の偏り（若手教員とベテラン教員）」と「理科に関する委嘱や校内研修を行っている学校は、極めて少ない」ことから、小中学校ともに「理科の指導力向上の機会がない」ことを課題と捉え、理科の指導主事がサポートしながら、①地域公開研究授業の実施と、②理科学力向上研修会の開催に取り組んだ。この委員会活動に中核的理科教員が関わることで、市内の教員の指導力向上の機会を提供できるよう、それぞれの所属校で中核的理科教員が理科授業の改善に取り組み、研究授業等を通じてその成果を広める役割を担うものとなった。

教育委員会 B の理科授業改善へのアプローチは、Ⅰ科学の順序、Ⅱ授業と家庭学習の紐つけ（学習したことがどのようなことに活かされるか）、Ⅲ生活との関連（課題決定前や考察における関連性を見出す）、Ⅳ単元ごと・授業ごとの振り返り（家庭学習や生活との関連を中心に）を重視し、問題解決学習の流れ（事象との出会い 問題（課題）の設定 予想・仮説 計画の構想 実験・観察 結果 考察 結論）に沿った授業を定着させることである。毎年、中核的理科教員が予め学力向上推進委員会で練り上げた指導案で研究授業を公開し、それらの成果を含めて、すべての小中学校から参加者を得て理科学力向上研修会を行っている。研究授業の際には、開催地区の小中学校を中心に教員が参加し、授業観察と参加者間の研究協議に続いて、教育委員会の指導主事と埼玉大学の研究代表者が指導助言者を務めた。授業研究会には、埼玉大学から「埼玉大学教育学部理科教育研究協力校」全体に開催を周知することで、他地域の中核的理科教員等が参加することもあり、研究協議がより活発となった。

一方で、中核的理科教員が理科専科としてすべての理科授業を担当する特殊な場合を除いて、所属校内で全校的な理科教育推進活動を行うため、校内で他の教員にどのように働きかけるかが課題となった。

VI-2-2 小学校Eでの中核的理科教員C教諭の取り組み

小学校Eは、学年2クラスの小規模校であり、理科専科もしくは学年内の教科担任制により、一人ないし二人の教員で全校の理科を担当する体制を採ってきた。外国籍児童が多く日本語の理解が難しい児童が少なくないため、科学的な用語を用いた表現が苦手であったり、学習内容と普段の生活を関係づけて考える児童が少ないなどの課題が見られ、できたという満足感や生活との関連がわかって有用性を感じられる授業が必要とされていた。

C教諭は、平成28年度に本研究の中核的理科教員として同校の理科教育を推進するに当たり、以下の方針で研究に取り組むこととした。

①問題解決的で児童の思考の流れを大切にしたい授業展開とそのための授業時間の確保

児童一人ひとりが満足いく学びとなるように、自分の考えをまとめられる時間や、友達と認め合う時間をつくる必要があると考え、授業展開の効率化を図った。その結果、図12に示すように、問題解決の展開を2時間の授業で構成し、予想・仮説の設定で必ず2分間の個人で思考し表現する時間を設けるとともに、考察や結論の導出の場面でも必ず5分以上の個人で思考し表現するための時間を設定した。また授業展開を通じて、全体で話し合う場面を設定した。

自然の事物・事象	自然事象に対する気づき	問題の見だし	予想・仮説の設定	検証計画の立案	観察、実験の実施	結論の整理	考察や結論の導出	自然の事物・現象	
既習内容を想起する 演示実験を見る 学習内容と関連する身近な事象について考える		疑問から問題をつくる	予想する 話し合う	方法を考える 話し合う	観察や実験を行う	結果を見合いながら話し合う	考察する 話し合う 考えを見直す	結論をまとめる 振り返る	学習内容を身の回りの事象に当てはめる
全体		全体	個人(2分) 全体	全体	グループ	全体	個人(5分~) 全体 個人	個人 全体 個人	個人

45分の区切り

図12 中核的理科教員のC教諭が設定した授業展開と授業時間確保の工夫

板書を利用して、科学的言語の適切な使い方を確認する、注目すべき視点を確認する、またICTを活用して、大きく映す、実験と同時に結果を入力しグラフを見て結果を確認する、タブレットを活用して児童自身が写真や動画を使いながら発表する、などの工夫をした。

②個に応じたノート指導を行う（考察の指導について）

考察の書き方を文例とともに説明し、結果を書くこと、結果から考えたことを書くこと、さらに改善点や生活とのかかわりについて書くことを指導した。実際の考察場面では、①自分の考えを5分間でまとめる、②指名しながら全体で話し合い、③友達のよい考えを取り入れて書き足すように指導した。

③復習や家庭学習での振り返りなどで学びの定着を促す

その日の授業での学習を振り返らせ、わかったことなどを言葉で書きださせるようにする。単元の終

わりには、学習したことと、日常生活とのつながりや職業とのつながりについて考えさせる。

④学習内容と日常生活や職業との関連付け

各学年の各単元の学習が、日常生活や科学技術に関係する職業などどのように関連しているかの例を書き溜めたものを表に整理して、理科を指導していない学級担任も含めて教員間で情報共有できるようにした。

また、前述の中核的理科教員 A 教諭の実践を参考に、理科の質問コーナーを設けて、児童からの様々な質問に回答するようにした。

②授業の振り返りによる授業改善

研究開始時に、能力目標精緻化法（小倉他, 2015）の学習目標の項目に基づいて理科授業を自己評価したところ、科学的思考・表現に関わる「モデル化」「シミュレーション」「表・グラフ化」の指導や「職業との関連性」の指導が不足していることがわかり、それらを強化するようにした。

図 13 に、研究開始時の平成 28 年 2 学期と、研究開始約 1 年後の平成 29 年 2 学期の各学年の科学的リテラシー5 項目の指標値（SLI）を示した。研究開始時は、C 教諭は 4 年生を担当しており、特に Q2 と Q5 で高い値を示しているが、本研究の開始約 1 年後の平成 29 年 2 学期の値は、平成 28 年度と比べても全般的に高い値を示している。平成 29 年度は、C 教諭は理科専科として全学年の理科を一人で担当したことから、どの項目も高い値となり、どの学年の児童も充実して理科を学習したことがわかる。

図 14 に、研究開始時の平成 28 年 2 学期と、研究開始約 2 年後の平成 30 年 2 学期の各学年の科学的リテラシー5 項目の指標値（SLI）を示した。平成 30 年度は、C 教諭は担任として 4 年生のみの理科を担当しており、別の教員が理科専科として他の学年を指導した。理科専科の教員は、理科が専門ではなく、理科の指導経験も少ないため、C 教諭が適宜サポートしながら、全校的に理科教育を推進した。図 14 の結果は、4 年生と 5・6 年生とで大きな差は見られるが、5・6 年生の指標値は平成 28 年度と比べても依然高い水準にある。C 教諭が中核的理科教員として他の教員に働きかけたことで、理科教育の水準が全校的に維持されたことがわかる。校内に理科授業について他の教員をサポートできる教員がいることの重要性をこの結果は示唆している。

また、理科授業の力量の低い教員が理科専科を務める場合、中核的理科教員のサポートがなければ、学校全体の科学的リテラシーの認識と理科学力の水準に大きな差が生じることになる。したがって、小学校における中核的理科教員の活用は、児童の理科学習に極めて重要な影響をもたらす要因であるといえる。

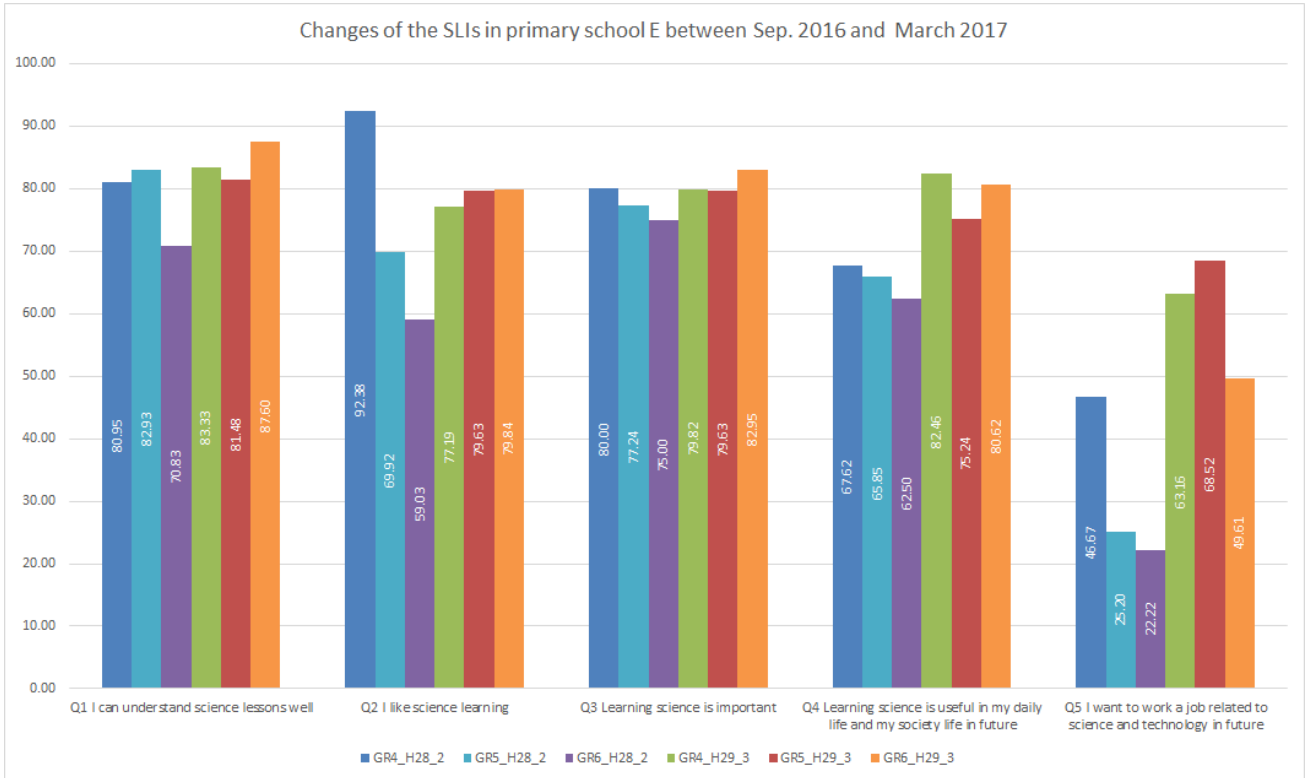


図 13 小学校 E における科学的リテラシー5 項目の指標値の変化：研究開始 1 年後（棒グラフは左から，平成 28 年度 2 学期の 4 年生，5 年生，6 年生，平成 29 年度 2 学期の 4 年生，5 年生，6 年生）

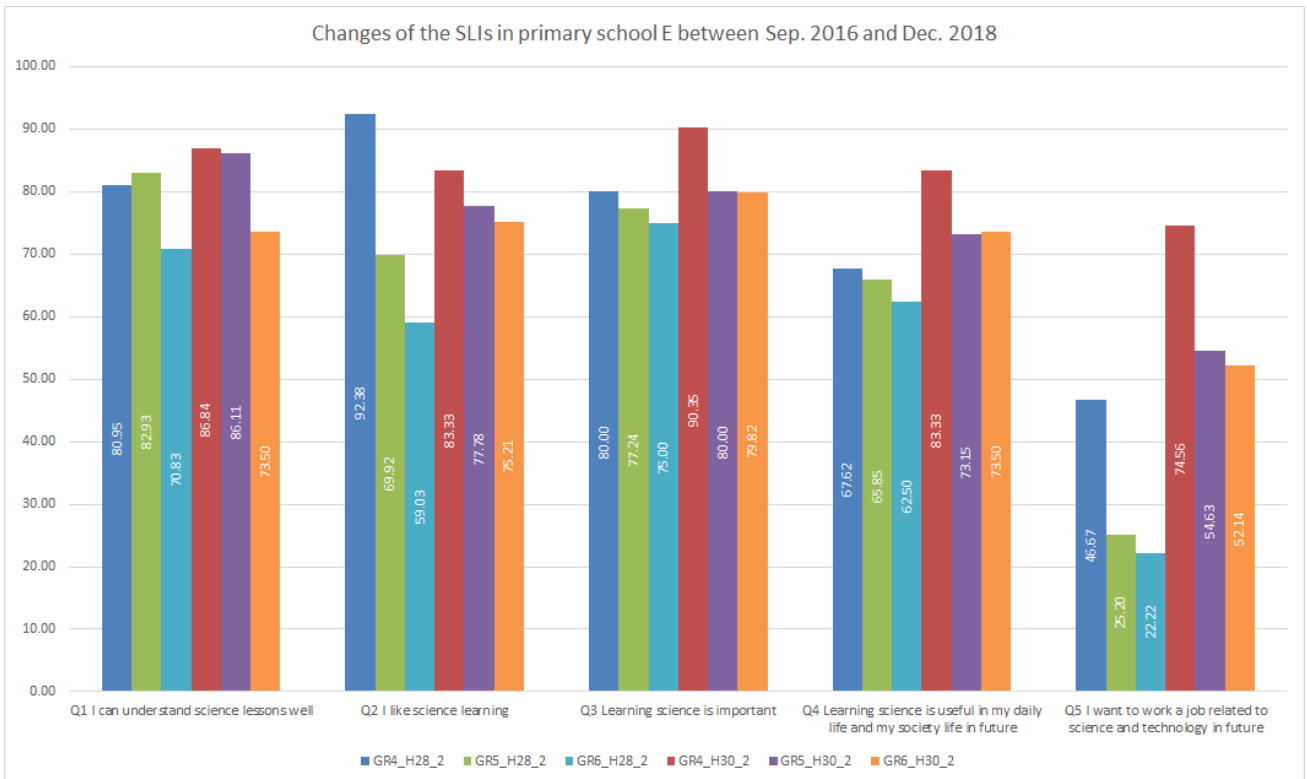


図 14 小学校 E における科学的リテラシー5 項目の指標値の変化：研究開始 2 年後（棒グラフは左から，平成 28 年度 2 学期の 4 年生，5 年生，6 年生，平成 30 年度 2 学期の 4 年生，5 年生，6 年生）

VI-2-3 中学校Bでの中核的理科教員D教諭の取り組み

中学校Dは、学年約4クラスと中規模の学校である。D教諭は、平成28年度の研究開始時に学力向上研究委員会委員に指名され、本研究の中核的理科教員を務めることとなった。教育委員会から直接の指名だったため、中規模の学校であるにもかかわらず、他の理科教員の認識が浅く、中学校の多忙な日常業務の中で打合せの機会も持てず、全校体制で取り組むことができないままとなった。他の教諭D教諭は、平成28年度に2年生を、平成29年度に3年生を単独で、平成30年度は1年生に加えて2年生の1分野を担当し、さらに2学期から3年生も単独で担当した。本校では、教員が単独で特定の学年を担当する教員配置を行ってきたことから、自分が担当しない学年の理科に関して教員間で協議する場面がない状況であった。毎学期末の科学的リテラシーの認識調査の結果は、教員間で共有されたが、課題の抽出とそれを受けた対策の検討に、学校として取り組むことができなかった。

図15に、研究開始時の平成28年2学期と、研究開始約1年後の平成29年2学期の各学年の科学的リテラシー5項目の指標値(SLI)を示した。研究開始時に比べて、開始約1年後の平成29年2学期の値は、D教諭が担当していた3年生において特に高い値を示しており、特に2年生と差が大きい。その2年生が3年生となった平成30年4月に、全国学力学習状況調査で理科の学力が測定されたが、その結果は、3年前の平成27年4月の同調査の結果と比べて、大きな低下が見られた。この事例は、学校全体で理科教育の推進に取り組む体制の整備が、中核的理科教員を活用する上で重要であること、また、中学校で異なる学年を担当する教員間で理科授業改善に向けて協議し協働することが非常に困難であることを示唆している。

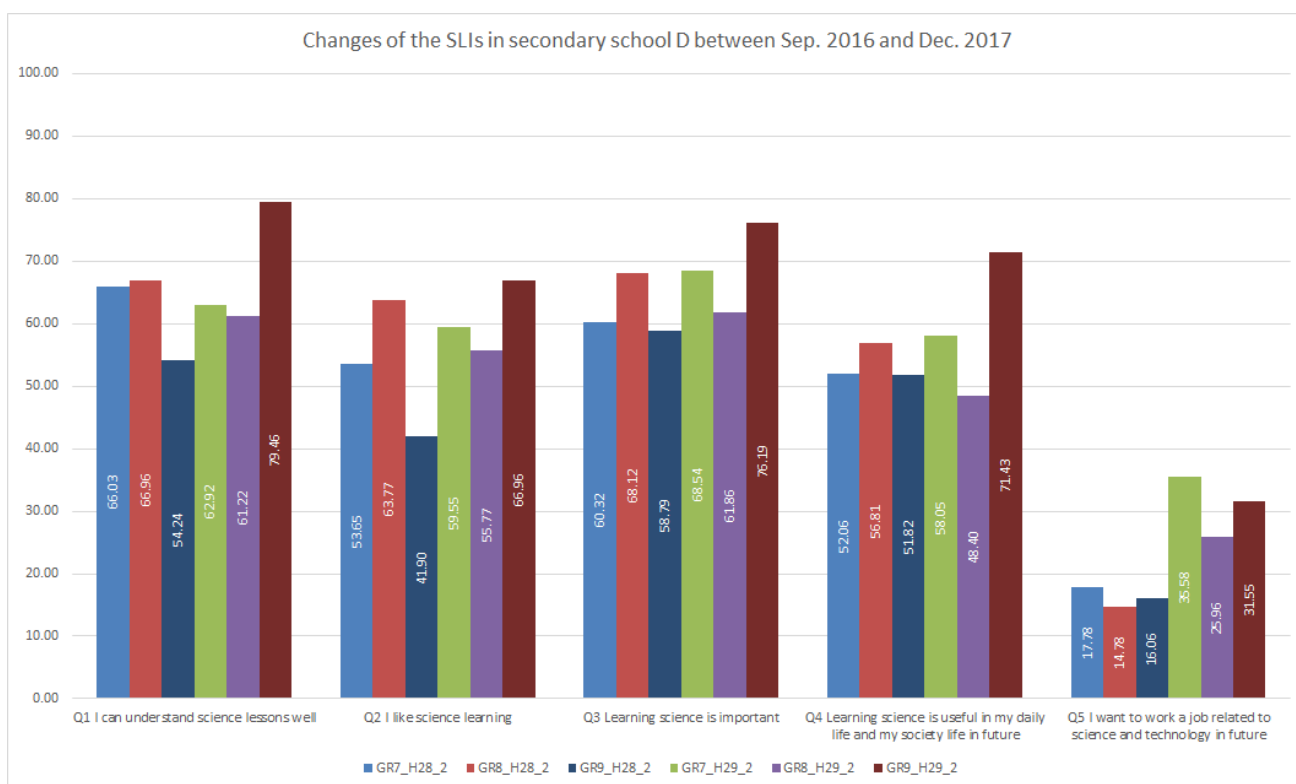


図15 中学校Dにおける科学的リテラシー5項目の指標値の変化：研究開始1年後（棒グラフは左から、平成28年度2学期の1年生、2年生、3年生、平成29年度2学期の1年生、2年生、3年生）

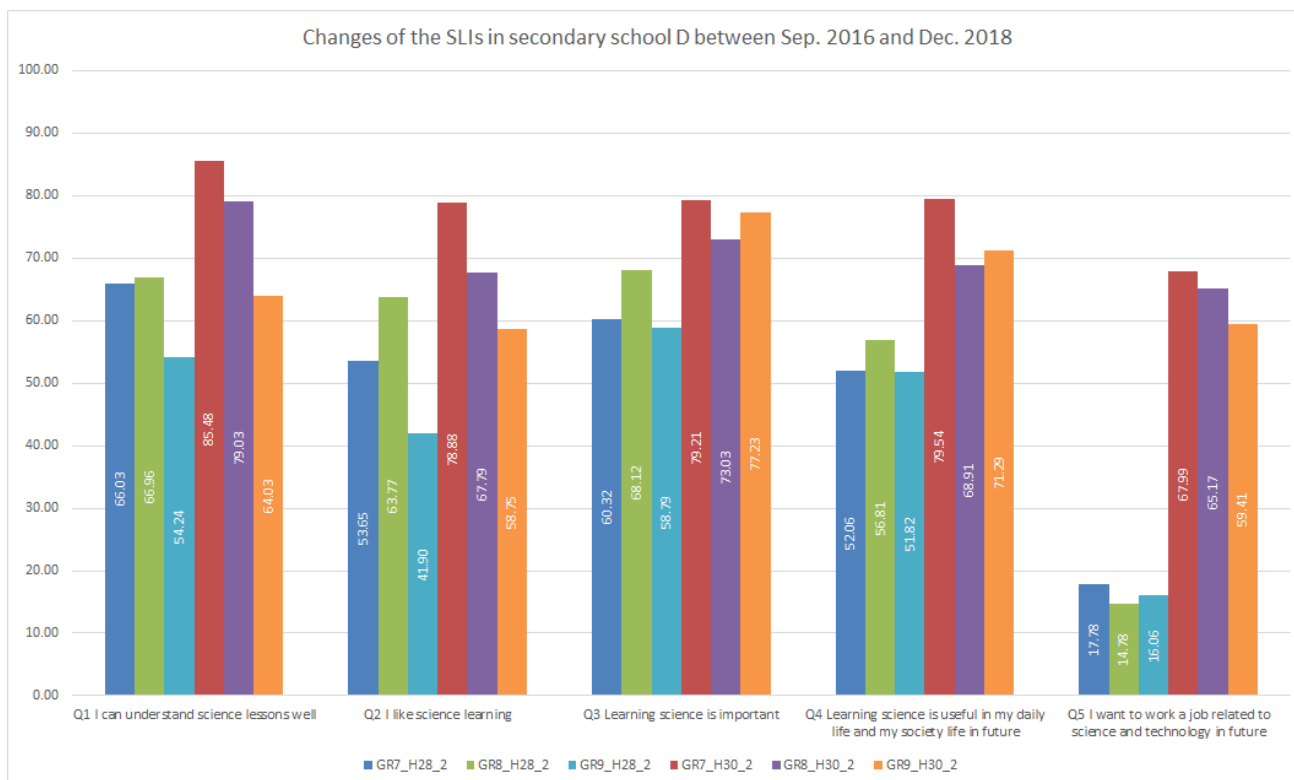


図 16 中学校 D における科学的リテラシー5 項目の指標値の変化：研究開始 2 年後（棒グラフは左から、平成 28 年度 2 学期の 1 年生、2 年生、3 年生、平成 30 年度 2 学期の 1 年生、2 年生、3 年生）

図 16 に、研究開始時の平成 28 年 2 学期と、研究開始約 2 年後の平成 30 年 2 学期の各学年の科学的リテラシー5 項目の指標値（SLI）を示した。研究開始時に比べて、開始約 2 年後の平成 30 年 2 学期の値は、D 教諭が担当する 1 年生において特に高い値を示しており、1 分野を担当した 2 年生についても 1 年生に次いで高い値を示している。2 学期から担当した 3 年生についても Q3, Q4, Q5 では 1 年生と同程度に高い値を示しているが、Q1 と Q2 についても高い水準ではないが、研究開始時に比べると高い値となっている。

これらの結果から、D 教諭は生徒の科学的リテラシーの認識を向上させる上で極めて高い資質・能力を有していることがわかる。しかし、中学校 D においては、他の教員と協働して学校全体で理科教育を改善することは実現できなかった。このことは、中学校で中核的理科教員を活用した理科教育の改善が成立する要件として、教員が単独で学年を担当する方式はそのままでは不相当だと考えられる。中学校 A が毎週の時間割に理科部会を設定することで教員間の連携が容易となったように、協働で学校全体の理科教育に取り組むための時間と場所と必然的理由を整える必要があると考えられる。

D 教諭は、生徒の科学的リテラシーの認識を向上させる理科授業にどのように取り組んだのかについて、その手立てを以下のように説明している。

- ・ストーリー性のある授業で生徒の学習意欲を向上させる。
- ・「科学の順序」に重点を置き、「主体的・対話的で深い学び」を実現し、思考力を育てる。
- ・1 時間の授業がわかる板書の工夫
- ・単元の導入やまとめを中心に、授業の中で学習内容と生活や職業との結びつきを感じることができる

時間をつくる。

- ・学力アップタイム（10分間確認テスト）に向けて家庭学習に取り組ませ、基礎・基本を定着させる。
一方で、以下の手立ては実現しなかった。
- ・教科部会を実施し、学力向上に向けての方策について教員同士の共通理解を図る。
- ・校内で授業を公開し、授業研究を進め指導力を向上させる。

VI-3 学校研究型のシステムCにおけるシステムックリフォームのアプローチ

VI-3-1 教育委員会Cの取り組み

教育委員会Cは、域内に50以上の市立中学校を有し、政令指定都市として教員の採用と研修を主体となって実施する自治体である。独自に理数教育推進プログラムを策定し、市立科学館と連携してサイエンスフェスティバルやロボットカップを開催したり、理科の指導主事が小中学校へ出向いての出前授業や出前天体観望会なども行っている。平成24年度から4年間、科学技術振興機構(JST)の支援を受けて、埼玉大学、県と共同で実施した「SaitamaCST事業」が終了した平成28年度からは市独自の「CST事業」を立ち上げ、CST教員の養成と活用による理科教育の推進に取り組んでいる。市内の各区でCST教員が在籍する小学校と中学校を拠点校として、小中学校教員向けの研究授業や実験実技研修会等を実施している。

平成28年度に、教育委員会と埼玉大学の研究代表者との間で、本研究への小中学校の参加について協議した結果、すでに平成28・29年度に教育委員会から研究委嘱を受けて取り組みを始めている中学校Eが、その委嘱研究に本研究を統合する形態で本研究に参加することとなった。

教育委員会の理数教育推進プログラムでは、授業改善の5つの重点として以下に取り組むとしている。

- ①知的好奇心や探究心を高める学習活動の充実
- ②基礎的・基本的な知識及び技能の確実な定着を図る学習活動の充実
- ③実感を伴った理解を図る算数的活動・数学的活動及び観察・実験などの体験的活動の充実
- ④論理的な思考力を育成する言語活動の充実
- ⑤知識及び技能を、様々な場面に活用できる力を育成する学習活動の充実

教育委員会では、これらの重点項目を推進する取り組みを支えるため、教員の指導力向上への支援と教育環境整備への支援を行うとしている。

さらに、平成28年度においては、良い授業づくりのために、市内全小中学校で児童生徒に定期的に25項目からなるアンケートを実施し、授業の振り返りを行うことで、各教科の授業改善を推進するシステムの運用を開始した。25項目は、①授業マネジメント(授業規律にかかわる項目など、よい授業を実現するための前提条件となる項目群)、②基礎アップ(基礎的・基本的な学習内容の定着のための指導にかかわる項目群)、③授業スキル(授業の際に教師が行う様々な指導上の工夫にかかわる項目群)、④アクティブ・ラーニング(授業における児童生徒の主体的・能動的・協働的な学習活動にかかわる項目群)の4つの因子を構成し、各学校の校務用コンピュータに入力すれば自動的に4つの因子別の診断結果が各学級別に示されるものとなっている。なお4つの因子は、国語、算数・数学、理科の学力と正の相関関係にあることが前年度までの研究で確認されているとされている。

以上を背景として、市内の中学校1校に「埼玉大学教育学部理科教育研究協力校」を委嘱した。中核的理科教員は、同校の理科教員が1年交代で務めることとなった。

VI-3-2 中学校Eの取り組み

中学校Eは、学年7~8学級の大規模な学校である。教育委員会から、平成28・29年度の研究委嘱を受け学校全体で理数教育の改善に取り組んだ。研究主題は「基礎・基本の確実な定着と学力向上を目指した学習指導の工夫・改善~理数教育における生徒の学ぶ意欲を高め、わかりやすい授業の実践~」である。生徒の実態を、全国学力量学習状況調査や市の学習状況調査、「よい授業」に関する授業アンケートな

ど基に把握し、「子どもたちが望み、学力を付ける「よい授業」4つの因子25項目を授業改善の視点として、日々授業の工夫・改善に取り組む」ことを研究の柱とした。具体的な研究実践は、「校内研修の充実」、「公開・研究授業実践」、「埼玉大学との連携」である。「埼玉大学との連携」では本研究での「理科教育研究協力校」としての①科学的リテラシー指標値を用いたPDCAサイクルの活用、②校内授業研究会の実施、③大学での検討会への参加の他、④教職大学院生受け入れにより教職大学院生が実験準備、授業支援などを行った。

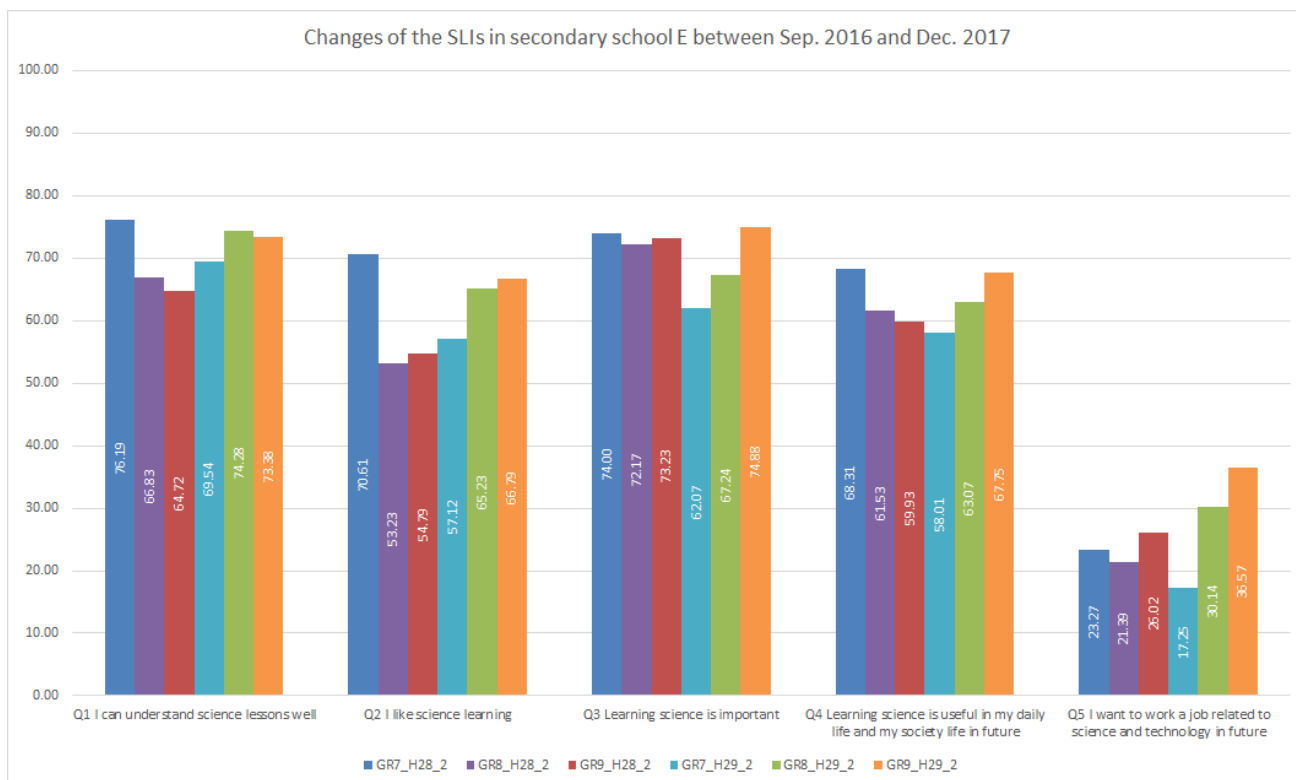


図 17 中学校 E における科学的リテラシー5項目の指標値の変化：研究開始1年後（棒グラフは左から、平成28年度2学期の1年生、2年生、3年生、平成29年度2学期の1年生、2年生、3年生）

図 17 に、研究開始時の平成28年2学期と、研究開始約1年後で教育委員会の委嘱研究最終年度である平成29年2学期の各学年の科学的リテラシー5項目の指標値（SLI）を示した。研究開始時は特に1年生の値が高くなっているが、開始約1年後の平成30年2学期の値は、2年生と3年生の値が1年生よりも全般的に高くなっており、生徒の意識が低下しない状況を実現できていることがわかる。

本中学校では、中核的理科教員を一人に固定せず、毎年交代する方式を採った。コア・サイエンス・ティーチャー（CST）の認定者も所属しており、教員間に全校体制で理科教育を推進しようとする意識が共有されていることが、こうした協働的な体制を採れること背景にあると考えられる。それによって、一人の中核的理科教員だけに依存しないで、学校全体で取り組んだむことで、学年間でのばらつきが小さく、上の学年での意識の低下を抑制することにつながったと考えられる。

VI-4 学校研究型のシステムDにおけるシステムリフォームのアプローチ

VI-4-1 小学校Bの取り組み

小学校Bは、人口15万人程度、小学校20校程度の比較的小さな自治体（教育委員会D）に属し、市の中心部に位置している。その長い歴史の中で、市や県、国から指定を受けた委嘱研究が数多く実施されている。平成25年度には、文部科学省から研究開発学校の指定を受け、『科学の心で夢を創る児童の育成～新設教科「夢創造科」の開発を通して～』を課題としてカリキュラム開発に全校体制で取り組んでいる。本研究では、国の研究指定が終わる平成29年度から3年間「埼玉大学教育学部理科教育研究協力校」を同校に委嘱した。ただし研究代表者は、研究開発学校としての研究において運営指導委員を務めていたことから数年前から理科教育の推進に関わっていた。そこで、教育委員会と協議の上、研究開発学校の成果を継承しつつ、同校研究主任と連携して、引き続き理科教育面での取り組みを支援することとした。

平成29年度は、研究開発学校の継続指定を受けて、主題『今必要な資質能力の向上を目指す学習指導～「夢創造科」を生かしたプログラミング教育 プログラミング的思考を育てる学習を通して～』で研究を進め、後述するように本研究による「埼玉大学教育学部理科教育研究協力校」の研究を統合する形態で、10月末に理科と算数とプログラミングの授業公開を行い、数多くの参観者に成果を発表している。

平成30年度は、本研究による委嘱研究の他には指定を受けないが、県内の理科教育研究会による授業研究会の開催校を引き受け、その発表会として11月末に理科の授業公開を行い、数多くの参観者に成果を発表している。

平成31年度も、本研究による委嘱研究の他には指定を受けないが、市教育研究会理科部会による授業研究会の開催校を引き受け、その発表会を10月に行い、市内の多くの小中学校から参加者を得て成果を発表した他、「埼玉大学教育学部理科教育研究協力校」としての理科授業研究会を11月に行い、地域内外の小中学校から参加した教員に授業提案した。また、クロメダカの保護・育成を実現した校内ビオトープの取り組みが「全国学校・園庭ビオトープコンクール2019」において、公益財団法人日本生態系協会賞を受賞するなど、環境保全に寄与する実践を発信している。

このように小学校Bは、全校体制で様々な研究課題に取り組み、広く地域内外に成果を発信する活動に注力してきた学校であり、かつそのポテンシャルが極めて高い学校として地域で認知されてきた。本研究による「理科教育研究協力校」の委嘱研究も、同校の研究活動に統合され、新たな発展の材料となっている。学校研究型のシステムリフォームは、その学校の強力な研究発信力と統合されることで、学校が主体となり推進され、大学は支援者として必要に応じて協力する立場で関わった。

図18に、研究開始時の平成29年2学期と、研究開始約1年後の平成30年2学期の各学年の科学的リテラシー5項目の指標値（SLI）を示した。いずれも全般的に値が高く、平成30年度はさらにどの学年も値が高い状態を実現できている。学校全体で良好な理科教育が推進されていることがわかる。

進行中の学校研究に「埼玉大学教育学部理科教育研究協力校」の委嘱研究をいかに統合するかについて、小学校Bはそれまで行ってきた「夢創造科」の研究で育ててきた「汎用的な能力」をこれからの時代に必要な力と捉え、さらに向上を図る上で、すべての教科がそれぞれの教科の特質を生かして、汎用的な能力の育成に向かうカリキュラム開発を行うこととした。「汎用的な能力」を、思考力・判断力・表現力等に関して「創造的思考」「論理的思考」「批判的思考」、学びに向かう力・人間性等に関して「協働的態度」「自律的態度」「感性」、計6つの資質・能力として捉え、教科横断的にそれらを育成することとした。その一環として、本研究による理科教育推進に取り組むことが可能となった。

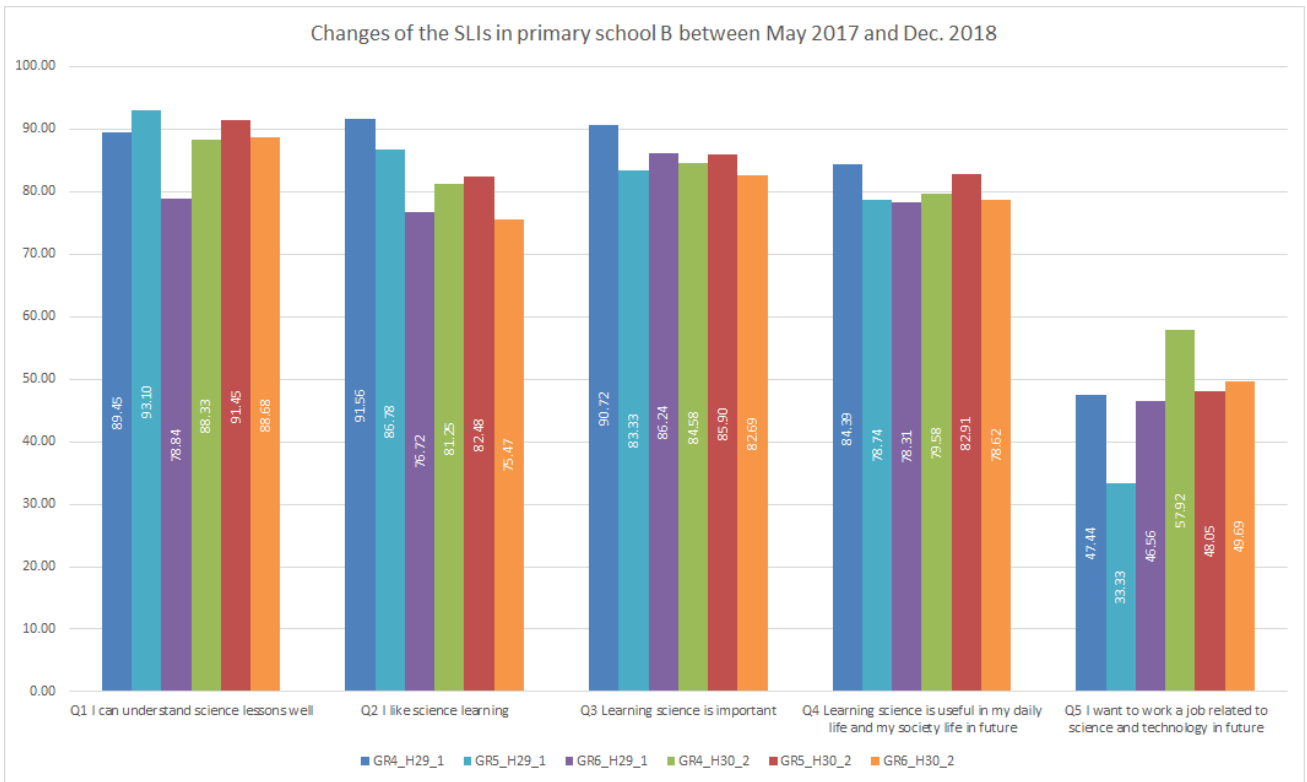


図 18 小学校 B における科学的リテラシー5 項目の指標値の変化：研究開始 1 年後（棒グラフは左から、平成 29 年度 2 学期の 4 年生、5 年生、6 年生、平成 30 年度 2 学期の 4 年生、5 年生、6 年生）

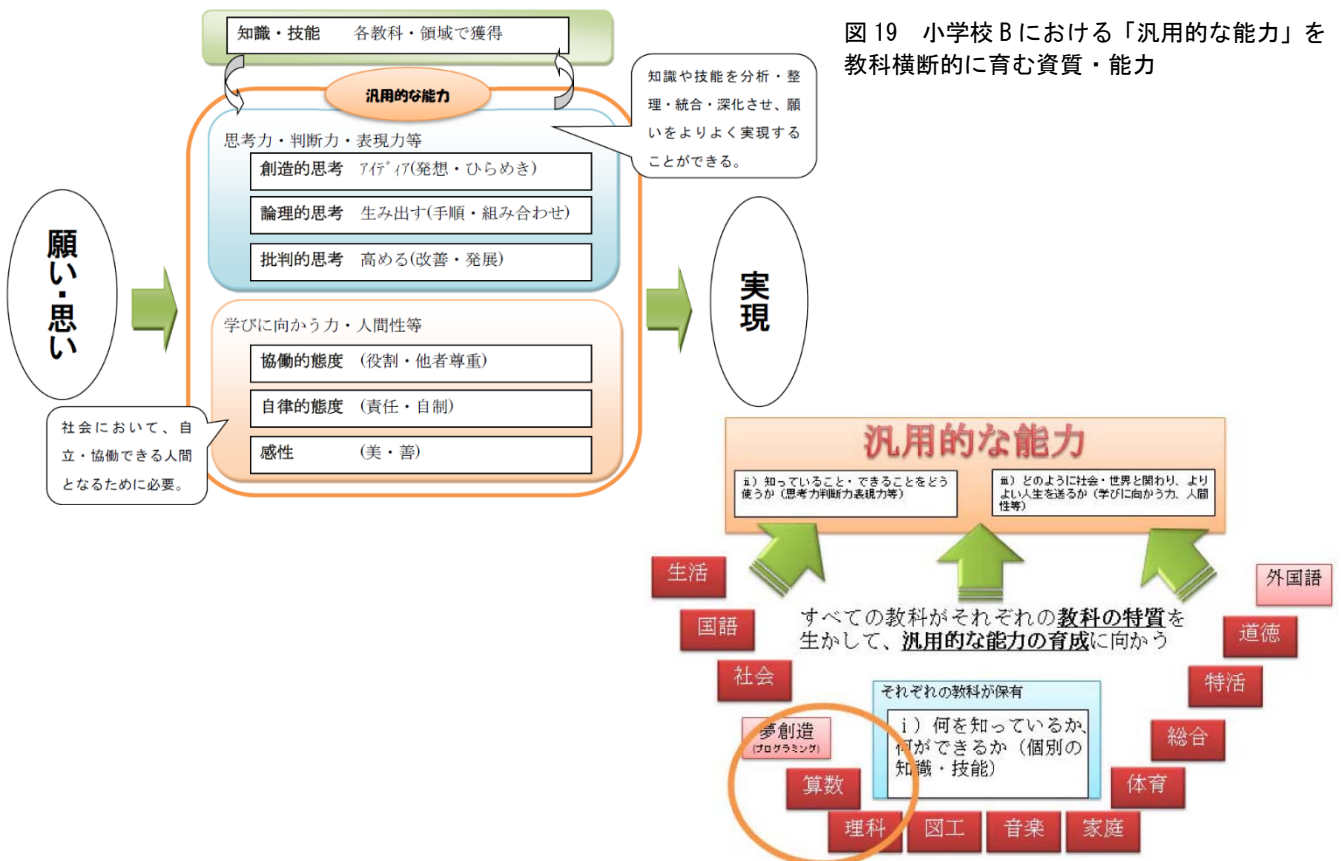


図 19 小学校 B における「汎用的な能力」を教科横断的に育む資質・能力

VI-5 学校研究型のシステムEにおけるシステムックリフォームのアプローチ

VI-5-1 小学校Dの取り組み

小学校Dは、人口15万人程度、小学校20校程度の比較的小さな自治体（教育委員会E）に属し、市の中心に近い閑静な住宅地に位置している学年3学級規模の学校である。

平成28年度に教育委員会と交渉し、平成28年度から3年間、本研究の「理科教育研究協力校」の委嘱を受けて、全校で理科教育研究を推進する牽引役としての中核的理科教員がいる学校として、本校が選ばれた。一般的に小学校では理科教育に関する研究に全校で取り組むことはほとんどないため、当初校内での認知度は低かった。しかし、平成29年度から2年間、教育委員会が同校に主題『理科・生活科における主体的・対話的で深い学びの授業作り』を研究委嘱したことによって、学校研究として位置付けられ、年間を通じて研究が推進された。中核的理科教員のE教諭は研究主任として研究推進委員会での方針決定に関わった。年間に7回程度の校内授業研究会と、教育委員会指導主事や埼玉大学研究代表者、その他の外部講師を招いた研修会を実施し、研究推進委員会の下に授業研究部、単元構成部、環境整備部を設けて、各教員が1実践の単元構想を検討し、授業者の指導案検討、模擬授業などを通じて、学校全体での取り組みが推進された。

平成29・30年度に取り組まれた研究の主たる要素を以下に示す。

- ・単元終わりに児童が到達している姿をはじめに想定して、それに至るための単元構想を検討するという「逆向き設計による単元構成」を行う。
- ・児童が学習したことを使って問題解決できる「パフォーマンス課題」を活用する。
- ・各時間の授業よりも、単元全体の授業のつながりを明示的にした指導案を作成する。
- ・パフォーマンス課題をうまく用いることで、ストーリー性のある単元構成とする。
- ・「おもしろ実験コーナー」を設置して、不思議な事象への興味を喚起する。
- ・掲示を工夫して、日常生活の中の理科的・生活科的な事物・現象を紹介し、気付くきっかけを作る。
- ・U字型の板書と見開きのノート 理科では板書は基本的にU字型で書き、問題とまとめ、実験観察方法と結果がそれぞれ横並びとなるようにし、板書と同じように見開きでノート記録をさせる。
- ・対話的なツールとして発表ボードを作製し、A2サイズで黒板に貼れるようにする。
- ・「樹木板」を作製し、校内の樹木の名前がわかることで植物に親しむことができるようにする。

以上のような工夫を盛り込み、本研究で調査する科学的リテラシー指標値と学校独自の理科アンケートによって、取り組みの前後での児童の変化を把握した。

なお、小学校Dでは「パフォーマンス課題」を、「既存の知識や授業を通して新たに獲得した知識、スキルを総合して使いこなすことを求められる課題。日常生活や社会との関連を想定し、児童が主体的・対話的に取り組みやすい課題。」と捉え、以下の流れで設定している。

- ①ねらう単元のゴールを絞る。（終了時をイメージする）
- ②現実的な場面を設定する。
- ③問題文を作製する。（地域性や必然性を意識し、児童がより意欲的に取り組めるようにする。）
- ④問題文に向け、ストーリー性のある単元構成にする。

「パフォーマンス課題」を用いた、ストーリー性のある単元構成としたことで、「学んだことが実生活でも生かされるという実感を伴った児童の理解につながった」、「授業者が単元を作成する際、より強く日常生活や社会との関連を意識するようになった」とその成果を分析している。

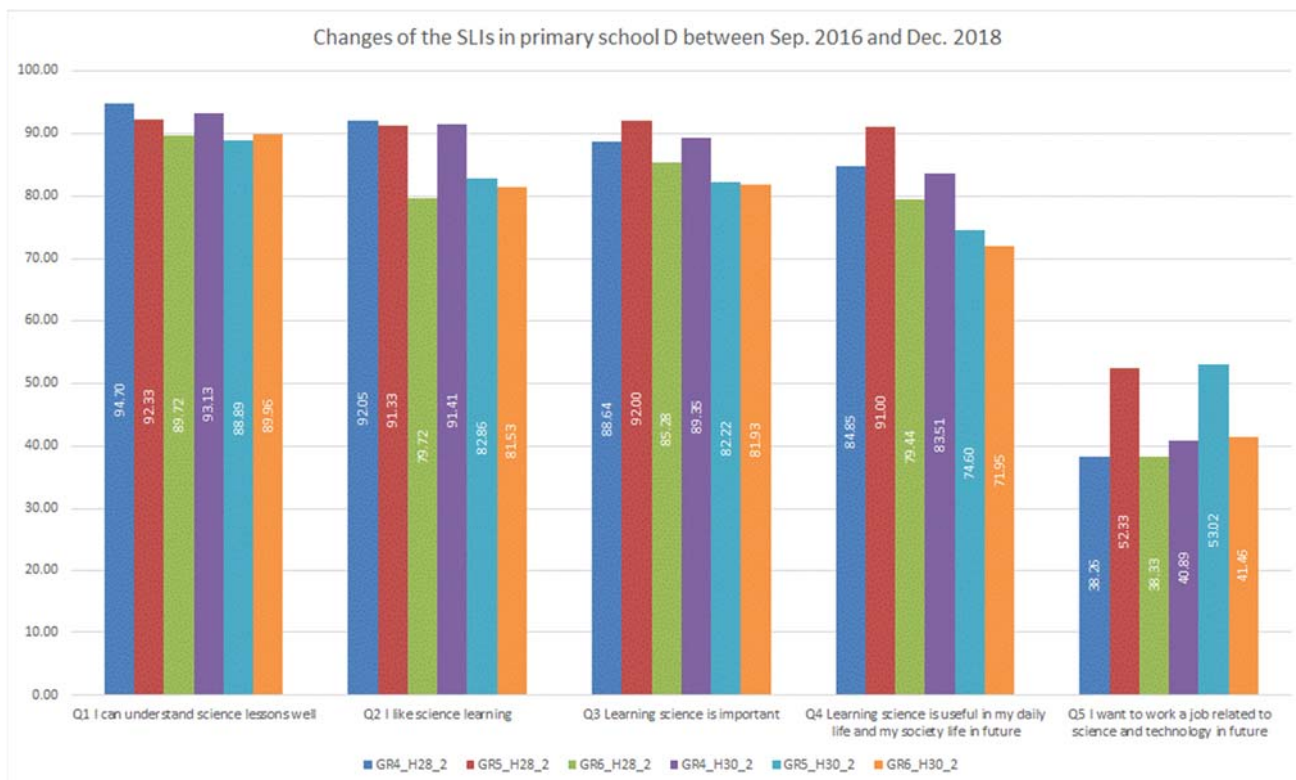


図 20 小学校 D における科学的リテラシー5 項目の指標値の変化（棒グラフは左から、平成 28 年度 2 学期の 4 年生、5 年生、6 年生、平成 30 年度 2 学期の 4 年生、5 年生、6 年生）

E 教諭は、単元全体の授業のつながりを明示的にした指導案作成に尽力し、授業研究部の活動を校内でもう一人の理科を専門とする若手の F 教諭が推進する体制を採ることで、次に中核的理科教員となる教員の育成にも取り組んだ。授業研究部が主導して、校内でそれぞれの学級担任が自身で理科・生活科の研究授業を実践できるように働きかけた。

図 20 に、研究開始時の平成 28 年 2 学期と、研究開始約 2 年後の平成 30 年 2 学期の各学年の科学的リテラシー5 項目の指標値 (SLI) を示した。Q4 でやや低下が見られる他は、全般的に値が維持されており、校内で工夫された理科授業が広く実践されているものと考えられる。

VI-6 教員主体型のシステムFにおけるシステムックリフォームのアプローチ

VI-6-1 小学校Cの取り組み

小学校Cは、人口約2万人、学校数が少なく、教育委員会に理科専門の指導主事が必ずしも配置されない自治体（教育委員会F）に属している学年3学級規模の学校である。

同校には、「SaitamaCST事業」でコア・サイエンス・ティーチャー（CST）として認定されたF教諭が所属している。小学校では学級担任として理科を指導しているにもかかわらず「理科が苦手です」「実験が怖いです」と話す若手教員が少なくないことから、教員の理科離れに危機意識を感じていた。本来その地域の理科が得意な教員が、そうした苦手意識をもつ教員を助けられればよいが、学校を超えて直接手助けすることは難しいため、学校の理科主任が校内の教員をサポートする取り組みをしたいと考えた。

そこで、平成29年度に大学が小学校Cに「埼玉大学教育学部理科教育研究協力校」を委嘱し、同校の理科主任であるF教諭が中核的理科教員として校内の理科教育の充実改善に取り組むとともに、学校長の許諾を得て地域の教員に働きかけて、地域の理科教育推進に取り組む形態を採った。

授業研究会を開催する場合は、大学側が主体となり、所管教育委員会と学校長に対して、授業研究会の開催と地域の学校からの職員派遣への協力を依頼することとした。これにより、地域の他校への開催案内が可能となり、広域からも教員が出張にて参加できることとなった。

中核的理科教員は、理科主任の立場を活かして、理科の指導や観察実験が必ずしも得意ではない小学校教員の苦手意識が軽減されるように、平成29年度に以下のような取り組みを通じて様々な情報発信や勤務時間中に無理なく理科の知識や技能を補える研修機会を設けた。

①校内教員の意識改革として、年度当初に年間計画を説明して見通せるようにする。

②校内教員向けの理科研修会の実施

木曜日の放課後25分間（勤務時間終了5分前まで）に、理科主任が理科室において、自由に質問ができるようにした。

③校内教員向けの発行物

理科通信を毎週金曜日に発行して、質問の回答、授業内容の説明、理科準備室にある物の紹介をした。

④地域の教員向け理科研修会

毎月最終木曜日の夕方に、自由参加で理科授業に関する情報交換の機会を設けた。勤務終了後なのでコーヒーを出して、リラックスした会とした。学校を会場とするために、学校長に許可を得て、駐車場も使用できるようにした。ポスターを作成し、地域の校長会でも話題にしてもらって理解を醸成した。その際、働き方改革に配慮し、開催者は「理科主任」ではなく教員個人とし、有志の集まりとして出張扱いにならないようにした。地域のベテランから指導してもらう会なども企画した。一度参加した人への連絡は、メールで送信できるようにした。

F教諭は、平成30年度から他校に異動したため、上記の取り組みは平成29年度のみとなった。同校での科学的リテラシー指標値を、平成29年度の1学期末と3学期末で比較したものが図21である。Q2については高学年でやや低い傾向が見られるが、その他については、児童の意識が高い1学期の状態を3学期末まで概ね維持できたことがわかる。このことから、校内教員向けの研修会や理科通信などの働きかけを通じて、全校的な理科教育推進活動はある程度可能といえる。しかし、学級別の指標値は、学級によって大きく低い値を示したことから、全教員が働きかけに積極的に応じたわけではなく、学級間に格差が生じることが課題となった。

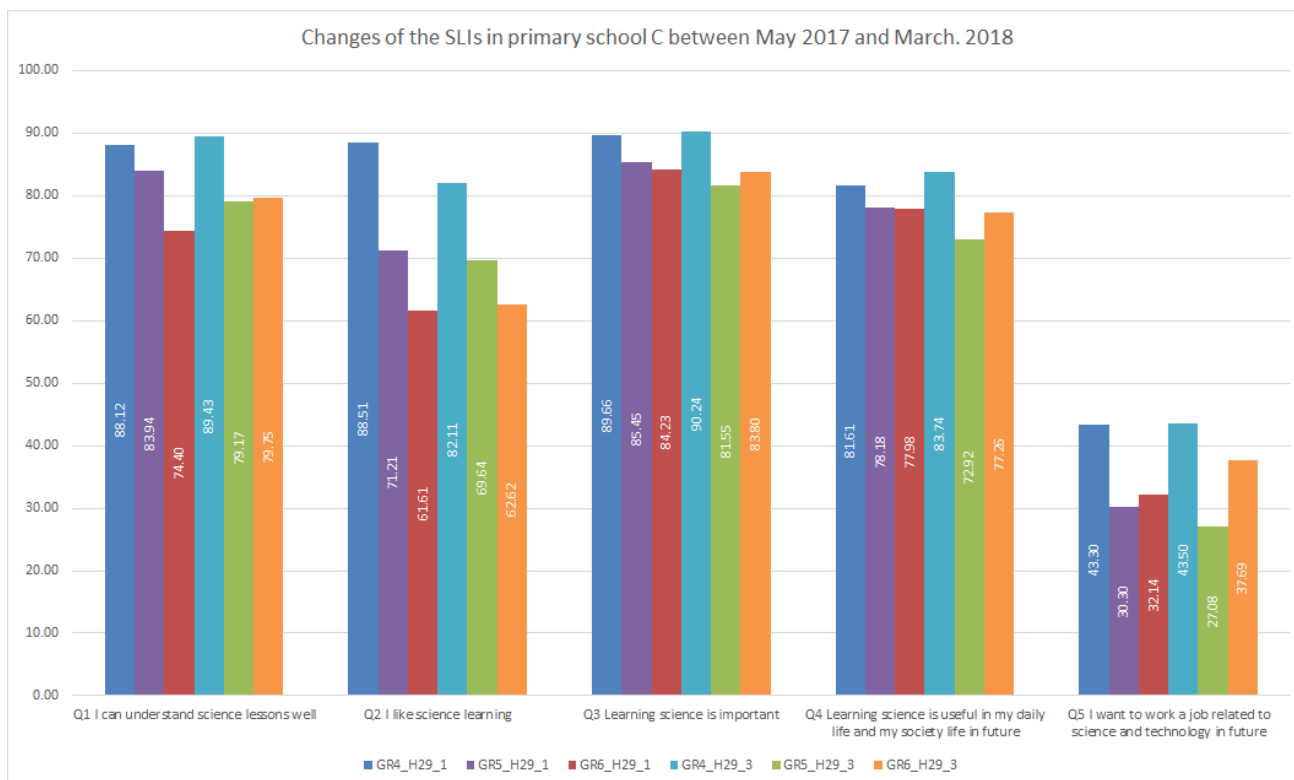


図 21 小学校 C における科学的リテラシー5 項目の指標値の変化（棒グラフは左から、平成 29 年度 1 学期の 4 年生、5 年生、6 年生、平成 29 年度 3 学期の 4 年生、5 年生、6 年生）

VI-7 事例研究に基づくシステミックリフォームに関する考察

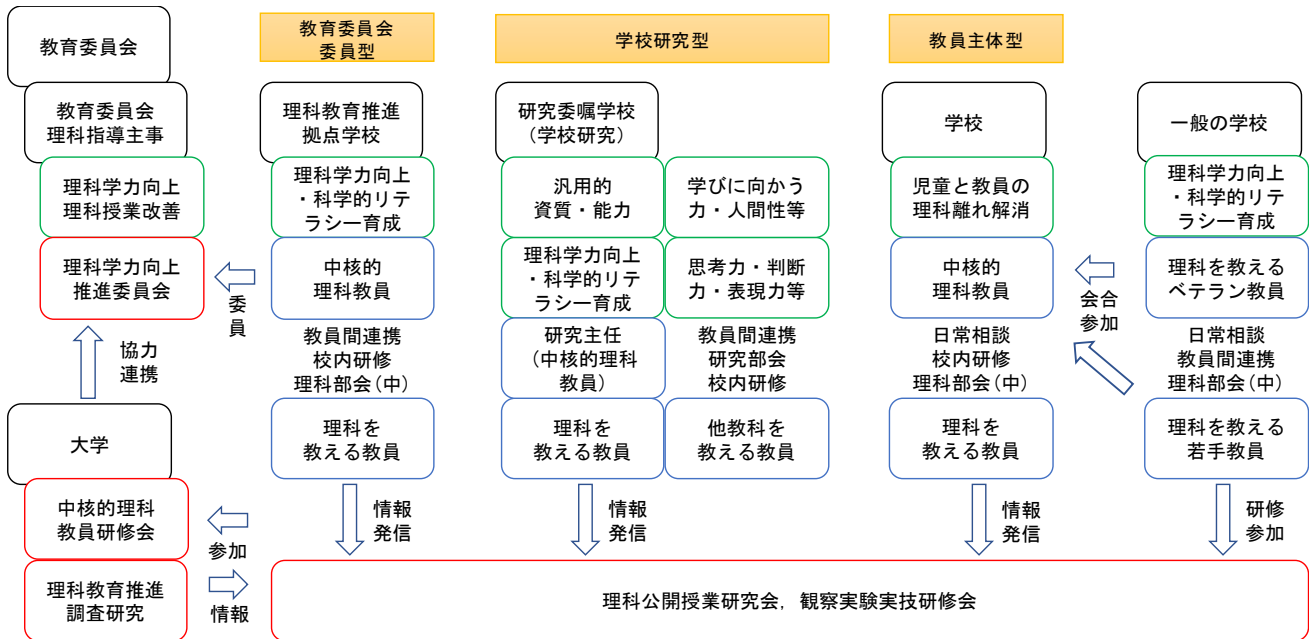


図 22 中核的理科教員を活用した地域理科教育のシステミックリフォームに関して本研究で見出されたシステムフロー

事例研究では、システム A, B, C, D, E, F の 6 つの地域の教育委員会が所管する小学校 5 校、中学校 3 校のそれぞれのサブシステムにおける中核的理科教員を活用した理科教育推進の取り組みについて分析し、その特徴を明らかにしてきた。

事例研究を通じて見出されたシステミックリフォームの多様なアプローチ（システムフロー）を図 22 に統一的に表現した。

図 22 には、教育委員会と学校、及び大学がどのように関係し合うのかが表現されている。以下、それぞれが、効果的なシステムフローにどのように関わるのかについて説明する。

【教育委員会】 教育委員会では、理科の指導主事が、地域全体の理科教育推進のため理科学力の向上と理科の授業改善、及び環境整備に努める。規模の大きな自治体では、理科学力向上推進委員会を設置し、必要数の教員を委員に任命する。特定の教育課題に関して必要な場合、学校に研究を委嘱する。

【学校－教育委員会委員型】 理科授業に高い資質・能力を有する教員が、教育委員会から理科学力向上推進委員会の委員に任命される。その教員を中核的理科教員として、学校全体の理科学力の向上と科学的リテラシーの認識の向上を目指し、校内で理科を教える他の教員に働きかけて、授業研究会などの校内研修を通じて理科授業の改善やその他の理科教育推進の取り組みを行う。理科教員間の連携が時間的に困難な中学校では、理科部会を時間割に設定するなどして、まず連携時間を確保する。地域における理科教育推進の拠点校として、定期的に地域公開の授業研究会等を行うことで、効果的な取り組みに関する情報を地域に発信する。

【学校－学校研究型】 理科教育推進につながる主題で研究委嘱を受けた学校では、全校児童生徒が、汎用的資質・能力としての学びに向かう力・人間性等や思考力・判断力・表現力等を伸ばさせ、同時に理科

学力と科学的リテラシーの認識を向上させることができる教育プログラムの創出に全校体制で取り組む。中核的理科教員が研究主任を務め、すべての理科（・生活科）を教える教員が中核的理科教員のサポートを受けながら研究授業を実施することで、校内研修が活発となり、各教員の理科授業の資質・能力が向上する。委嘱研究の成果発表として、地域公開の授業研究会等を行い、効果的な取り組みに関する情報を地域に発信する。なお、中核的理科教員が異動しても校内の他の教員が中核的理科教員を担えるよう、普段から中核的理科教員一人に依存しない協働的な体制づくりを進める。

【学校－教員主体型】 コア・サイエンス・ティーチャー（CST）などの理科授業に高い資質・能力を有する教員は、勤務校と地域の理科教育推進に寄与する活動を主体的に実施する。児童と教員の理科離れを防ぐため、小学校では理科主任として、日常的に理科授業に関する他の教員の相談に乗り、校内での理科授業観察や実験技能習得の研修機会を設けるなどにより、理科を教える教員全体の理科授業の資質・能力を改善する。近隣の学校の教員に呼びかけて有志で理科授業の改善につながる会合を設定することも可能である。特に、経験や研修機会の少ない若手教員にとって、中核的理科教員やベテラン教員から多くを学べるという意義がある。中学校でも理科の教員間で日常的に相談に応じたり、校内研修機会や理科部会を時間割に設定するなどしたりすることで、理科教育を推進する。地域公開で授業研究会を実施する場合は、大学から研究目的で学校宛てに開催依頼と、教育委員会宛てに他校教員の出席依頼を出すなどの工夫が可能である。

【大学】 大学では、中核的理科教員が効果的な指導法や教材について学習したり、先端科学技術の研究機関や野外学習サイトに訪問したり、中核的理科教員間で情報交換したりできる研修機会を設けることが、中核的理科教員のさらなる資質・能力の向上につながるとともに、若手の教員や教職大学院生などがそこに参加することで、次世代の中核的理科教員を養成することができる。

大学で行う理科教育推進のための調査研究を基に、学校で開催される理科公開授業研究会や観察実験実技研修会に情報や教材を提供したり、指導助言者を務めることができる。また、児童生徒の科学的リテラシーの認識の向上を目指した授業改善のPDCAの一環として、学校で意識調査を定期的実施する際には、大学がそのデータの整理・分析を担うことができる。

大学は、教育委員会に協力・連携して、地域全体の理科教育の推進に継続的に関与する。

効果的なシステムフローが持続可能となり、中核的理科教員を活用したシステムックリフォームが地域全体に定着すれば、その地域の児童生徒の理科学力と科学的リテラシーの認識は高い状態が維持され、理科がすべての人が生きていくうえで重要な学習として価値づけられていくものと考えられる。

本研究は、埼玉県内5つの市町の12の小中学校を研究協力校として、研究プロジェクトとして取り組んだものであるが、上記のシステムフローを持続可能なものとする場合、埼玉県では政令指定都市のさいたま市教育委員会の他に62の市町村教育委員会があり、合計約1200の学校が対象となる。これをすべて対象としたシステムックリフォームを想定する場合、図22のシステムフローは基本的なイメージに過ぎず、実際には限られた人的リソースをどう配置し活用するかが重要な要因となるのは明らかである。今後、中核的理科教員の養成を強化することと、各地域の教育委員会と連携して中核的理科教員の取り組みを支援する仕組みを構築する必要がある。

VII 結 語

本研究は、理科指導力の高い教員を中核的理科教員に位置付け、一教員の立場を超えて校内や他校の理科教育の改善に能力を発揮できるようにすることで、学校全体の生徒の科学的リテラシーの認識が改善できること、それによって生徒の理科学力を向上させる効果があること、効果には生徒の性別によって異なる傾向があることを明らかにした。そして、中核的理科教員を活用した学校と地域の理科教育推進のアプローチは地域と学校特性によって異なり、教育委員会委員として取り組む型、学校研究として取り組む型、中核的理科教員が主体として取り組む型が見出された。大学は、教育委員会と連携することで、中核的理科教員の研修機会の提供と、理科教育推進に関する調査研究を基にした効果的な理科教育のための情報・教材の提供、及び学校における理科教育推進のPDCAのサポートが有効に機能することがわかった。今後、中核的理科教員の養成機能を強化し、地域全体でのシステミックリフォームを推進できる規模に人的リソースを拡大し、各地域の教育委員会と連携して中核的理科教員の取り組みを支援する仕組みを構築することが課題である。

引用参考文献

- Bandura, A. (1977) *Social Learning Theory*, General Learning Press, New York.
- Clune, W. (1998) *Toward a Theory of Systemic Reform: The Case of Nine NSF Statewide Systemic Initiatives*, National Institute for Science Education, University of Wisconsin-Madison.
- 福井県教育委員会 (2016) ふくいの教育 (リーフレット) (retrieved from <http://www.pref.fukui.lg.jp/doc/kyousei/fukuinokyoku.html>, in 2018.6.1)
- 蒲生啓司, 楠瀬弘哲, 中条満, 北川晃 (2019) 「教職大学院における CST 養成システムの構築とカリキュラムの開発ー第 3 期高知 CST 養成・育成事業の新展開ー」『日本科学教育学会第 43 回年会論文集』, 日本科学教育学会, 259-260.
- 風間寛司 (2019) 「福井大学版 CMT 養成プログラムの開発とその試行ー福井県を例としてー」『日本科学教育学会第 43 回年会論文集』, 日本科学教育学会, 261-264.
- 科学技術振興機構理科教育支援センター (2011) 『平成 20 年度小学校理科教育実態調査及び中学校理科教師実態調査に関する報告書 (改訂版)』科学技術振興機構.
- 科学技術振興機構理数学習支援センター (2012) コア・サイエンス・ティーチャー (リーフレット) .
- 国立教育政策研究所監訳 (2006) 『PISA2006 年調査評価の枠組み OECD 生徒の学習到達度調査』ぎょうせい.
- 国立教育政策研究所 (2016) 『生きるための知識と技能 6 OECD 生徒の学習到達度調査 (PISA) 2015 年調査国際結果報告書』明石書店.
- 国立教育政策研究所 (2012) 「平成 24 年度全国学力・学習状況調査【都道府県別】集計結果」 (retrieved from <http://www.nier.go.jp/12chousakekkahoukoku/index.htm>, in 2012.10.1)
- 国立教育政策研究所 (2015) 「平成 27 年度全国学力・学習状況調査【都道府県別】集計結果」 (retrieved from <http://www.nier.go.jp/15chousakekkahoukoku/index.htm>, in 2015.9.1)
- 文部科学省 (2008) 『中学校学習指導要領解説理科編』,5.
- 文部科学省 (2018) 「平成 29 年度学校基本調査」 (retrieved from <http://www.mext.go.jp/>, in 2018.4.1)
- National Research Council (2016) *National Science Education Standards*, National Academy Press: Washington,DC.
- 日本教職大学院協会授業改善 FD 委員会 (2018) 「教科領域を取り込んだモデルカリキュラム検討報告書」 (retrieved from http://www.kyoshoku.jp/pdf/jugyokaizenFD_report01.pdf (accessed 2019.04.01)).
- OECD (2006) *Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy: A Framework for PISA 2006*, OECD, Paris.
- OECD (2013) *PISA 2012 Results: Ready to Learn Students' Engagement, Drive and Self-Beliefs (Volume III)*, OECD Publishing, p.81.
- OECD (2017) *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic, Financial Literacy and Collaborative Problem Solving: PISA 2015 Science Framework*, OECD, Paris.
- O'Day, J.A. and Smith, M.S. (1993) Systemic Reform and Educational Opportunity, in S. Fuhrman (ed.), *Designing Coherent Education Policy: Improving the System*, Jossey-Bass, San Francisco, pp. 250-312.
- 小倉康 (2008) 「PISA の調査項目を用いた日本の中学 3 年生と高校 1 年生の科学への態度の比較」『科学教育研究』32(4), 330-339.
- 小倉康 (2011) 「理科で育てたい「思考力・判断力・表現力」とは」『理科の教育』Vol.60, 807-810.
- 小倉康 (2012) 『理系文系進路選択に関わる意識調査 全国値集計結果報告』(平成 23 年度文部科学省科学研究費補助金基盤研究(B) (研究代表者: 小倉康, 課題番号 22300274) 報告書) 埼玉大学.

- 小倉康, 岸田拓郎, 小暮建宏, 島田広彦 (2015) 「科学的探究能力を確かに指導するための学習目標の精緻化と授業設計法への展開」『日本理科教育学会 第65回全国大会発表論文集』,531.
- 小倉康 (2016) 「科学コミュニケーション社会における学校理科教育—学校と社会との効果的な連携のための実行可能な方法の提案」『日本サイエンスコミュニケーション協会誌』第5巻, 第1号, 40-45.
- 小倉康 (2019) 「中核的理科教員を活用した地域理科教育のシステミックリフォーム～科学的リテラシー指標値を用いた学習意欲低下の改善～」『科学教育研究』43(3), 253-265.
- Padilla, M.J. (eds) (2002) *Science Explorer: Teacher's Edition*, Prentice Hall.
- さいたま市教育委員会 (2016) 『新さいたま市の授業づくり』さいたま市.
- Schunk, D.H. (1991) *Self-efficacy and academic motivation*, *Education Psychology*, 26, pp. 207-231.
- Wigfield, A. and Eccles, J.S. (2000) Expectancy-Value Theory of Motivation, *Contemporary Educational Psychology*, 25, pp. 68-81.
- Zucker, A. A., Shields, P. M., Adelman, N., et al. (1998) *A Report on the Evaluation of the National Science Foundation's Statewide Systemic Initiatives (SSI) Program*, Menlo Park, CA: SRI International.

資 料

資料1 大学から提供した理科授業改善のための参考情報

資料2 研究成果発表会（令和2年1月25日）で使用された発表スライド

能力を育成する理科授業に向けて

- 学校教育法「基礎的な知識及び技能を習得させるとともに、これらを活用して課題を解決するために必要な思考力、判断力、表現力その他の能力をはぐくみ、主体的に学習に取り組む態度を養う」
- 理科では「科学的に探究する能力の基礎と態度を育てる」過程で実現を図る
- ところが、学習目標は、大まかな表現で、授業について数項目に限定して設定されるのが一般的である。それにより、評価の負荷は減る一方、本来育成が可能な科学的探究能力が学習目標として位置づけられず指導されていない。

時間不足で思考・判断・表現を省いた理科授業から脱却すること

課題…今日の課題を教師が提示
 手順…実験手順を教師が説明
 実験…与えられた手順通りに実施
 片付…班内で協力
 結果…各自プリントに記入
 考察…考察時間がなく正解を解説
 結論…教師がまとめる

課題意識・学習意欲が低い
 探究方法を自ら考えない
 思考せず作業に終始
 論理的な思考が促されない
 実験が生かされない

理科は面白くない。何をやっているのかわからない。実験なんかしても時間の無駄、役立たない。思考力が高まったと感じない。理科は重要でない。自分の生活や将来には関係ない。

複数時間で問題解決を展開し 活用力を育む時間を確保すること

疑問…事象から児童生徒が疑問を意識	適用	課題意識・学習意欲が高い	思考が喚起され顕在化する
予想…各自・各班の予想を表現	構想	科学的な探究を構想できる	
方法…仮説が検証できる実験計画	適用	チームワークで行動できる	
実験…片付け…班で協力	分析・解釈 検討・改善	客観的に事実を表現できる	
結果…各自・各班の結果を表現	適用	論理的に分析し判断できる	
考察…事実に基づき推論する		活用して学びを実感する	
結論…活用…結論を表現し活用へ			

理科は面白い。疑問を探究できる。実験によって予想を確かめる力が高まる。チームワーク力が高まる。分析力、判断力、表現力が高まる。理科は重要だ。自分の生活や将来に関係する、役立つ。

複数時間で問題解決を展開し 活用力を育む時間を確保すること

疑問…事象から児童生徒が疑問を意識	適用	課題意識・学習意欲が高い	思考が喚起され顕在化する
予想…各自・各班の予想を表現	構想	科学的な探究を構想できる	
方法…仮説が検証できる実験計画	適用	チームワークで行動できる	
実験…片付け…班で協力	分析・解釈 検討・改善	客観的に事実を表現できる	
結果…各自・各班の結果を表現	適用	論理的に分析し判断できる	
考察…事実に基づき推論する		活用して学びを実感する	
結論…活用…結論を表現し活用へ			

理科は面白い。疑問を探究できる。実験によって予想を確かめる力が高まる。チームワーク力が高まる。分析力、判断力、表現力が高まる。理科は重要だ。自分の生活や将来に関係する、役立つ。

能力目標精緻化法の提案

- 科学的探究過程で育成可能な諸能力をより分析的かつ具体的に捉え、それらを確かに指導することを可能にするために、従来大まかに設定されてきた学習目標を精緻化し、それをいかに授業で展開するか授業設計法を開発し提案する
- 教員養成と学校での授業研究に適用し、理科の指導力と授業改善に生かす

学習目標の精緻化

科学的探究のまとめり（“次”相当）ごとに学習目標を抽出

- 科学的探究能力の観点から、
 - 「疑問」「予想・仮説」「モデル化」
 - 「実験（観察）計画」「条件制御・対照実験」
 - 「シミュレーション」「表・グラフ化」「数的処理」
 - 「比較・分類」「規則性」「論理的な推論」「結論」
 - 「誤差」「評価・改善」「適用・関連づけ」
 に関する学びを抽出
- 知識・理解の観点

学習目標の精緻化

関心・意欲・態度については、意識面の科学的リテラシーの観点から学習目標を抽出

- 「自己効力感（自信）」・・・よくわかる
- 「興味・関心」・・・興味がある
- 「有用性」・・・役立つと思う
- 「重要性」・・・大切だと思う
- 「職業との関連性」・・・職業に関係する
- 「主体性」・・・自ら進んで取り組む
- 「協調性」・・・他人と協力して取り組む

小単元の内容分析

各次の展開を連続させて小単元を構築

- 各次の展開
 - 導入・・・「素朴な疑問」「問題」
 - 展開一構想・・・「モデル」「予想・仮説」
 - 「実験（観察）・計画」「条件制御」
 - 展開二分析・・・「シミュレーション」「モデル化」
 - 「表・グラフ化」「比較・分類」
 - 「数的処理」「規則性」「論理的な推論」
 - まとめと活用・・・「結論」「誤差」「評価・改善」
 - 「適用・関連づけ」
- 単元中に意識面の科学的リテラシーを喚起

各次の授業展開の基本

- 「場づくり（導入）」
 - 「疑問」
 - 「予想」
 - 「方法」
 - 「実験」
 - 「結果」
 - 「考察」
 - 「結論」
 - 「活用」
- 学習目標が生徒に実現されることを促す、教員による発問を直前に設定する
 - 複数時間をかけて探究を展開
 - 1単位時間の区切りが探究の終末ではないという認識が、科学的探究能力を確実に指導する上で不可欠

学習目標の評価

- ★ 目標達成のための評価
 - 全生徒の学びの評価は、**絞られた学習目標に対して実施**
 - ルーブリックを利用し個に応じた指導と評価
 - 小単元や大単元中には幅広い能力を評価
- ★ 指導改善のための評価
 - 教員のための評価として、事前に設定した学習目標が実現されていることの証拠を確認（発表、机間指導中の個別支援、行動観察、ノート、ワークシート等）
 - 指導の改善

学習指導案 探究のまとめり=2時間や3時間単位で作成

時間	段階	学習者の○活動と学習目標 ・想定される考えや発言例	教員の○発問と○指導	★目標達成のための評価 ・指導改善のための評価 ○支援・留意事項
0	場づくり (導入)	○はじまりのあいさつをする。 ○小学校での既習事項をふりかえる。 ・水を温めると体積は増えた。 ・水が氷になると体積は増えた。	小学校で、水を温めるとき、体積は変化しましたか 水を冷やして氷にすると、体積は変化しましたか ○ロウソクに火をつけて、固体のロウが溶けて液体になり、再び冷えて固体になる様子を演示する。	○全員が演示を見える位置にいることを確認する
5	疑問	ロウを入れた試験管を加熱して液体にしたロウが冷えると、体積は変化するだろうか。また、質量は変化するだろうか。 ロウが液体から固体になるときの、体積と質量の変化について、予想を理由とともに表現する。(予想)	○予想だけでなくその理由を考えるように促す。 ○教員に指名し、理由とともに発表さ	○予想を理由とともに表現できる【科学的思考・表現】(机間支援)

40	考察	粒子のモデルを用いて、実験結果を解釈し図と言葉で表現する。(モデル化、分析・解釈) ○班内で、WBを使って、図で表現しながら、実験結果を解釈する。 -「エタノールの実験では、粒の数を同じにして、運動の様子を変えて表現したから・・・」 -「固体になると、粒と粒の間が近づいてくるんじゃないか」	どうしてこのような結果になったのか、図(モデル)と言葉を使って考えよう ○WBを使って、班内で意見交換させる。 ○プリントの枠内に、固体と液体のロウの状態を粒子モデルで表現させる。 ○体積変化だけでなく、質量が変わらない理由も表現させる。 ○机間支援で教員を抽出して、WBを使って、発表させる。	★粒子のモデルを用いて実験結果を解釈し表現することができる【科学的思考・表現】(机間支援、プリント)
55	結論	ロウを入れた試験管を加熱して液体にしたロウが冷えると、体積は減少するが、質量は変わらない。ロウが冷えると粒子の数は変わらないが、粒子と粒子の間隔が狭くなるからだと考えられる。(論理的推論)	課題に対する結論を自分の言葉で表現してください。 ○JAVA Applet のシミュレーションを利用して、三態変化における粒子の運動の様子の変化について解説する。	○固体と液体間の変化で、質量は変わらないが体積が変化することを理解している。【知識・理解】(プリント)

学力の三要素	評価の四観点	目標のタイプ	学習目標の表現例	第1次	第2次	第3次	第4次	第5次	第6次	第7次	第8次	指導 子エック		
知識・技能	自然事象についての知識・理解 観察・実験の技能	「知識」	…について理解する。[基礎的な知識, 科学的な概念や見方]											
		「技能」	…することができる。[操作, 記録, 安全確保]											
		「疑問」	…の事象にかかわらずながら, 自分が理解できていない疑問点に気づく。(改善)											
		「予想」	…について, 自分なりの根拠をもって疑問の答えを予想する。(適用)											
		「仮説設定」	もし…が正しければ, …をすれば…になるだろうという仮説を設定する。(構想)											
		「モデル化」	複雑な事象や情報について, より簡単なくみや構造, 図式などに置きかえて考える。(構想)											
		「条件制御」	…について, 変化させる条件と同じにする条件を設定し, 変化のさまりを見出せる方法を考える。(構想)											
		「観察・実験計画」	目的のデータを収集するために, 適切な方法と手順を検討する。(構想)											
		「シミュレーション」	コンピュータプログラムを用いて関係や構造を仮定し, 条件を変化させて仮想的な実験を行う。(構想)(発展)											
		科学的思考・表現	「表・グラフ化」	得られたデータを, 適切な表やグラフに表現する。(分析)										
思考力・判断力・表現力等	科学的思考・表現	「数的処理」	得られたデータに対して, 適切に数的処理[関数計算, 平均, 有効数字等]を行う。(分析)											
		「比較・分類」	…を比較して差異点や共通点を見出したり分類したりする。(分析・解釈)											
		「関係づけ」	…の変化と…(要因)を関係づけてさまり(因果関係)や特徴を見出す。(分析・解釈)											
		「規則性」	得られたデータから, 規則性やパターンを見出す。(分析・解釈)											
		「誤差」	得られたデータがもっている誤差の原因, 範囲と解釈への影響について検討する。(検討・改善)											
		「熟慮(メタ認知・反省的思考)」	思考したり判断したりする過程が間違っていないか常にチェックしたりふりかえって考える。(検討・改善)											
		「表現(発表・伝達)」	…について, 適切に発表したり言葉や図を用いて表現したりして, 人に説明する。											
		「興味・関心」	…について興味・関心をもつ。知りたいと思う。不思議だと思ふ。[知的好奇心を高める]											
		「重要性」	…について重要だと思ふ。[環境や生命, エネルギーなど, 個人や社会, 世界的な諸問題への取り組みに重要]											
		「有用性」	…について役立つと思ふ。[実生活や実社会でより良く問題を解決したり効果的に行動するために役立つ]											
学びに向かう力・人間性等	自然事象への関心・意欲・態度	「職業との関連性」	…に[関連する職業]があると知る。[キャリア意識を醸成]											
		「主体性」	自分のやるべきことを考えながら, 進んで学習に取り組むことができる。[自己をコントロールして自律的に行動]											
		「協調性」	他の人と協力したり分担したりして学習を進めることができる。[他者を理解し協調して行動]											
		「自己効力感(自信)」	理科の学習はよくわかる。[自身の学習状況を把握し着実に向上]											

目標評価のルーブリック

(能力目標精緻化法, 2017.1.5)

学力の三要素	評価の四観点	目標のタイプ	学習目標の表現例	◎・3	○・2	△・1	×・0
知識・技能	自然事象についての知識・理解	「知識」	・・・について理解する。[基礎的基本的な知識, 科学的な概念や見方]	・・・について理解していることを一般的な知識の形式で適切に表現できるとともにその具体例を説明できる	・・・について理解していることを一般的な知識の形式で説明できる	・・・について理解していることを不十分な知識(一部不正確)として表現できるか具体例だけで説明できる	・・・について理解していることをまったく示せない
	観察・実験の技能	「技能」	・・・することができる。[操作, 記録, 安全確保]	・・・についての能力を有していることを必要とされる水準で示すとともに他の人へできるように教えることができる	・・・についての技能を有していることを必要とされる水準で示すことができる	・・・についての技能を有していることを示していることを水準に達していない	・・・についての技能を有することをまったく示せない
思考力・判断力・表現力等	科学的思考・表現	「疑問」	・・・の事象にかかわりながら、自分が理解できていない疑問点に気づく。(改善)	・・・の事象にかかわりながら、自分が理解できていない疑問点に気づき、それを言葉で適切に表現できる。	・・・の事象にかかわりながら、自分が理解できていない疑問点に自分で気づくことができる。	・・・の事象にかかわりながら、質問されることで、自分が理解できていない疑問点に気づくことができる。	・・・の事象にかかわりながら、自分が理解できていない点に質問されても、疑問点に気づくことができる。
		「予想」	・・・について、自分なりの根拠をもって疑問の答えを予想する。(適用)	疑問について、他人を納得させられる根拠を示して、その答えを予想できる。	疑問について、自分なりの根拠をもってその答えを予想できる。	疑問について、選択肢を与えられれば、自分の考えをもつことができる。	疑問について、選択肢を与えられれば、自分の考えをもつことができない。
		「仮説設定」	もし・・・が正しければ、・・・をすれば・・・になるだろうという仮説を設定する。(構想)	自分の考え(仮説)を確認できる仮想的な実験の結果について自分で考え、その理由を含めてわかりやすく表現することができる。	自分の考え(仮説)を確認できる仮想的な実験の結果について自分で考えることができる。	自分の考え(仮説)を確認できる仮想的な実験の結果についてヒントを与えられれば考えることができる。	自分の考え(仮説)をもてないか、それを確認できる仮想的な実験の結果をヒントを与えられても考えられない。
		「モデル化」	複雑な事象や情報について、より簡単なくみやり構造、図式などに置きかえて考える。(構想)	複雑な事象や情報について、より簡単なくみやり構造、図式などに自分で置きかえて考え、その理由を含めてわかりやすく表現することができる。	複雑な事象や情報について、より簡単なくみやり構造、図式などに自分で置きかえて考えることができる。	複雑な事象や情報について、より簡単なくみやり構造、図式などに置きかえて考えることができる。	複雑な事象や情報について、より簡単なくみやり構造、図式などに置きかえて考えることができない。
		「条件制御」	・・・について、変化させる条件と同じにする条件を設定し、変化のきまりを見出せる方法を考える。(構想)	・・・について、変化させる条件と同じにする条件を設定し、変化のきまりを見出せる方法を考える。その理由を含めてわかりやすく表現することができる。	・・・について、変化させる条件と同じにする条件を設定し、変化のきまりを見出せる方法を考えることができる。	・・・について、変化に関する条件を特定することができるが、変化のきまりを見出せる方法を自分で考えることができない。	・・・について、変化に関する条件を特定することができない。
		「観察・実験計画」	目的のデータを収集するために、適切な方法と手順を検討する。(構想)	目的のデータを必要な精度で収集するために、安全に十分留意しつつ、適切な方法と手順を検討することができる。	目的のデータを収集するために、安全に留意しつつ、概ね適切な方法と手順を検討することができる。	目的のデータを収集するために、適切な方法と手順を検討することができるが、危険な方法や手順と	目的のデータを収集するために、どのような方法と手順を用いればよいか検討することができない。
		「シミュレーション」	コンピュータプログラムを用いて関係や構造を仮定し、条件を変化させて仮想的な実験を行う。(構想)(発)	コンピュータプログラムを用いて、自ら関係や構造を仮定し、条件を変化させて仮想的な実験を行うことができる。	コンピュータプログラムで表現された関係や構造の条件を自分で変化させて仮想的な実験を行うことができ	与えられたコンピュータプログラムを用いて、仮想的な実験を行うことができる。	与えられたコンピュータプログラムを用いて、仮想的な実験を行うことができない。
		「表・グラフ化」	得られたデータを、適切な表やグラフに表現する。(分析)	得られたデータを、データの範囲や精度などの特徴に応じて適切な表やグラフに表現することができる。	得られたデータを、指定された表やグラフの形式に適切に表現することができる。	得られたデータを、簡単な表やグラフに表現できるが、単位や名称など必要な要素が欠けている。	得られたデータを、表やグラフに表現することができない。
		「数的処理」	得られたデータに対して、適切に数的処理[関数計算, 平均, 有効数字等]を行う。(分析)	得られたデータに対して、適切な数的処理[関数計算, 平均, 有効数字等]を自ら考え実行し、わかりやすく表現できる。	得られたデータに対して、適切な数的処理[関数計算, 平均, 有効数字等]を自ら考え実行できる。	得られたデータに対して、指定された数的処理[関数計算, 平均, 有効数字等]を正確に実行できる。	得られたデータに対して、指定された数的処理[関数計算, 平均, 有効数字等]を実行できない。
		「比較・分類」	・・・を比較して差異点や共通点を見出したり分類したりする。(分析・解釈)	複雑な事象を比較して、差異点や共通点を見いだしたり、複数の特徴を組み合わせて分類したりすることができる。	複雑な事象を比較して、差異点や共通点を見いだしたり、特定の特徴で分類したりすることができる。	単純な事象を比較して、簡単な特徴を見いだしたり、特定の特徴で分類したりすることができる。	単純な事象を比較して分類したりすることができない。
		「関係づけ」	・・・の変化と・・・(要因)を関係づけてきまり(因果関係)や特徴を見出す。(分析・解釈)	事象の変化とその要因を関係づけて、きまり(因果関係)を見だし、制約条件も含めて、適切に表現することができる。	事象の変化とその要因を関係づけて、きまり(因果関係)を見だし適切に表現することができる。	事象の変化とその単純な要因を関係づけて、きまり(因果関係)を見だすことができる。	事象の変化とその単純な要因を関係づけて考えることができない。
		「規則性」	得られたデータから、規則性やパターンを見出す。(分析・解釈)	観察実験で得られたデータを自ら分析して、規則性やパターンを見だし、適用範囲を含めて、適切に表現することができる。	観察実験で得られたデータを自ら分析して、規則性やパターンを見出すことができる。	表やグラフで与えられたデータから、単純な規則性やパターンを見出すことができる。	表やグラフで与えられたデータから、規則性やパターンを見出すことができない。
		「誤差」	得られたデータがもっている誤差の原因、範囲と解釈への影響について検討する。(検討・改善)	得られたデータがもっている誤差の原因と解釈への影響について検討することができる。	得られたデータがもっている誤差の原因について多面的に検討することができる。	得られたデータがもっている誤差の明白な原因について考えることができる。	得られたデータがもっている誤差について考えることができない。
		「熟慮(メタ認知・反省的思考)」	思考したり判断したりする過程が間違っていないか常にチェックしたりふりかえって考える。(検討・改善)	自分の思考過程が間違っていないか、常にチェックしたりふりかえるとともに、改善点について考えることができる。	自分の思考過程が間違っていないか、指摘されなくてもふりかえって考えることができる。	自分の思考過程が間違っていないか、指摘されればふりかえって考えることができる。	自分の思考過程が間違っていないかふりかえって考えることができない。
「表現(発表・伝達)」	・・・について、適切に発表したり言葉や図を用いて表現したりして、人に説明する。	自分の考えを、その場面に相応しい適切な言葉や図を用いて表現し、人にわかりやすく説明することができる。	自分の考えを、適切な言葉や図を用いて表現し、人に説明することができる。	自分の考えを、不十分な表現であるが、言葉や図を用いて、人に説明することができる。	自分の考えを、人に説明することができない。		
学びに向かう力・人間性等	自然事象への関心・意欲・態度	「興味・関心」	・・・について興味・関心をもつ。知りたいと思う。不思議だと思う。[知的な好奇心を高める]	日頃から自然事象に興味・関心をもって接し、感じた不思議を記録したり、科学的に探究しようとする。	自然事象に興味・関心をもったり、不思議を感じるとともに、科学的に探究したいと思う。	自然事象に興味・関心をもったり、不思議を感じたりする。	自然事象に興味・関心や不思議を感じない。
		「重要性」	・・・について重要だと思う。[環境や生命, エネルギーなど, 個人や社会, 世界的な諸問題への取り組みに]	理科で学習したことが、自分と社会にとってなぜ重要かについて、事例をあげて説明することができる。	理科で学習したことが、自分と社会にとってなぜ重要かがわかっている。	理科で学習したことが、自分にとって重要だと思う。	理科で学習したことが、自分にとって重要だと思わない。
		「有用性」	・・・について役立つと思う。[実生活や実社会でより良く問題を解決したり効果的に行動するために役立つ]	理科で学習したことが、実生活や実社会においてなぜ役に立つかについて、事例をあげて説明することができる。	理科で学習したことが、実生活や実社会においてなぜ役に立つかがわかっている。	理科で学習したことが、自分にとって役に立つと思う。	理科で学習したことが、自分にとって役に立つと思わない。
		「職業との関連性」	・・・に関連する職業があると知る。[キャリア意識を醸成]	理科で学習したこととどのような職業が関連しているかについて、具体的な事実をあげて説明することができる。	理科で学習したこととどのような職業が関連しているかがわかっている。	理科で学習したことに関連する職業があると思う。	理科で学習したことに関連する職業があると思わない。
		「主体性」	自分のやるべきことを考えながら、進んで学習に取り組むことができる。[自己をコントロールして自律的に行動]	自分のやるべきことを考えながら、進んで学習に取り組むとともに、周りの状況を見て行動を調整することができる。	自分のやるべきことを考えながら、進んで学習に取り組むことができる。	やるのがわかっていたら、進んで学習に取り組むことができる。	支持されるまで、学習に取り組むことができない。
		「協調性」	他の人と協力したり分担したりして学習を進めることができる。[他者を理解し協調して行動]	進んで他の人と協力したり分担したりして、学習を進めるとともに、状況に応じてグループの行動を調整することができる。	進んで他の人と協力したり分担したりして、学習を進めることができる。	役割を与えられれば、他の人と協力したり分担したりして学習を進めることができる。	他の人と協力して学習を進めることができない。
		「自己効力感(自信)」	理科の学習はよくわかる。[自身の学習状況を把握し着実に向上]	理科での学習が、自分にはよくわかるとともに、学習したことを問われると正しく説明できる。	理科での学習が、自分にはよくわかるとともに、学習したことを概ね説明できる。	理科での学習が、自分にはある程度わかると思う。	理科での学習が、自分にはわかると思わない。

中核的理科教員がつなぐ 地域理科教育の改善 ～小学校を中心に～



日時：令和2年1月25日（土）13時30分～16時

場所：埼玉大学教育学部附属小学校内会議室

概要：埼玉大学教育学部では、県内12の小中学校に理科教育研究協力校を委嘱し、平成28年度から「中核的理科教員を中核的理科教員として活用し、地域理科教育の改善」を研究課題として、児童生徒の理科への学習意欲の向上を図ることを目的として、小学校での理科教育の改善に取り組んでいます。多くの教員のご参加を期待いたします。

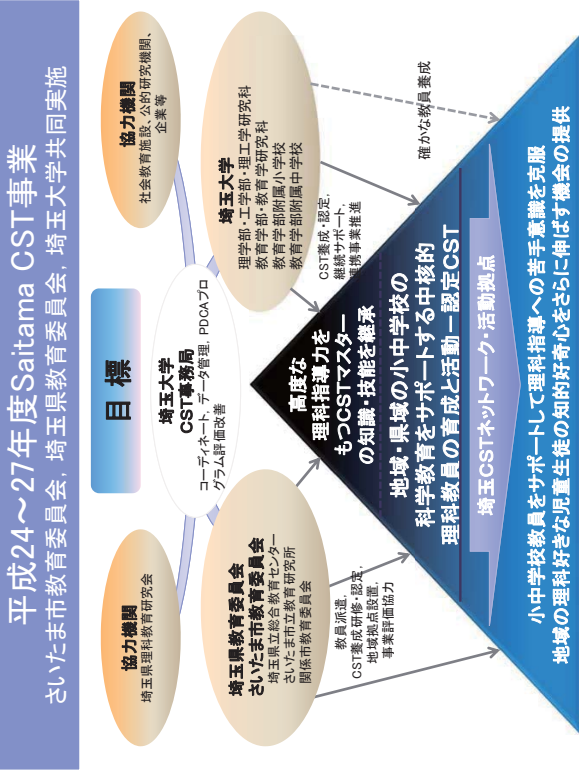
プログラム

司会 小倉康（埼玉大学教授・研究代表者）

- ① 研究の背景とアプローチ 小倉康（埼玉大学教授）
- ② 事例1 小学校理科専科教員としての中核的理科教員の取り組み
鈴木教子（川口市立在家小学校教諭）
- ③ 事例2 学校と地域の理科をつなぐ中核的理科教員の取り組み
島田広彦（嵐山町立菅谷小学校主幹教諭）
- ④ 事例3 全校的な理科教育推進に向けた中核的理科教員の取り組み
大野貴寛（川越市立大東西小学校教諭）
- ⑤ 事例4 理科授業展開の工夫を伝える中核的理科教員の取り組み
金井大季（深谷市立桜ヶ丘小学校教諭）
- ⑥ 事例5 汎用的能力を育む学校全体のカリキュラムに関連させた
中核的理科教員の取り組み
太田真輝（久喜市教育委員会指導主事 元久喜市立久喜小学校）
- ⑦ 研究の成果と今後の課題 小倉康（埼玉大学教授）
- ⑧ 総括質疑
- ⑨ 参加者とともに意見交流「地域理科教育の向上を目指して」

本研究の「中核的理科教員」は、理科授業や実験のアドバイス、理科授業研究会の実施、自由研究指導などを通じて、校内や地域の理科教育の推進に中心的な役割を担う教員です。CST(コア・サイエンス・ティーチャー)として認定された教員ではありませんが、担う役割は同じです。

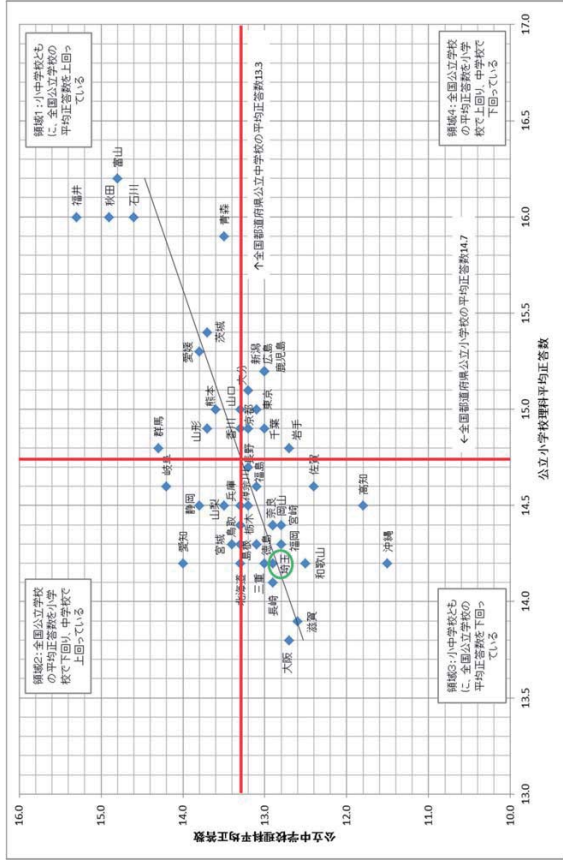
本研究は、平成28年度～令和元年度科学研究費補助金[研究代表者 小倉 康(埼玉大学教授)、課題番号16H03052]により実施しています。



Saitama CST事業(H24-27)で見出された課題

- 学校の理科教育改善方策
 - 中核的理科教員が牽引役となり、所属校全体での理科教育改善を推進し、児童生徒の理科学力向上を目に見ええる水準に高めるプロセス
- 地域の理科教育改善方策
 - 中核的理科教員を持続的に養成し、研修会の授業者や指導者として活用する仕組み
 - 中核的理科教員の活用が地域の理科教育改善に実質的効果をもたらさる機会を確保する方策
- 研修機会、予算の確保
 - 小中学校で理科を教える教員の指導力を向上し、理科教育を改善充実する上で、教員の研修機会とそのための方策を確保

平成27年度全国学力・学習状況調査理科 公立小中学校の都道府県別平均正答数



研究の目的

- 地域の理科教育をシステムとして捉え、地域レベルの理科教育に改善をもたらすために、中核的理科教員(CST等)を効果的に活用できるしくみを明らかにする。
- 学校と地域の理科教育システムの中で、中核的理科教員が機能を発揮できるための条件を明らかにする。
- 学校と地域の理科教育システムの評価指標として、科学的リテラシー指標値を適用し、PDCAによるシステムの機能改善を実証的に検証する。
- 全国学力・学習状況調査理科において、学校と地域の理科学力の改善傾向を確認する。

理科の学力向上に向けた システムックリフォーム (Systemic Reform)』 研究が必要



地域の教育をシステムとして捉え直し、構成要素であるサブシステムの機能とサブシステム間の関係性の適正化を図ることで、システムの効果を高めようとする試み

「システムックリフォームは、新たな学習標準に対する教授指針が幅広く一致する政策を実施することによって、政策に影響を受ける地域のすべての生徒に対する教授学習の質を、広範囲に実質的に改善すること」(Clune, 1998)

教育システムの捉え方とその改善

学習成果(y_j)の向上に関わる多様な要因に同時に働きかけることによって、システム全体の成果に改善をもたらす。

$$\begin{aligned} \Sigma y_j = & \Sigma (a_j x_1 + a_j x_2 + \dots + a_j x_j) && \text{地域レベル} \\ & + \Sigma (b_j y_1 + b_j y_2 + \dots + b_j y_k) && \text{学校レベル} \\ & + \Sigma (c_j z_1 + c_j z_2 + \dots + c_j z_l) && \text{学級レベル} \\ & + \Sigma (d_j p_1 + d_j p_2 + \dots + d_j p_m) && \text{教師レベル} \\ & + \Sigma (e_j q_1 + e_j q_2 + \dots + e_j q_n) && \text{家庭レベル} \\ & + \Sigma (f_j r_1 + f_j r_2 + \dots + f_j r_o) && \text{児童生徒レベル} \\ & + \Sigma (g_j s_1 + g_j s_2 + \dots + g_j s_p) && \text{国レベル} \\ & + \text{その他の要因} \end{aligned}$$

期待される成果

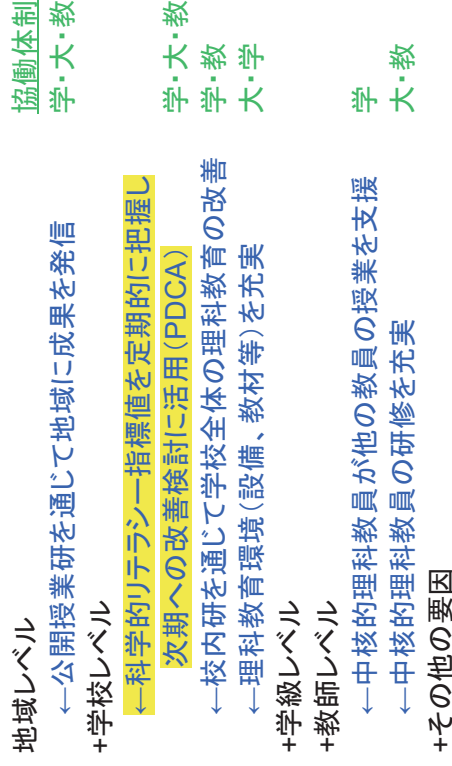
全国学力・学習状況調査(理科)等において、学校と地域の理科学力に改善傾向が確認されること。

ただし、教育事象は複雑系システム

$$\Sigma y_j = \Sigma (a_j x_1 + a_j x_2 + a_j x_3 + \dots + a_j x_j) \quad (j \text{は不特定多数})$$

各児童生徒の学習成果(y_j)は、地域間、学校間、学級間、教師間、家庭間、及び児童間に存在する多様な差異がもたらす学習上の格差を反映したものとなる。これらの格差を無くし、条件を統一することはできない。したがって、特定の要因($a_j x_1$)が、 y_j にどの程度効果をもたらしたかを検証することは実質的に不可能。

本研究のアプローチ



研究領域1 「科学的リテラシー指標値を用いたPDCAサイクル」

- 児童生徒の理科学力・意欲の向上に、学校全体で取り組む
- 中核的理科教員が校内の理科教育改善の牽引役を務め、日々の授業改善と研修(研究領域2, 3に関連)活動を推進する
- PDCAサイクルにより、持続的累積的な改善効果を導く

研究領域3 「CST・CSTマスター等の研修を兼ねた改善検討会」

- 中核的理科教員が、学校と地域で効果的な活動を展開するための、研究と修養を行う。
- 中核的理科教員(CST, CSTマスター等)が効果的な活動のための情報を共有する。
- 次代の中核的理科教員を養成し、学校と地域の理科教育を長期的継続的に発展させる。

研究領域2 「校内および地域(広域)での授業研究会の実施」

- 理科を教える教員の授業力向上に、地域で取り組む
- 中核的理科教員が、校内の理科授業改善の牽引役となり、授業者や助言者を務め、必要に応じて外部の指導者を活用する
- 他校の理科授業改善に資する情報を発信し、地域全体の理科教育力向上を導く

全国学力学習状況調査質問項目を利用した科学的リテラシー指標5項目(項目4は改変)

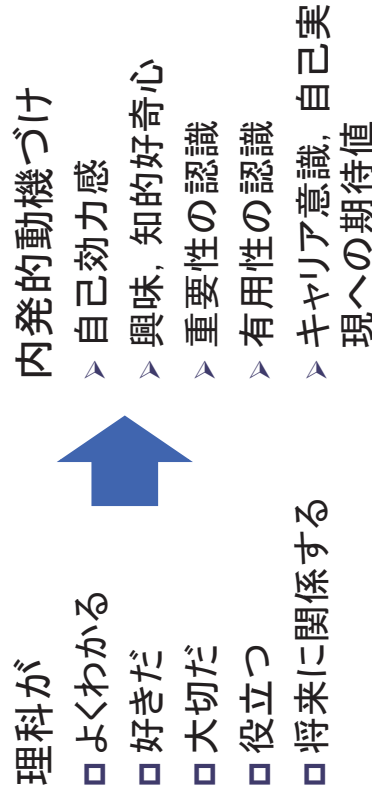
1. **理科の授業の内容はよく分かる**
(1. 当てはまる 2. どちらかといえば、当てはまる 3. どちらかといえば、当てはまらない 4. 当てはまらない)
2. **理科の勉強は好きだ**
(1. 当てはまる 2. どちらかといえば、当てはまる 3. どちらかといえば、当てはまらない 4. 当てはまらない)
3. **理科の勉強は大切だ**
(1. 当てはまる 2. どちらかといえば、当てはまる 3. どちらかといえば、当てはまらない 4. 当てはまらない)
4. **理科の勉強すれば、私のふだんの生活や社会に出て役立つ**
(1. 当てはまる 2. どちらかといえば、当てはまる 3. どちらかといえば、当てはまらない 4. 当てはまらない)
5. **将来、理科や科学技術に関係する職業に就きたい**
(1. 当てはまる 2. どちらかといえば、当てはまる 3. どちらかといえば、当てはまらない 4. 当てはまらない)

科学的リテラシー指標値(SLI) = $\{3n - \sum(X_i - 1)\} / (3n \times 100)$

平成27年度全国学力・学習状況調査 小学生の理科学力と意識の相関係数

■ 理科の授業の内容はよく分かっていますか	.230
■ 理科の勉強は好きですか	.143
■ 観察や実験を行うことは好きですか	.122
■ 理科の勉強は大切だと思いますか	.119
■ 理科の授業で学習したことは、将来、社会に出たときに役に立つと思いますか	.114
■ 将来、理科や科学技術に関係する職業に就きたいと思えますか	.080

科学的リテラシー指標値の改善によって 学習意欲を喚起し理科学力を向上させる



平成27年度全国学力・学習状況調査 中学生の理科学力と意識の相関係数

■ 理科の授業の内容はよく分かっていますか	.298
■ 理科の勉強は好きですか	.269
■ 観察や実験を行うことは好きですか	.149
■ 理科の勉強は大切だと思いますか	.229
■ 理科の授業で学習したことは、将来、社会に出たときに役に立つと思いますか	.190
■ 将来、理科や科学技術に関係する職業に就きたいと思えますか	.190

理科(科学的リテラシー)への学習意欲を 高めるために

- 理科はよく分かる、理科が得意だという意識を育み、成功への期待を高める / 自己効力感(Bandura)
- 適度な困難さをもつ課題を設定し、コストを高くし過ぎないとともに成功への期待を高める / 発達最近接領域(ZPD: Vigotsky)
- 科学の面白さや事象への疑問を実感する授業により、理科学習への興味・関心を高める / 概念的葛藤(Berlyne), 認知的不協和(Festinger), 同化と調節(Piaget), 状況的興味
- 理科を学ぶことの重要性と有用性を実感させ、科学的な見方や考え方を身につけることの価値意識を高める / 期待一価値(Eccles), 外発的動機から内発的動機へ(Deci)
- 様々な職業と理科との関連性を認識させ、理科のキャリア学習の価値を高める / 長期的な目標, 個人的興味

科学的リテラシー指標値を改善させる授業は 主体的対話的で深い学びを通じて

資質・能力が高まる理科授業

- **よくわかる授業**
- **魅力的な観察・実験教材で興味・関心を高める授業**
- **認知的葛藤場面があり、他者と対話できる授業**
- **科学的な探究によって葛藤を解消できる効果的教材**
- **学習した資質・能力の意義・重要性を実感できる授業**
- **学習事項の有用性を実感できる授業**
- **学習事項の将来生活との関連性を認識できる授業**

こうした授業を開発し校内・地域に広める取り組み

埼玉大学教育学部委嘱(平成28年度～) 「理科教育研究協力校」

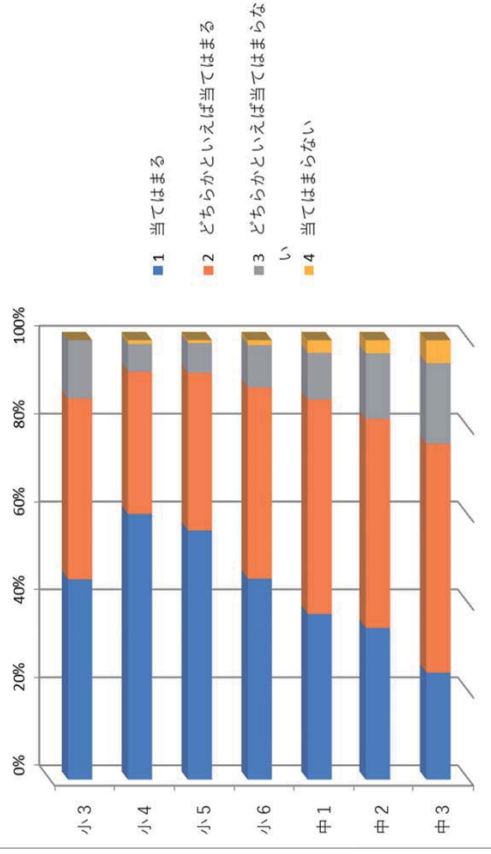
協力機関 川口市教育委員会、川越市教育委員会、深谷市教育委員会、久喜市教育委員会 (H29～)、滑川町教育委員会 (H29～)

研究協力校 (計12校)
 川口市立 小学校2校、中学校2校
 川越市立 小学校2校、中学校2校
 深谷市立 小学校1校
 さいたま市立 中学校1校
 久喜市立 小学校1校 (H29～)
 滑川町立 小学校1校 (H29～)

各学校1～2名の教員が
中核的理科
教員役を務める

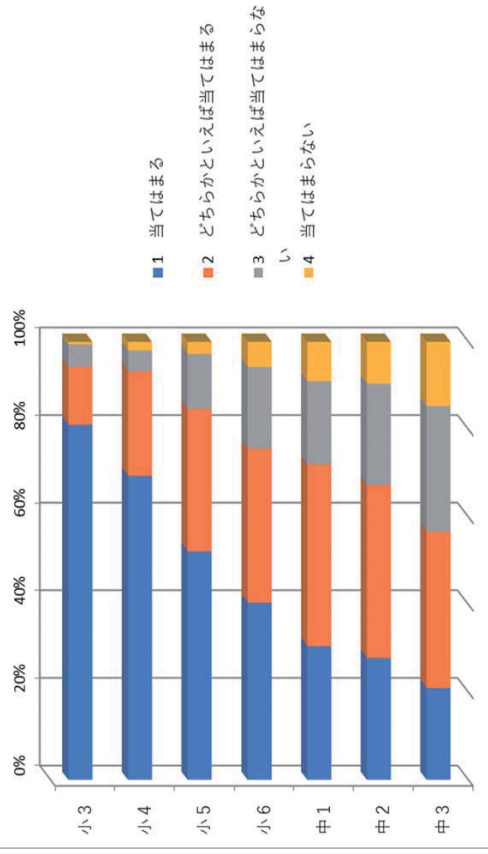
初期調査

理科の授業の内容はよく分かる



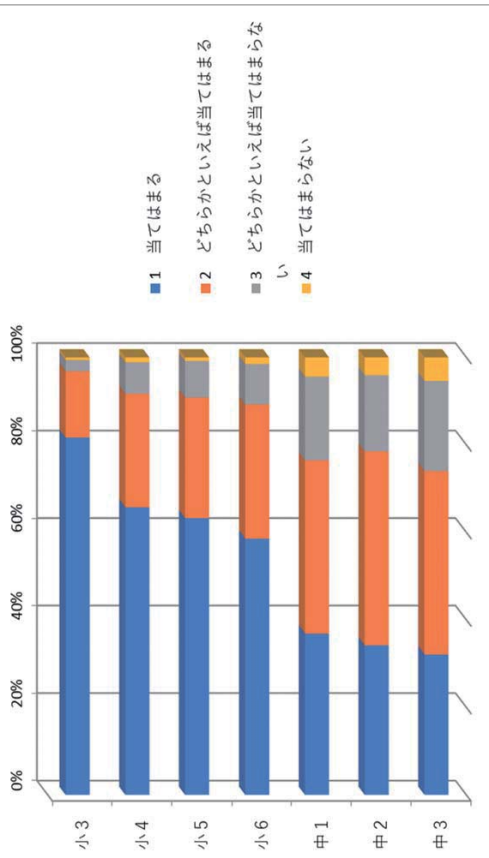
初期調査

理科の勉強は好きだ



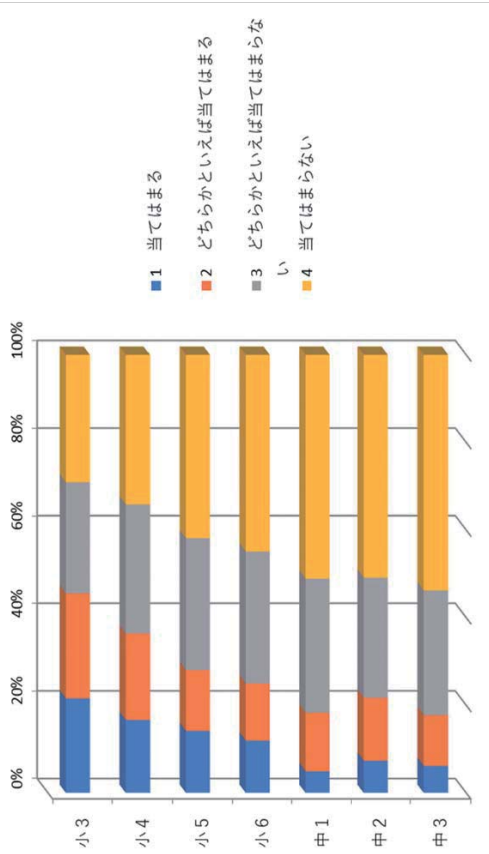
初期調査

理科の勉強は大切だ



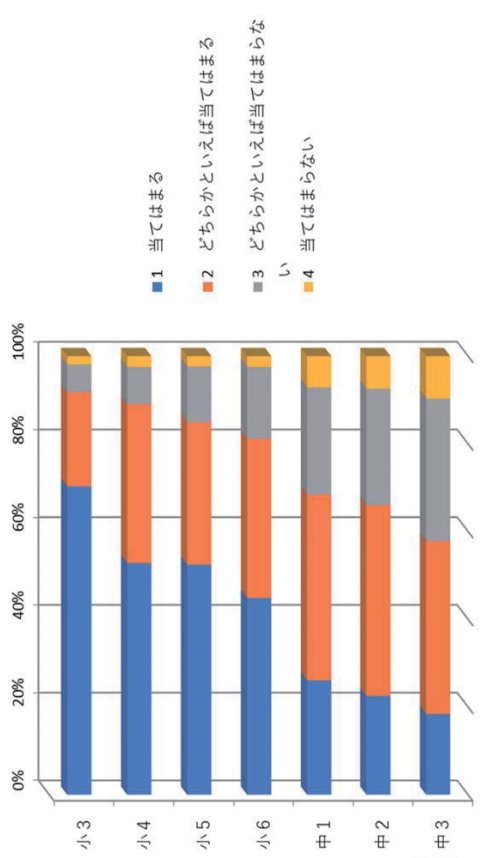
初期調査

将来、理科や科学技術に関する職業につきたい



初期調査

理科を勉強すれば私のふだんの生活や社会に出て役立つ



研究開始時（平成28年9～10月）における科学的リテラシー指標値



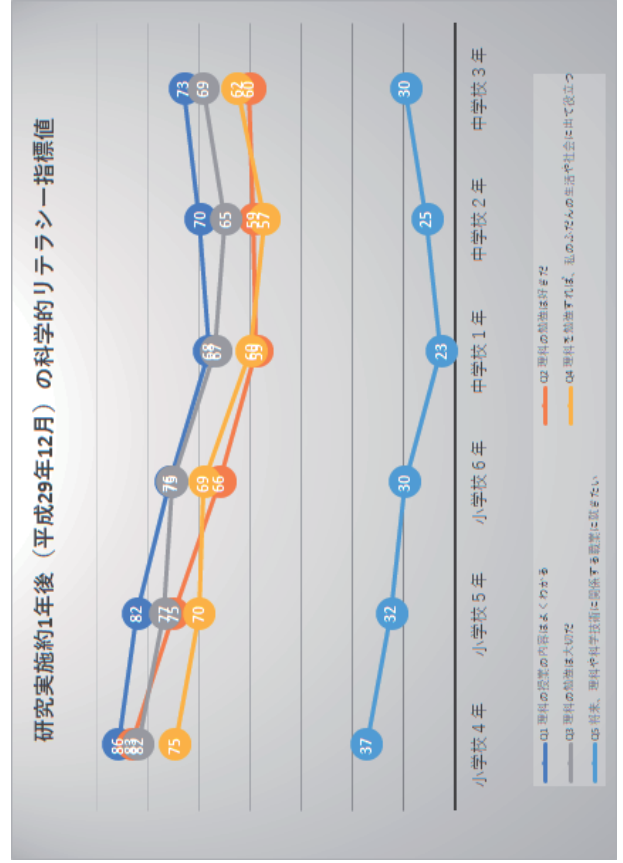
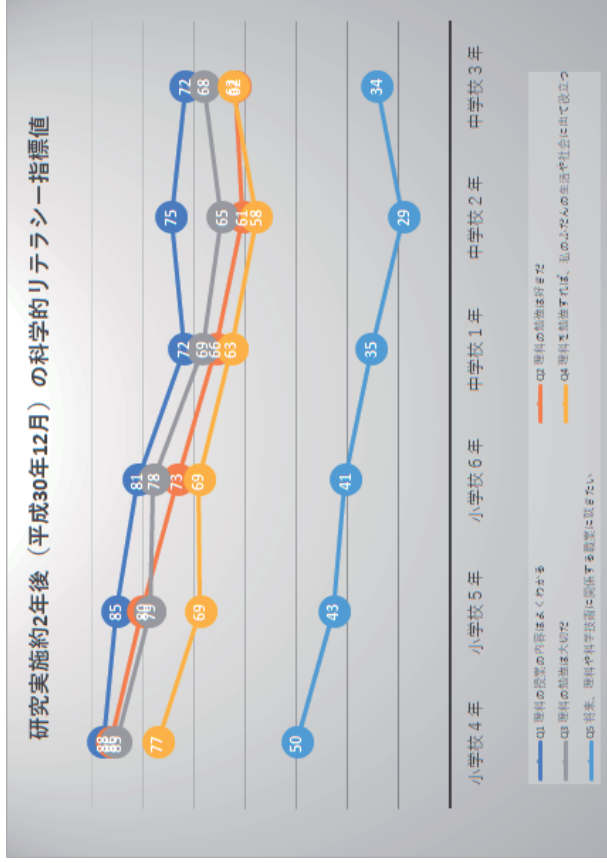
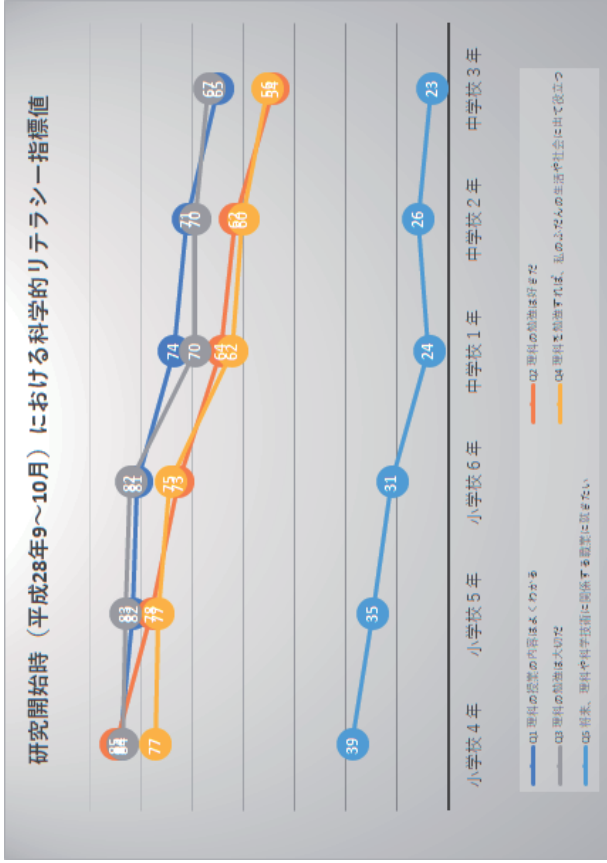
研究当初の状況

- 科学的リテラシー指標値(SLI)は、小学校4年から中学校3年にかけて大きく低下する
- 特に項目2「好きだ」と項目4「役立つ」は低下の程度が大きい
- 年間を通じて、SLIが低下しない実践に取り組む意義は大きい

研究の成果と今後の課題

研究開始時とその後の科学的リテラシー指標値の変化

調査時期 (PDCA)	初期調査 (H. 28. 9~12)
	年度末調査 (H. 29. 2~3)
	2年目1学期末調査 (H. 29. 6~7)
	2年目2学期末調査 (H. 29. 12)
	2年目3学期末調査 (H. 30. 2~3)
	3年目1学期末調査 (H. 30. 6~7)
	3年目2学期末調査 (H. 30. 12)
全調査を実施した協力校9校の 平成30年1学期末調査参加児童生徒数	
小学校4校 4~6年	1034名
中学校5校 1~3年	2209名



研究開始時から実施約1年後にかけての同学年SLI指標値の変化の有差検定の結果 (t検定による。**)は p<.01, *は p<.05)

質問	小学校 4年	小学校 5年	小学校 6年	中学校 1年	中学校 2年	中学校 3年
Q1	↑*		↓***	↓***		↑***
Q2		↓*	↓*	↓***		↑***
Q3		↓***	↓***	↓*	↓***	
Q4		↓***	↓***		↓*	↑***
Q5						↑***

研究実施約1年後から約2年後にかけての同 学年SLI指標値の変化の有意差検定の結果 (検定による。**)は $p < .01$, *は $p < .05$)

質問	小学校 4年	小学校 5年	小学校 6年	中学校 1年	中学校 2年	中学校 3年
Q1		↑**	↑**	↑**	↑**	
Q2		↑**	↑*	↑**		
Q3	↑*	↑**				
Q4						
Q5	↑**	↑**	↑**	↑**	↑*	↑**

2年間の取り組みを実施して

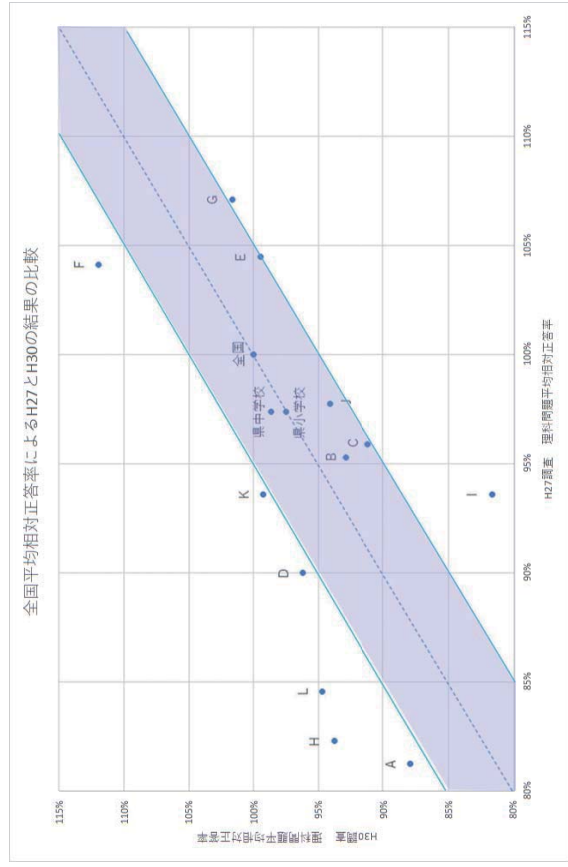
- 改善傾向は研究実施約2年後で明確となり、小学校4学年から中学校3学年のすべてでSLIが前年度を下回る項目がなくなり、多くの項目で前年度を上回った。
- 「Q3 理科の勉強は大切だ(重要性)」と「Q4 理科の授業で学習したことは、私のふだんの生活や社会に出て役立つ(有用性)」については、明確な改善には至っていない。
- 学校全体で学習意欲の向上に取り組む結果が実態に反映するまでには時間がかかる。

研究開始時から実施約2年後にかけての同 学年SLI指標値の変化の有意差検定の結果 (検定による。**)は $p < .01$, *は $p < .05$)

質問	小学校 4年	小学校 5年	小学校 6年	中学校 1年	中学校 2年	中学校 3年
Q1	↑*	↑*			↑**	↑**
Q2						↑**
Q3		↘*	↘*		↘**	
Q4		↘**	↘*			↑**
Q5	↑**	↑**	↑**	↑**		↑**

全国学力学習状況調査理科における学校平均得点の変化

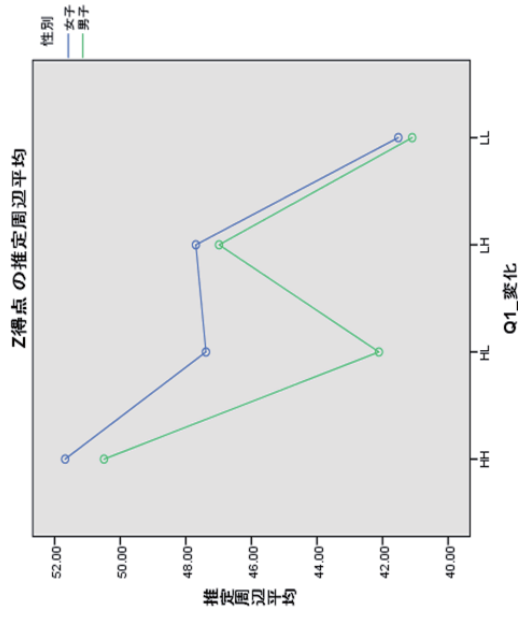
本研究協力校(小学校A~G、中学校H~L)



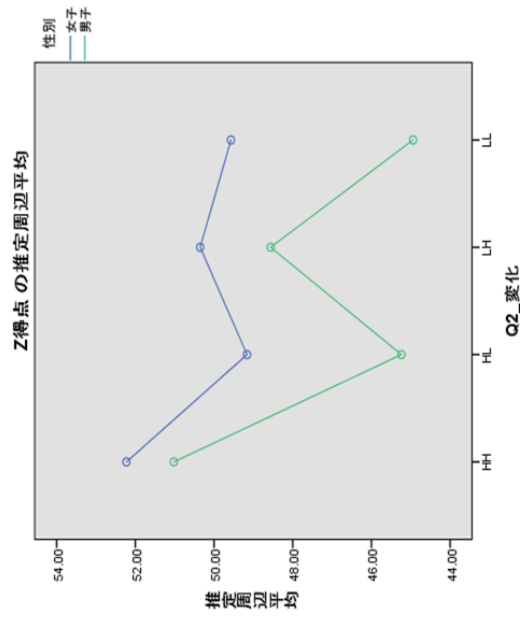
学校と地域の理科学力向上に関する 結果のまとめ

- 小学校、中学校とともに、協力校の多くで理科学力に明らかな改善傾向が見られた。顕著な低下が見られた1校(中学校)では、学年集団を継続指導してきた教員と中核的理科教員との間で、授業改善についての連携ができなかった。
- 合わせて約130の小中学校が所属するA市とB市の地域の理科学力の変化について、A市では小中学校ともに1%以上上昇し、B市では中学校が1%以上上昇し、小学校では1%以上の変化はなかったことから、小規模ながらも、取り組みの有効性が支持された。

Q1 理科の授業の内容はよくわかる



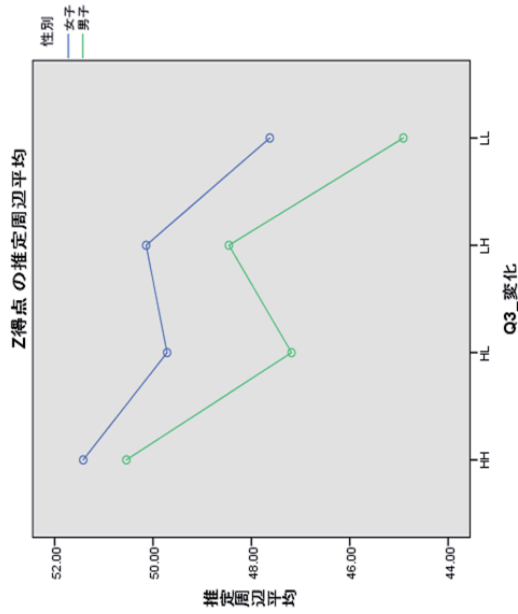
Q2 理科の勉強は好きだ



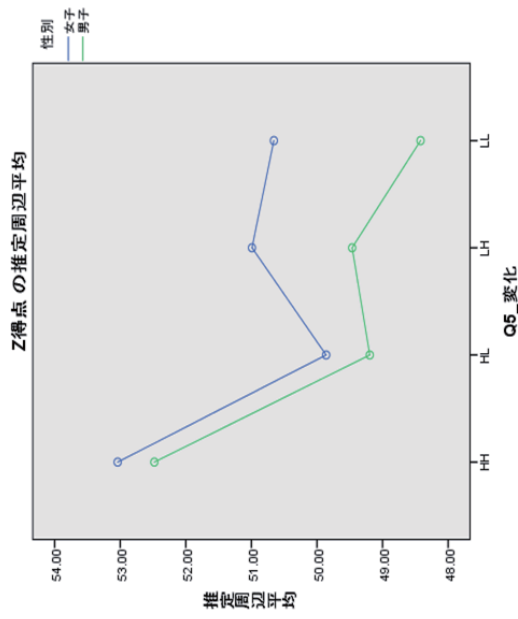
科学的リテラシー5項目の意識と 理科学力との関連の分析

- 各児童生徒の科学的リテラシー5項目に関する年間を通じた意識の変化は、結果として、各自の理科学力と関連しただろうか？
- 1学期末と学年末の各項目の意識を二値化
肯定的: H(High) 否定的: L(Low)
- 年間を通じた意識の変化を4通りに分類
HH: 肯定→肯定 HL: 肯定→否定
LH: 否定→肯定 LL: 否定→否定
- 理科学力として、学年末の成績を、所属する学級内で標準化 ($M=50, \sigma=10$) した得点を使用

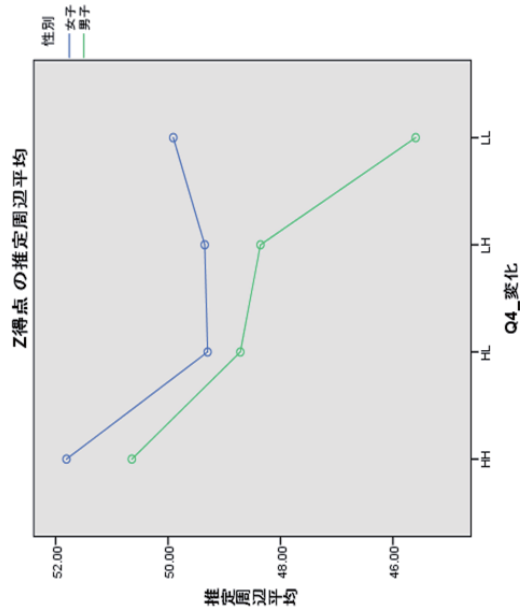
Q3 理科の勉強は大切だ



Q5 将来、理科や科学技術の関係する職業に就きたい



Q4 理科を勉強すれば、私のふだんの生活や社会に出て役立つ



SLIと理科学力との関連の考察

- 結果は、児童生徒の理科学習への意識の低下が、理科の成績にも悪影響を与えることを示唆している。
- 学年の途中で、否定的な意識を肯定的な意識に転換できる授業改善が、理科学力の向上に効果的であると考えられる。
- 学期ごとに科学的リテラシー指標値(SLI)を測定し、PDCAサイクルによって学校全体でSLIの向上を図る取り組みが、学校全体の児童生徒の理科学力の向上をもたらすことを示唆している。
- 中学校では、「HL」や「LL」といった否定的意識を有する生徒が少くない。こうした生徒を「HH」や「LH」に転換していく具体的な取り組みが効果的であると考えられる。

今後の課題

- 学校全体で学習意欲の向上に取り組む結果が実態に反映するまでには時間がかかるため、前年度を上回る取り組みを継続することが重要である。
- 「Q3 理科の勉強は大切だ(重要性)」と「Q4 理科の授業で学習したことは、私のふだんの生活や社会に出て役立つ(有用性)」については、明確な改善には至っておらず、有効な授業の開発が課題である。
- 学力水準の向上が見られなかった学校も5校見られたことから、学力の向上をより確かなものとする取り組みを開発することが課題である。

今後への課題

- 本研究のシステミックリフォームは、中核的理科教員が、校内と地域の他の教員の授業改善に、機能を発揮できる仕組みを、校内のみならず、教育委員会とも連携して、構築していくプロセスである。
- このプロセスには、校内で理科を教える教員が参加する校内授業研究会や、地域の理科を教える教員が参加し、中核的理科教員が授業提供者となり、指導主事や大学教員が指導者として関わる地域公開の授業研究会の実施も含まれる。
- 今後、児童生徒の理科学習への意識の向上と理科学力の向上をもたらず具体的なかつ効果的な取り組みを、中核的理科教員が機能しながら、広範囲に浸透させるシステムを構築することが課題である。

今後の課題

- 中核的理科教員が文字通り中核的に校内の理科教育の推進役として実質的に影響を与えられる状況を構築することが最大の難関であり、克服すべき課題の中心である。
- 他教科においても中核的教員を活用した取り組みを拡大し、より効果的かつ広範囲に児童生徒の学習意欲の改善と学力の向上をもたらずプロセスを開発することが課題である。

主な文献等

- Clune, W. (1998): Toward a Theory of Systemic Reform: The Case of Nine NSF Statewide Systemic Initiatives, National Institute for Science Education, University of Wisconsin-Madison.
- 科学技術振興機構理科学習支援センター(2012): コア・サイエンス・ティーチャー(リーフレット).
- 国立教育政策研究所(2012): 平成24年度全国学力・学習状況調査【都道府県別】集計結果 (retrieved from <http://www.nier.go.jp/12chousakakekkohoku/index.htm>, in 2012.10.1)
- 国立教育政策研究所(2015): 平成27年度全国学力・学習状況調査【都道府県別】集計結果 (retrieved from <http://www.nier.go.jp/15chousakakekkohoku/index.htm>, in 2015.9.1)
- 文部科学省(2018): 平成29年度学校基本調査 (retrieved from <http://www.mext.go.jp/>, in 2018.4.1)
- National Research Council (2016): National Science Education Standards, National Academy Press: Washington, DC.
- 小倉康(2016): 科学コミュニケーション社会における学校理科教育—学校と社会との効果的な連携のための実行可能な手法の提案—, 日本サイエンスコミュニケーション協会誌, 5(1), pp. 40-45.
- 小倉康(2019): 中核的理科教員を活用した地域理科教育のシステミックリフォーム～科学的リテラシー指標値を用いた学習意欲低下の改善～, 43(3), pp. 253-265.
- 埼玉大学(2016): 平成27年度理数教員養成視点構築プログラム(埼玉大学)業務成果報告書.
- O'Day, J.A. and Smith, M.S. (1993): Systemic Reform and Educational Opportunity, in S. Fuhrman (ed.), Designing Coherent Education Policy: Improving the System, Jossey-Bass, San Francisco, pp. 250-312.
- Wigfield, A. and Eccles, J.S. (2000): Expectancy-Value Theory of Motivation, Contemporary Educational Psychology, 25, pp. 68-81.
- Zucker, A. A., Shields, P. M., Adelman, N., et al. (1998): A Report on the Evaluation of the National Science Foundation's Statewide Systemic Initiatives (SSI) Program, Menlo Park, CA: SRI International.

小学校における
取り組み事例の報告

事例 1 ～ 5

事例 1

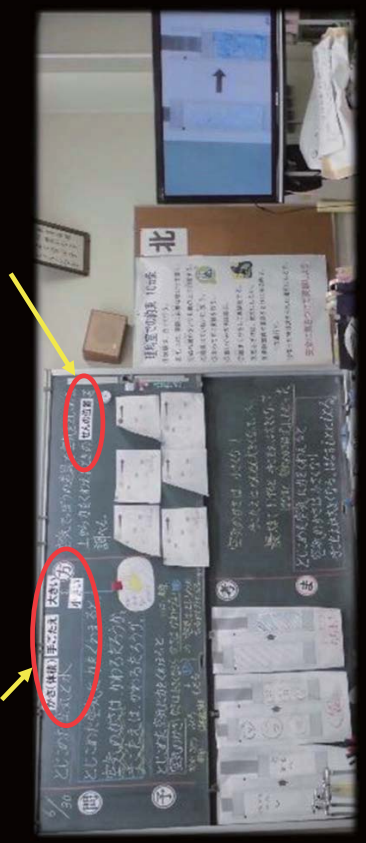
小学校理科専科教員としての
中核的理科教員の取り組み

鈴木教子

川口市立在家小学校教諭

①問題解決的で児童の思考の流れを大切にしたい授業展開と
 そのための授業時間の確保

科学的言語の適切な使い方の確認
 注目すべき視点の確認

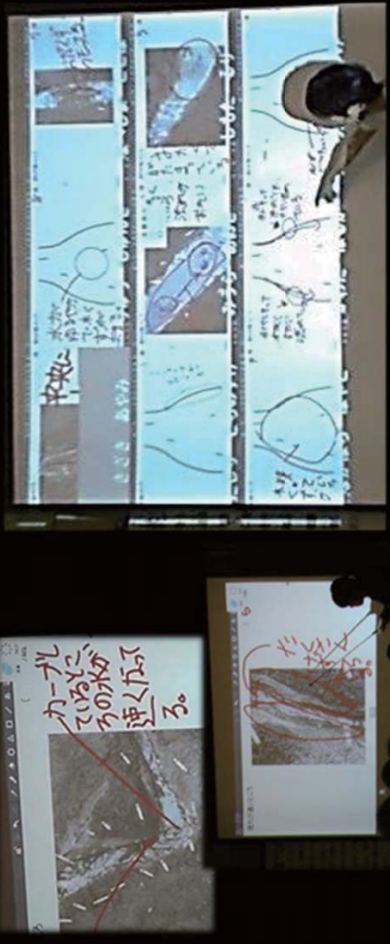


4年「とじこめた空気と水」

①問題解決的で児童の思考の流れを大切にしたい授業展開と
 そのための授業時間の確保

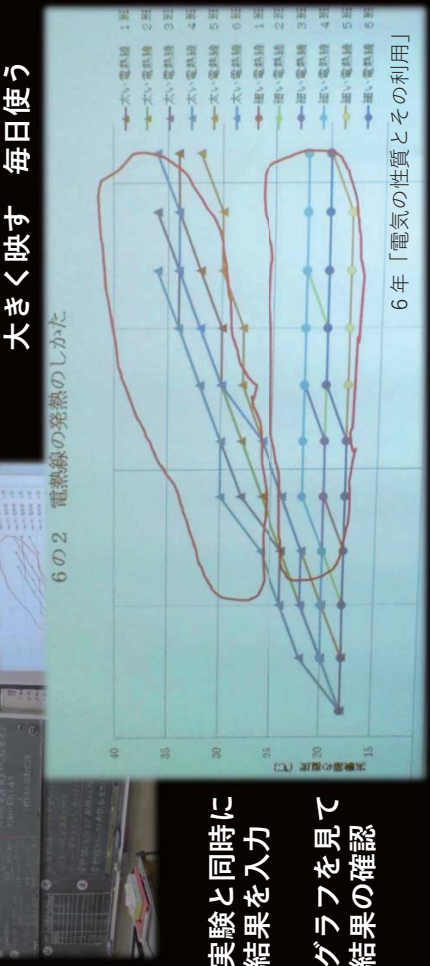
タブレットを用いた授業②

5年「流れる水のはたらき」



①問題解決的で児童の思考の流れを大切にしたい授業展開と
 そのための授業時間の確保

ICTの活用
 大きく映す 毎日使う

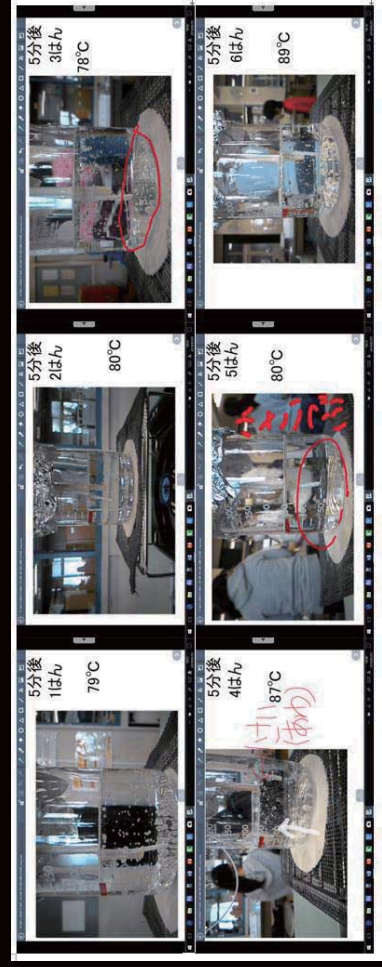


実験と同時に
 結果を入力
 グラフを見て
 結果の確認

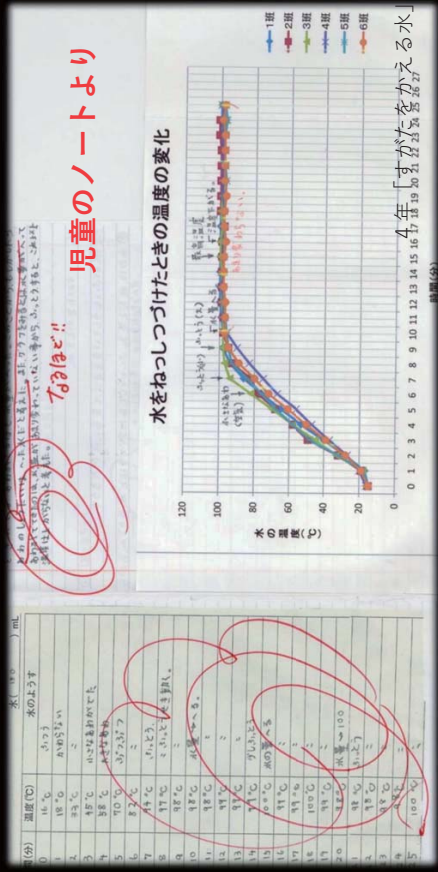
6年「電気の性質とその利用」

①問題解決的で児童の思考の流れを大切にしたい授業展開と
 そのための授業時間の確保

タブレットを用いた授業②



①問題解決的で児童の思考の流れを大切にしたい授業展開と そのための授業時間の確保



②個に応じたノート指導を行う (考察の指導について)

4年7月「とじこめた空気と水」

4年5月「電池のはたらき」

2つの電池で直列つなげると、電池のほうはとてはやくて、電池の大きさは、0.26Aだった。

例) かわいていたコップの外側に、水てきがついた。

これは、周りの空気中にある水じょう気が冷やされて、水てきになったのだと考える。すべての場所のコップに水てきがついたので、どの場所の空気にも水じょう気がふくまれていたのだとわかった。

まだガラスに水てきがついているのも同じだと考えた。

児童のノートから

②個に応じたノート指導を行う (考察の指導について)

考察の指導 (授業中)

① 5分～自分の考えをまとめる

個別指導で評価

② 話し合い

個別指導で見取った児童の考えを意図した順序で指名

③ 友達の考えでよいと思ったものや、なるほどと思ったものを書き足す

考察文例

例) かわいていたコップの外側に、水てきがついた。

これは、周りの空気中にある水じょう気が冷やされて、水てきになったのだと考える。すべての場所のコップに水てきがついたので、どの場所の空気にも水じょう気がふくまれていたのだとわかった。

まだガラスに水てきがついているのも同じだと考えた。

児童のノートから

②個に応じたノート指導を行う (考察の指導について)

4年11月「ものの温まり方」

例) かわいていたコップの外側に、水てきがついた。

これは、周りの空気中にある水じょう気が冷やされて、水てきになったのだと考える。すべての場所のコップに水てきがついたので、どの場所の空気にも水じょう気がふくまれていたのだとわかった。

まだガラスに水てきがついているのも同じだと考えた。

③復習や家庭学習での振り返りなどで学びの定着を促す

5年「もの」の活け方

家庭学習

反省

→家庭学習ノートでも

→掲示するなら...
あまり大きくない
付箋を活用して
自分の中のトップ5
を毎時間更新しては
どうか

その日の授業
での学習を想起

・わかったことや
考えたことを
自分の言葉で
まとめる

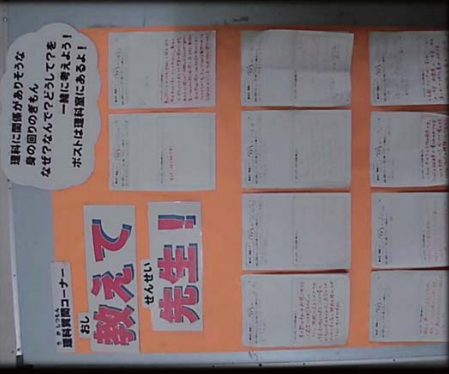
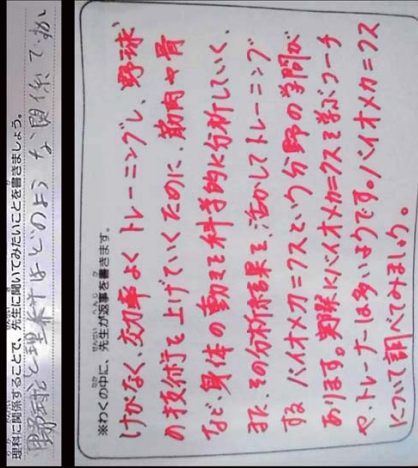
・評価を指導に
活かす

・日常生活と職業
とのつながりを
考える



④学習内容と日常生活や職業との関連付け

理科の質問コーナー



④学習内容と日常生活や職業との関連付け

学習内容と日常生活や職業との関連

3年生	4年生	5年生	6年生	7年生
単元名 ものづくり 作品	季節の生き物 (春)	天気と気温	電池のはたらき	季節と 生き物(夏)
身近な生活	ピオトーブ観察 学年図解察	モーターで動く車	空気でのび 水ロケット	星座早見
科学技術 自然現象	気象庁の観測技術 低気温観測	いろいろな 温度計	自転車のタイヤ 梱包材 お菓子の袋 豆箱の容器	星図に基づいた話 星の観察
活用案			発光ダイオード 電気の流れを視覚化 した資料	地球から星までの距離 宇宙ステーション
			電池が通らなざにす るしくみ(電池製法は?) 電池が通らなざにす るしくみ(電池製法は?) 電池が通らなざにす るしくみ(電池製法は?)	星について学ぶと、ど ない、ことがわかるのか?

教員間で情報を共有し
ていくことを目指す

3年生	4年生	5年生	6年生	7年生
単元名 ものづくり 作品	季節の生き物 (春)	天気と気温	電池のはたらき	季節と 生き物(夏)
身近な生活	ピオトーブ観察 学年図解察	モーターで動く車	空気でのび 水ロケット	星座早見
科学技術 自然現象	気象庁の観測技術 低気温観測	いろいろな 温度計	自転車のタイヤ 梱包材 お菓子の袋 豆箱の容器	星図に基づいた話 星の観察
活用案			発光ダイオード 電気の流れを視覚化 した資料	地球から星までの距離 宇宙ステーション
			電池が通らなざにす るしくみ(電池製法は?) 電池が通らなざにす るしくみ(電池製法は?) 電池が通らなざにす るしくみ(電池製法は?)	星について学ぶと、ど ない、ことがわかるのか?

⑤授業の振り返りによる授業改善

「知識」	「技能」	「疑問」	「予想」	「仮説設定」	「モデル化」	「条件制御」	「観察・実験計画」	「シミュレーション」
目的の気づき 目的の達成 目的の共有	目的の達成 目的の共有	目的の達成 目的の共有	目的の達成 目的の共有	目的の達成 目的の共有	目的の達成 目的の共有	目的の達成 目的の共有	目的の達成 目的の共有	目的の達成 目的の共有

能力目標精緻化法の学習目標の項目に
基づいた授業の見直し
科学的思考・表現に関わる
「モデル化」「シミュレーション」
「表・グラフ化」

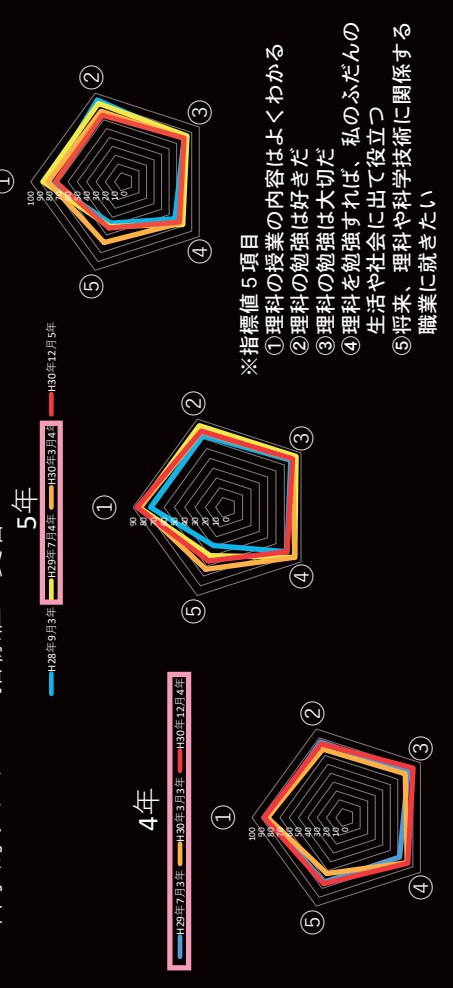
扱う単元・授業を年間で見通す

自然事象への関心・意欲・態度に関わる
「職業との関連性」

単元の導入と終末以外にも扱う
内容を記録して情報を共有する

成果と課題

科学的リテラシー指標値の変容



事例 2

学校と地域の理科をつなぐ 中核的理科教員の取り組み

島田広彦

嵐山町立菅谷小学校主幹教諭

引用・参考文献

- ・ 埼玉大学
「中核的理科教員 (CST) を活用した
地域理科教育のシステマチックフォームの研究」
「能力目標精緻化法」
- ・ 文部科学省「新学習指導要領」2017
- ・ 埼玉県教育委員会「埼玉県小学校教育課程編成要領」2018
- ・ 文部科学省 国立教育政策研究所
「平成27年度 全国学力・学習状況調査報告書」

理科の指導を苦手とする教員がいる場合、だれがその教員を助けてあげることができるのか？



その地域の理科が得意な教員が、

その学校にいる
理科主任である。

中核的理科教員を活用した
地域理科教育の改善

学校と地域の理科をつなぐ
中核的理科教員の取組事例

令和2年1月25日（土）

嵐山町立菅谷小学校 主幹教諭 島田広彦
埼玉大学教育学部 教授 小倉 康

小学校の理科の実態として

▶ 「私、理科が苦手なんです」と話をする先生がいます。

理科離れをしているのは
児童ではなく**小学校教師**

取組事例

調査対象および時期

- ▶ 埼玉県公立Y小学校（非都市部）
- ▶ 学級数（担任数）22
（そのうち理科を指導する人数12）
- ▶ 平成29年4月～平成30年3月
- ▶ 理科主任で第6学年担任のA教諭が
中核的理科教員を務めた。

取組事例①

校内教員の意識改革

- ▶ 「苦手」を「安心」に変える理科主任の行動年間計画の見直し

☑周知（発信）

☑現状把握（受信）

☑迅速な支援

大丈夫
かも♡

取組事例③

校内教員向けの発行物

- ▶ 理科通信の発行（毎週金曜日）
- ▶ 質問の回答
- ▶ 授業内容の説明
- ▶ 理科準備室にある物の紹介

わかつた♡

取組事例②

校内教員向けの理科研修会の実施

- ▶ 木曜日の放課後25分間（勤務時間終了の5分前まで）に設定
- ▶ 理科主任が理科室において、自由に質問ができる。

安心♡

取組事例③

理科通信の例

《コーヒーでも飲みながら理科の話を》

できる限り金曜日に発行する理科通信 りかしょうほう 理科室CAFE

理科通信を（できるかぎり）週刊でお届けします。飲み物片手に読んでいた

3年

ホウセンカの種まきは済んだでしょうか。5月は「チョウを育てよう」イベントが続いていますので、モンシロチョウは来るはずですよ。どうでしょう。職員室前の校庭にはプランターがあります。実はその花の中にチョウの先日、プランターのすぐ横に2つの蛹を発見しました。プランターから出ます。毒々しい毛虫から、どんな華麗な姿を見せてくれるのか興味は尽き

取組事例④

地域の教員向け理科研修会

- ▶ 毎月最終木曜日の夕方に、自由参加で理科授業に関する情報交換の機会を設けた。
- ▶ 会場は小学校の理科室を使用した。

行ってみよう♡



取組事例④

地域の教員向け理科研修会

第1回 理科室 CAFE



理科が好きな人
集まれ！

理科の指導で困ったことや、ほかの学校ではどのように指導しているのか、知りたい人は来てみませんか。

午後5時～7時でしたら、いつ来てもいいし、い

コーヒー一杯いゆがてはよか、参加してい



理科室Café

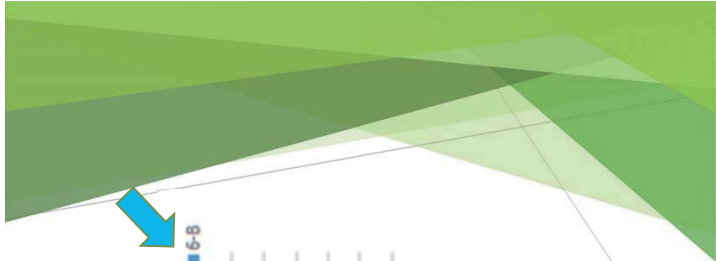
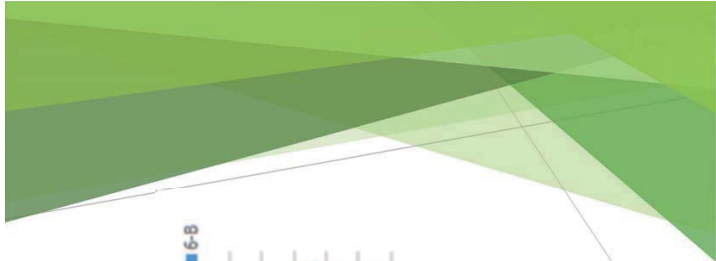
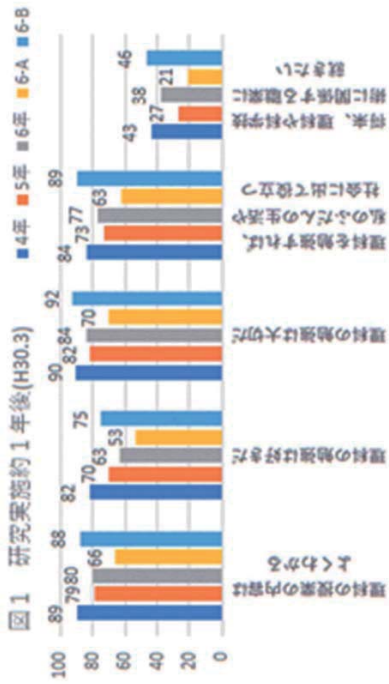


取組事例④

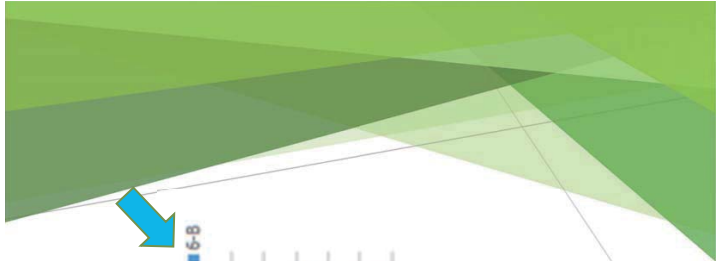
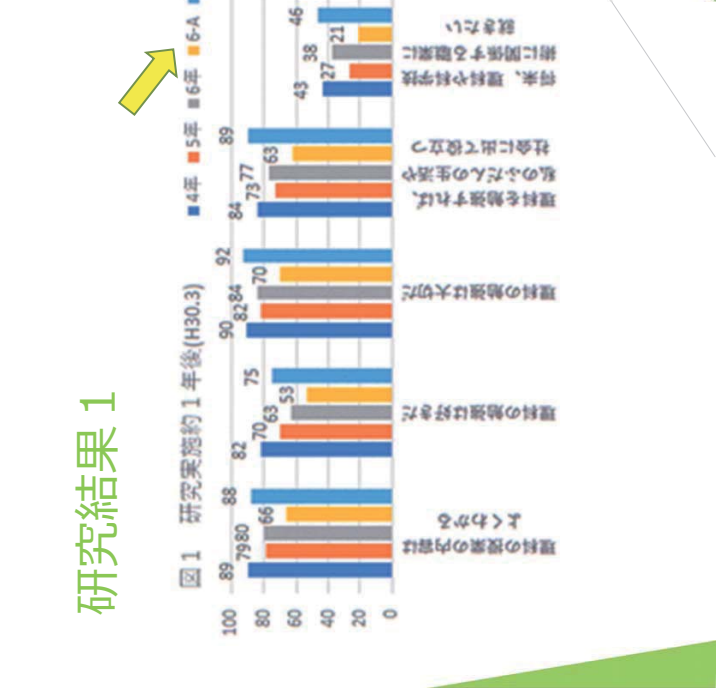
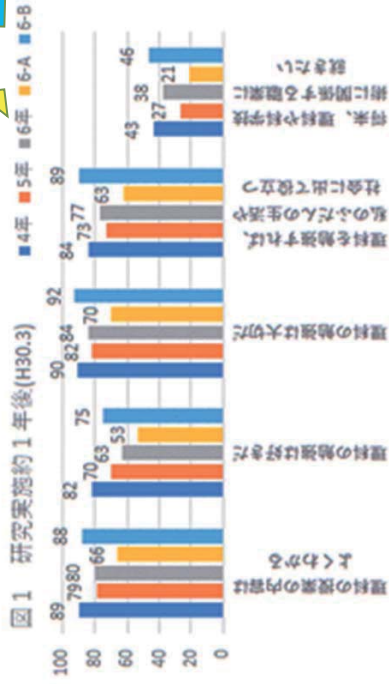
地域の教員向け理科研修会

- ▶ 午後7時までと時間を限定
- ▶ 日頃の実験の悩みなどを共有
- ▶ ハンダごとの使い方を、ベテランから指導してもらおうなど、教材作成も同時におこなう。
- ▶ メールなどで同時に連絡送信。

研究結果 1

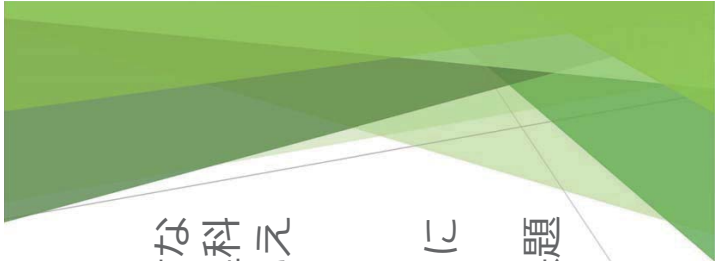


研究結果 1



研究結果 2 各学級でみてみると・・・

- ▶ 6年生の2クラスを比較すると、学年平均を大きく上回る学級がある一方、大きく下回る学級もあった。



研究考察

校内教員向けの研修会や理科通信などの働きかけを通じて全校的な理科教育推進活動はある程度可能といえる。

しかし全教員が働きかけに積極的に応じられるわけではなく、学級によって学習状況に生じる格差が課題である。

VIII 結論

- ①中核的理科教員が発信することは有効である。
- ②研修会を短時間でも開催することが有効である。
- ③全教員が応じるわけではない。

実際に、本校で実施した理科室Café

- ▲対象：初任者 + 若い教員
- ▲時間：午後4時～5時
- ▲研修：薬品を薄める
- ▲加熱器具の使用等
- ▲結果：参加6人→ 好評！♡

IX 今後の予定

- ▲理科が得意な教員を増やし、その教員が次の研修会を開き、理科の指導を苦手としている教員を助けることができるようにしていきたい。

事例 3

全校的な理科教育推進に向けた
中核的理科教員の取り組み

大野貴寛

川越市立大東西小学校教諭

中核的理科教員を活用した 地域理科教育の改善

全校的な理科教育推進に向けた
中核的理科教員の取り組み事例

川越市立大東西小学校 教諭 大野貴寛
埼玉大学 教育学部 教授 小倉 康

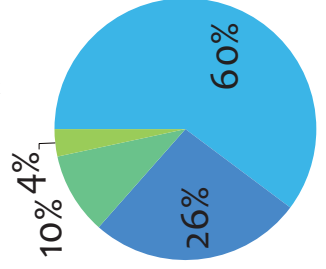


1 研究の背景

児童

理科は好きですか

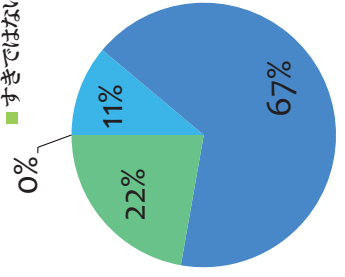
- 好き
- どちらかというが好き
- どちらかというと嫌い
- 嫌い



教員

理科は好きですか

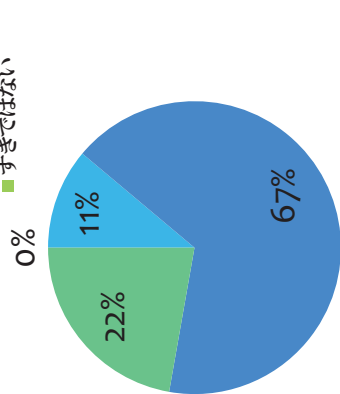
- とても好き
- 好き
- あまり好きではない
- 好きではない



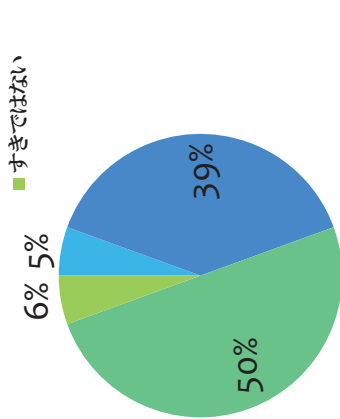
1 研究の背景

教員

理科は好きですか
 好きすぎる
 好き
 あまり好きではない
 すきではない



理科を教えるのは好きですか
 とても好き
 好き
 あまり好きではない
 すきではない



2 理科教育推進の方向性

理科指導に不安を感じている教員が多い

↑ 教員の理科指導力向上

児童の理科へ興味をさらに高めたい

↑ 理科の日常化

3 教員の理科指導力向上

① 一人一授業の実施

月	日	実施例
9	24	【個人授業研究会】6年生「水溶液の性質」
9	25	【個人授業研究会】6年生「水溶液の性質」
9	29	【ブロック授業研究会】6年生「水溶液の性質」
10	19	【個人授業研究会】5年生「天気の変化」
11	26	【全体授業研究会】4年生「ものの温度と体積」
12	4	【個人授業研究会】4年生「ものの温度と体積」
12	17	【個人授業研究会】5年生「ふりこのきまり」
1	28	【ブロック授業研究会】3年生「じしゃくのふしぎ」
2	3	【個人授業研究会】3年生「じしゃくのふしぎ」
2	8	【個人授業研究会】3年生「じしゃくのふしぎ」
2	19	【個人授業研究会】3年生「もののおもさ」
3	11	【全体授業研究会】5年生「ものの溶け方」
3	15	【個人授業研究会】4年生「水のゆくえ」

3 教員の理科指導力向上

② 考察文型と文例の共有

基本となる定型文【中学年】

- ① 私は_____と予想していたが、結果は_____だった。
- ② このことから予想した通り(予想とは違い)、_____ということがわかった。
- ③ さらに実験(観察)をしていて_____ということにも気づいた。(…と不思議だと思った。)(…ではないかと思った。)(…についても調べてみたい。)

基本となる定型文【5年生】

- ① 自分の予想
 - ② 実験結果
 - ③ つまり
 - ④ また
- と考えられる。
 ということも気づいた。(…と不思議に思った。)

基本となる定型文【6年生】

- ① 自分の予想と結果の比較
- ② 本時の課題に対して、結果から考えられること
- ③ 実験・観察から気づいたことや不思議に思ったこと

3 教員の理科指導力向上

② 考察文型と文例の共有

- ◆5年生【**天気の変化**】(公開授業より)
私は雲の動きに決まりはないと予想していたが、結果はどの方向の雲も西から東に動いていた。
このことから予想とは違い、雲の動きは西から東に動くという決まりがあるということがわかった。
さらに観察をしていて雲は形がどんどん変わるといことも気づいた。
- ◆6年生【**水溶液の性質**】(公開授業より)
私は二酸化炭素は水に溶けると予想していたが、結果はペットボトルがへこんだ。
ふたをした容器に入れておいて、ペットボトルがへこんだことから、中の気体が減ったと考えられる。
このことから予想した通り、二酸化炭素は水に溶けるといことがわかった。
さらに実験をしていて一度二酸化炭素が溶けると二度目はあまり溶けないと気づいた。

3 教員の理科指導力向上

③ 板書例とノート指導の統一

ノート例

問題は「〜?」の形をとります。
一目見て問題がわかるように四角で囲みましょう。

体験や既習の内容から問題に正対した予想を理由とともに記録

表やグラフを使うことで、実験の結果を考察する際のポイントをはっきりさせましょう。

ゴムの本数	進んだ距離
1本	120 cm
2本	345 cm

結果は定量的なデータを記録しよう。

考察は結果からわかることを理由とともに書きましょう。

図や絵を描くことで実験の方法や注意点、器具の操作方法などをわかりやすく確認しましょう。

まとめは問題を正対しなから児童自身の言葉でまとめられるといいですね。

3 教員の理科指導力向上

② 考察文型と文例の共有

- ◆5年生【**天気の変化**】(公開授業より)
私は雲の動きに決まりはないと予想していたが、結果はどの方向の雲も西から東に動いていた。
このことから予想とは違い、雲の動きは西から東に動くという決まりがあるということがわかった。
さらに観察をしていて雲は形がどんどん変わるといことも気づいた。
- ◆6年生【**水溶液の性質**】(公開授業より)
私は二酸化炭素は水に溶けると予想していたが、結果はペットボトルがへこんだ。
ふたをした容器に入れておいて、ペットボトルがへこんだことから、中の気体が減ったと考えられる。
このことから予想した通り、二酸化炭素は水に溶けるといことがわかった。
さらに実験をしていて一度二酸化炭素が溶けると二度目はあまり溶けないと気づいた。

3 教員の理科指導力向上

③ 板書例とノート指導の統一

板書例

9/1 **問題**
ゴムの数を増やすとゴムがものを動かす力は、どうなるのだろうか

予想
ゴムの数を増やしても、変わらない
⇒重さが増えてしまうから

実験
ゴムの数を増やすと、力が増える
⇒実際にやってみたら、かなり進んだ。
ゴムの数を減らして、車を走らせてみる。

ゴムの本数	動かす距離
1本	120 cm
2本	345 cm

結果

考察

進んだ距離
ゴム1本 ゴム2本

まとめ
ゴムの数を増やすとゴムのものを動かす力が強くなる。

3 教員の理科指導力向上

⑪ 教員向け放課後理科実験教室



- 「理科室開き」
- 「風とゴムのはたらき」
- 「メダカの誕生」
- 「電気のはたらき」
- 「水溶液の性質」
- 「天気の変化」 など

4 理科の日常化

④給食時の理科・生活科放送

(理科ニュース例)9月25日(金)

今日のお話は「月」についてです。いま、とても月がきれいな季節です。日本や中国では昔から月を眺める習慣がありました。皆さんは「中秋の名月」という言葉を聞いたことがありますか。
(略)

28日(月)は「スーパームーン」といって、今年一番月が大きく見える日です。でも月の大きさが変わるわけではありません。ちよっと難しい話になりますが、月は地球の周りを回っているのです。
(略)

4 理科の日常化

⑥理科質問コーナー・放送



【児童からの質問例】

- ① どうして秋になると葉っぱは色が変わるんですか？
- ② どうして月は見るとびに違う形なんですか？
- ③ どうしてザリガニは赤いんですか？

4 理科の日常化

⑤理科実験コーナー



4 理科の日常化

⑦子供理科実験教室

【実験例】

4年生の『とじこめられた空気と水』の授業終了。



圧縮空気の実験としてペットボトルロケットの発射実験を行った。

【その他の実験例】

- ・雪の結晶
- ・音の秘密
- ・ウサギの心音
- など

4 理科の日常化

⑧図書室おすすめ理科本



☆いかのおすすめ本☆
うんちレストラン

え？うんちがきだないって？
いやいや、うんちはだいにんきの
レストランなんですよ。♪
おいしいうんちには、うんち
をたべるのだいすきなむしたち
が、たくさんあつまります。♪
さあ、きょうもうんちレスト
ランがかいてんです。大野先生♪

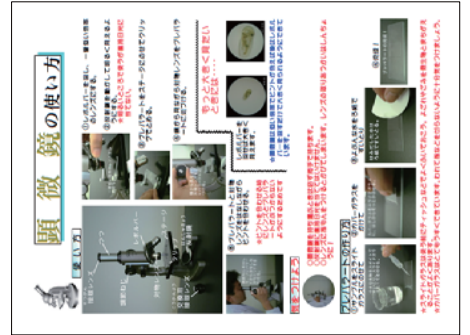
4 理科の日常化

⑩ゲストティーチャー招聘

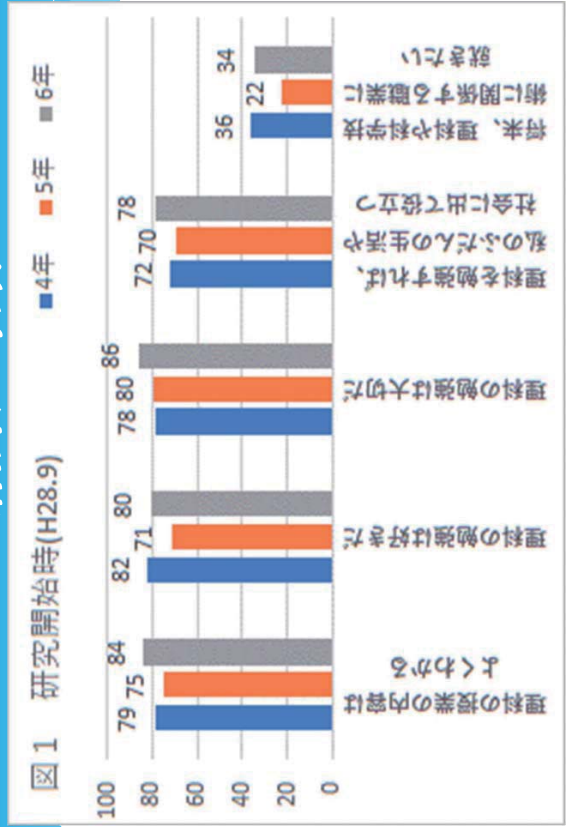
学年	ゲストティーチャー
3年生	◆日本水産(株) 中央研究所 永野一郎先生 (6/10) 『魚のひみつ』 ◆埼玉県立川の博物館 石井克彦先生 (9/24) 『昆虫の体のつくり』(虫の体のつくり) ◆埼玉県立川の博物館 学芸員 (11/19) 『川のはたらき』(流れる水のはたらき) ◆埼玉大学 教授 近藤一史先生 (11/17) 『LEDのひみつ』(電気の利用) ◆JAXA 宇宙科学研究所 田中智先生 (11/27) 『月の観察』 (月と太陽)
5年生	
6年生	

4 理科の日常化

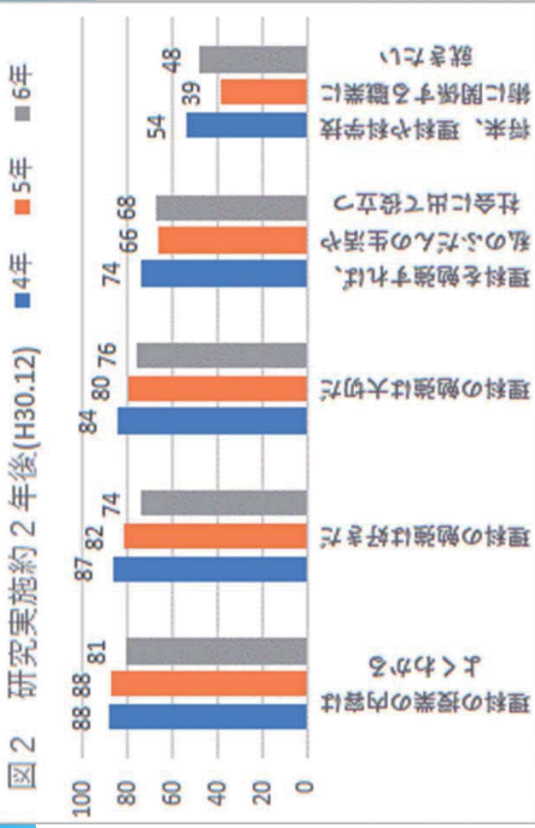
⑨実験器具の使い方カード



5 結果・考察



5 結果・考察



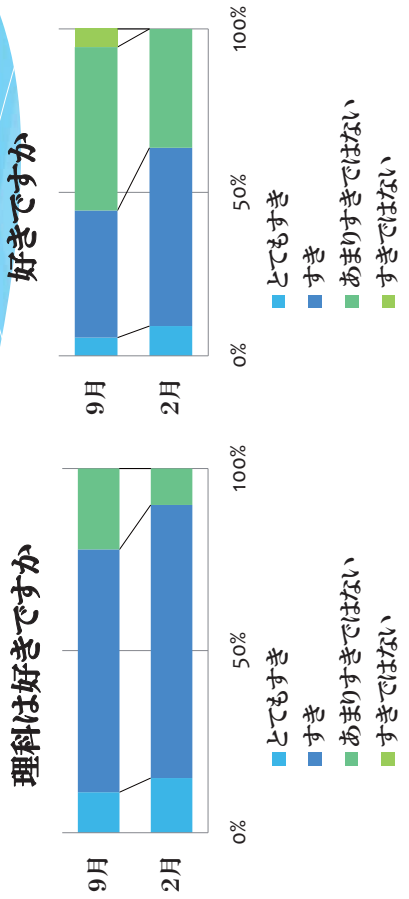
事例 4

理科授業展開の工夫を伝える
中核的理科教員の取り組み

金井大季
深谷市立桜ヶ丘小学校教諭

5 結果・考察

教員



本校における理科・生活科の単元構成のとりえ方

理科・生活科において目標学習・能力	
生活科 知識・技能 理科・生活科において目標学習・能力 学習の仕方・人間性	理科 知識・技能 理科・生活科において目標学習・能力 学習の仕方・人間性
単元末・単元後 深い学び 主体的な学び 対話的な学び 深い学び 単元導入 主体的な学び	単元末・単元後 深い学び 主体的な学び 対話的な学び 深い学び 単元導入 主体的な学び

単元末・単元後 深い学び
 主体的な学び
 対話的な学び
 深い学び
 単元導入 主体的な学び

おや？
おもしろそう。
不思議だな。

桜ヶ丘スタイル

本校における理科・生活科の単元構成のとりえ方

理科・生活科において目標学習・能力	
生活科 知識・技能 理科・生活科において目標学習・能力 学習の仕方・人間性	理科 知識・技能 理科・生活科において目標学習・能力 学習の仕方・人間性
単元末・単元後 深い学び 主体的な学び 対話的な学び 深い学び 単元導入 主体的な学び	単元末・単元後 深い学び 主体的な学び 対話的な学び 深い学び 単元導入 主体的な学び

単元末・単元後 深い学び
 主体的な学び
 対話的な学び
 深い学び
 単元導入 主体的な学び

こういうことだったんだ。
またやりたい。
△△はどうなるのかな。

桜ヶ丘スタイル

本校における理科・生活科の単元構成のとりえ方

理科・生活科において目標学習・能力	
生活科 知識・技能 理科・生活科において目標学習・能力 学習の仕方・人間性	理科 知識・技能 理科・生活科において目標学習・能力 学習の仕方・人間性
単元末・単元後 深い学び 主体的な学び 対話的な学び 深い学び 単元導入 主体的な学び	単元末・単元後 深い学び 主体的な学び 対話的な学び 深い学び 単元導入 主体的な学び

単元末・単元後 深い学び
 主体的な学び
 対話的な学び
 深い学び
 単元導入 主体的な学び

〇〇がわかった。
△△はどうなるのかな。
こうだと思うよ。
やってみよう。
知りたい。
やってみよう。
知りたい。

桜ヶ丘スタイル

本校における理科・生活科の単元構成のとりえ方

理科・生活科において目標学習・能力	
生活科 知識・技能 理科・生活科において目標学習・能力 学習の仕方・人間性	理科 知識・技能 理科・生活科において目標学習・能力 学習の仕方・人間性
単元末・単元後 深い学び 主体的な学び 対話的な学び 深い学び 単元導入 主体的な学び	単元末・単元後 深い学び 主体的な学び 対話的な学び 深い学び 単元導入 主体的な学び

単元末・単元後 深い学び
 主体的な学び
 対話的な学び
 深い学び
 単元導入 主体的な学び

逆向き設計の 単元構成

単元終了後の児童の姿を想定し、 主体的・対話的に取り組める授業 を 目指した単元構成

逆向き設計の 単元構成

理科の単元構成

児童の反応



第2・3時
・見た目の違い、におい、蒸発させたときの様子で見分けてみよう

る種類の水溶液を見た目、におい、蒸発させたときの様子で水溶液の性質を見分けることができるのだろうか。

○では、実際に水溶液を見た目、におい、蒸発させたときの様子を観察して見分けてみよう。
まず、見た目やにおいとはどのような手順で調べますか。

・見た様子を調べるときは、色や様子を観察します。
・水溶液を白い紙の前にかざせば色がわかりやすい。

○溶けている物は、どのような手順で行いますか。
・アンモニア水はにおいがあるな。
・アンモニア水は、しゅわしゅわしているから見た目で判断することができます。

・食塩水と石灰水は蒸発させると何か残ったぞ。
・何も出ない水溶液があるのはどうしてだろう。

所飲水やアンモニア水は見た目、におい、蒸発させたときの様子で水溶液の性質を見分けることができるが、彼は難しい。

・水を蒸発させても何も出てこなかった水溶液にはどのようなものが溶けているのだろうか。

第4時
所飲水から出ている気体は何だろうか。

○所飲水から出ている気体はなんだろう。調べる方法はないかな。

逆向き設計の 単元構成

理科の単元構成

教師の働きかけ



第2・3時
・見た目の違い、におい、蒸発させたときの様子で見分けてみよう

る種類の水溶液を見た目、におい、蒸発させたときの様子で水溶液の性質を見分けることができるのだろうか。

○では、実際に水溶液を見た目、におい、蒸発させたときの様子を観察して見分けてみよう。
まず、見た目やにおいとはどのような手順で調べますか。

・見た様子を調べるときは、色や様子を観察します。
・水溶液を白い紙の前にかざせば色がわかりやすい。

○溶けている物は、どのような手順で行いますか。
・アンモニア水はにおいがあるな。
・所飲水は、しゅわしゅわしているから見た目で判断することができます。

・食塩水と石灰水は蒸発させると何か残ったぞ。
・何も出ない水溶液があるのはどうしてだろう。

所飲水やアンモニア水は見た目、におい、蒸発させたときの様子で水溶液の性質を見分けることができるが、彼は難しい。

・水を蒸発させても何も出てこなかった水溶液にはどのようなものが溶けているのだろうか。

第4時
所飲水から出ている気体は何だろうか。

○所飲水から出ている気体はなんだろう。調べる方法はないかな。

逆向き設計の 単元構成

理科の単元構成

教師の働きかけ

児童の反応

つながり

第2・3時
・見た目の違い、におい、蒸発させたときの様子で見分けてみよう

る種類の水溶液を見た目、におい、蒸発させたときの様子で水溶液の性質を見分けることができるのだろうか。

○では、実際に水溶液を見た目、におい、蒸発させたときの様子を観察して見分けてみよう。
まず、見た目やにおいとはどのような手順で調べますか。

・見た様子を調べるときは、色や様子を観察します。
・水溶液を白い紙の前にかざせば色がわかりやすい。

○溶けている物は、どのような手順で行いますか。
・アンモニア水はにおいがあるな。
・所飲水は、しゅわしゅわしているから見た目で判断することができます。

・食塩水と石灰水は蒸発させると何か残ったぞ。
・何も出ない水溶液があるのはどうしてだろう。

所飲水やアンモニア水は見た目、におい、蒸発させたときの様子で水溶液の性質を見分けることができるが、彼は難しい。

・水を蒸発させても何も出てこなかった水溶液にはどのようなものが溶けているのだろうか。

第4時
所飲水から出ている気体は何だろうか。

○所飲水から出ている気体はなんだろう。調べる方法はないかな。

逆向き設計の 単元構成の主な成果

- 単元終了後の児童の姿(ゴール)をもとに、
本時の問題を作成
- 教師は、授業のねらいから逸れたときも軌道
修正がしやすい。
- 児童は、何を学習すればよいか見通しをもつ
ことができ、主体的に学習することができた。

パフォーマンス課題の実践

既存の知識や授業を通して新たに獲得した知識、スキルを総合して使いこなすことを求められる課題。

日常生活や社会との関連を想定し、児童が主体的・対話的に取り組みやすい課題。

逆向き設計の 単元構成の主な課題

△子供の思考をつなぐためには、クラスの実態に
応じたはたらきかけを工夫する必要がある。

パフォーマンス課題の実践

- ①ねらう単元のゴールを絞る。
- ②現実的な場面を設定する。
- ③問題文を作成する。
- ④問題文に向け、ストーリー性のある単元構成にする。

理科を学校研究できたことで・・・

・校内全体で、理科・生活科の授業力向上が図れた。

・地域に理科・生活科の授業を提供することができた。

事例 5

汎用的能力を育む学校全体の
カリキュラムに関連させた
中核的理科教員の取り組み

太田真輝

久喜市教育委員会指導主事
元久喜市立久喜小学校

育ち

能力

i) 何を知っているか、
何ができるか
(生きて働く知識・技能)

科学技術に関する基礎的・
基本的な知識及び技能
・メカニズム活用 ・生物活用

ii) 知っていること・でき
ることをどう使うか
(思考力判断力表現力等)

科学技術を適
活用する力
・論理的思考力
・批判的思考力
・創造的思考力

iii) どのように社会・世界と関
わり、よりよい人生を送るか
(学びに向かう力、人間性等)

汎用的な能力

適切に評価・
・自律的態度 ・協働的態度
・感性

『今、必要な資質・能力の向上を目指す 学習指導』

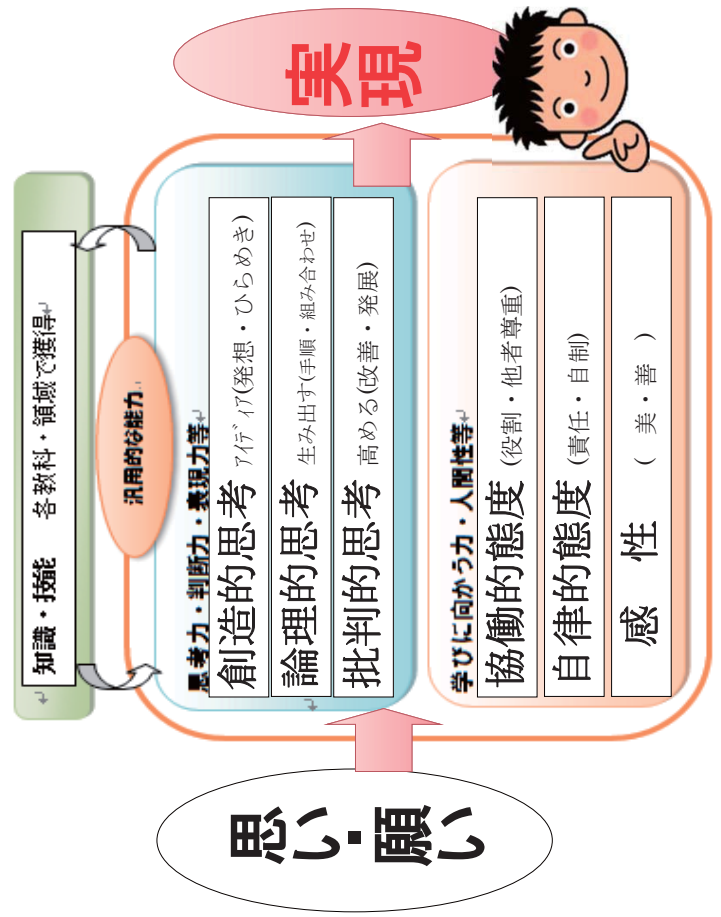
～「夢創造科」を生かした
汎用的な能力を育てる学習を通して～

埼玉県久喜市立久喜小学校

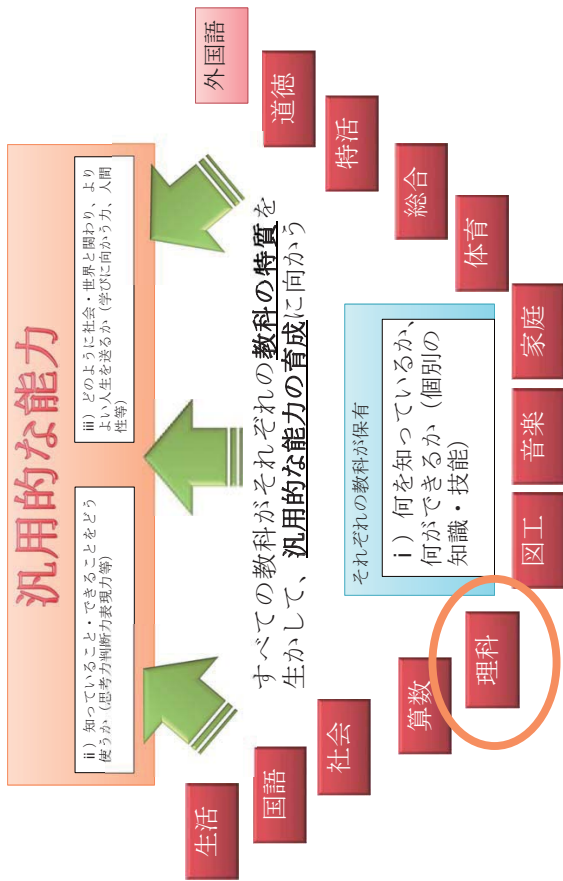
H25～H29
開発研究
「夢創造科」

教科の目標

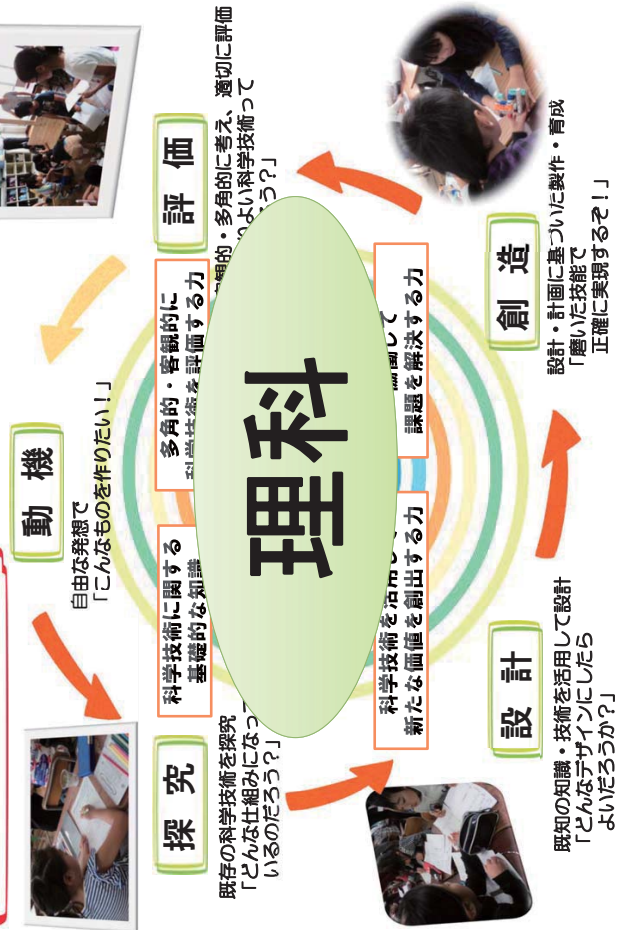
科学技術に関する探究的・創造的活動を通して、
科学技術に関する基礎的・基本的な知識及び技能
を習得するとともに、
科学技術を適切に評価し、活用できる力を養う。



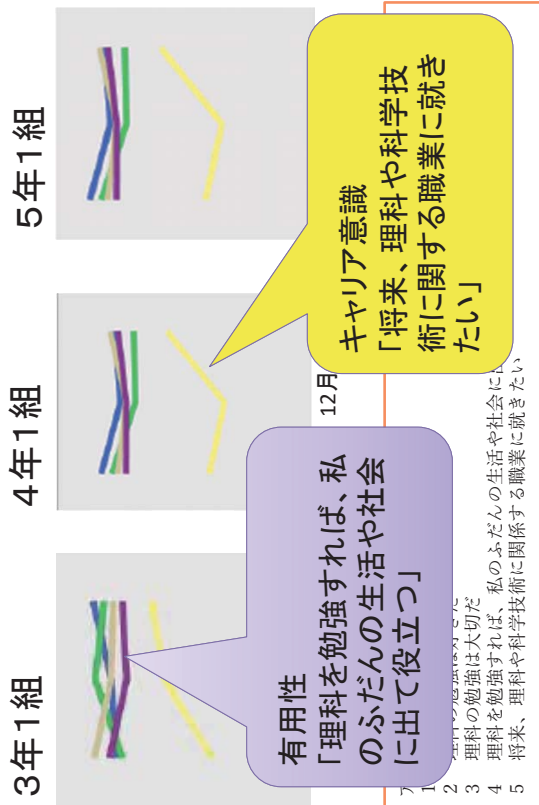
汎用的な能力を生かして 願いや思いを実現する児童



夢創造科の学習展開



【平成29年度 理科教育に関するアンケート結果】 3学期に授業実践をした3クラスのデータ



特質 自然の事物・事象を学ぶ対象とし、問題を科学的に解決するために必要な資質・能力を育成すること

見方 量的・関係的、質的・実体的、多様性と共通性、時間的・空間的

考え方 比較する、関係づける、条件を制御する、多面的に考える

学習計画	留意点	汎用的能力との関連
①問題を見いだす。	自然に関心と意欲を持って自ら問題をみだし、以降の学習活動の基盤を構築する。	B 1 自律的態度
②根拠のある予想や仮説を発想する。	見通しを持ち、それらに基づいて観察・実験などの計画や方法を工夫して考える。 *生活経験や学習経験から作り出されるもので、あらかじめ発想する。	A 1 論理的思考 A 3 創造的思考 B 2 協同的態度
③予想や仮説をもとに解決の方法を発想する。	理科の見方や考え方を働かせながら観察・実験を行い、結果を整理する。 *結果が一致しない場合は予想・仮説に振り返る。(再検討を加える)	A 1 論理的思考 A 2 批判的思考 B 2 協同的態度

【平成29年度 学力テスト
「数学的な考え方の得点率と全国平均得点率との比較」】

区分		理科	
	久喜小	埼玉県	全国
全体	思考力 63.3		
科学的な 思考・表現	63.3	53.1	54.1

H30～ 仮説

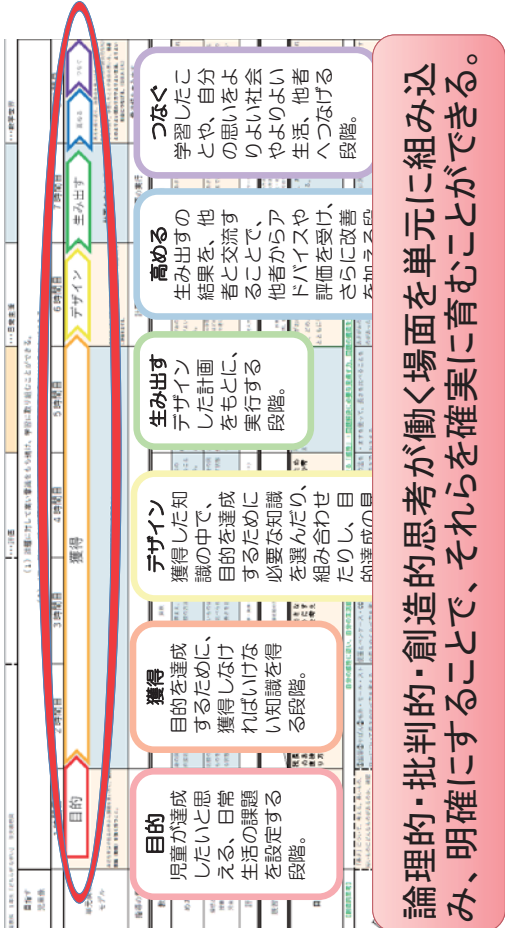
夢創造科の学習過程を活かした魅力的な単元をデザインし、児童が思考力（汎用的な能力）を意識的に働かせる場面を位置付けた学習展開をすることができれば、さまざまなか場面で生かすことのできる思考力となり、願いや思いをよりよく実現することができる児童が育つであろう。

手立て

- ① 思考力を働かせながら、獲得した知識や技能を活用させるための単元構想をおこなう。
- ② 思考力を働かせながら、獲得した知識や技能を活用させるための毎時の授業の学習展開を構築する。
- ③ 6年間を通じた目指す児童の思考力系統表を作成する。

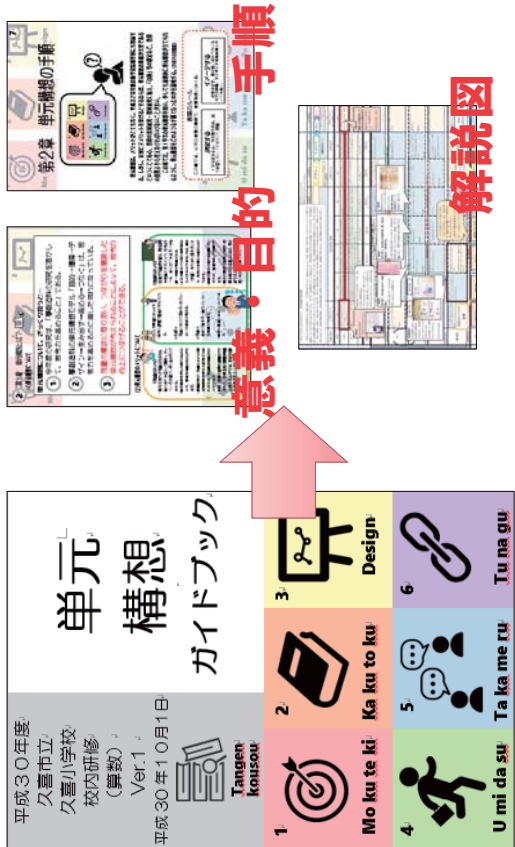
手立て①思考力を働かせながら、獲得した知識や技能を活用させるための単元構想をおこなう。

単元構想図



論理的・批判的・創造的思考が働く場面を単元に組み込み、明確にすることで、それらを確実に育むことができる。

手立て①思考力を働かせながら、獲得した知識や技能を活用させるための単元構想をおこなう。

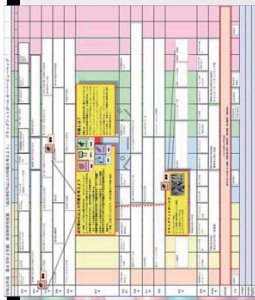


解説図

今年度の実践について

大単元構想

大単元構想とは、生活・総合を中心とした教科横断的な課題解決型の学習である。児童の「学びのエンジン」（学ぶ目的）に火をつける「魅力的な問い」（課題）を設定し、その課題を解決するために必要な知識・技能を各教科等で獲得し、課題の解決を行う。



オーバビューマップ(OVM)

教科横断的な課題解決型学習の流れを可視化し、一貫したものを繋がりを目で見渡せる利点がある。

手立て②思考力を働かせながら、獲得した知識や技能を活用させるための毎時の授業の学習展開を構築する。

授業展開



ポイント

- 【問い】 解決したいという願いを明確に持たせる。
・自然の事象・現象に関心をもち、不思議さや面白さを発見し出させる。
- 【仮説】 疑問や課題に対して、「この方法だと解決できるかな」や「この現象はどうだからだ」と気づかせる。
- 【条件】 課題の内容や生活の状況を考えさせる。
- 【創造】 仮説を立てた予想や仮説を「どうやって確かめよう」という問いをもち出す。
- 【見通し】 観察・実験・観察の結果を予想と照らし合わせる。
- 【視点の付与】 観察結果をグラフや表などに記録させる。
・実験・観察の様子を写真や動画に記録することで、考えの軌跡を振り返り、補助的役割を担わせる。
- 【可視化】 実験結果をグラフや表などに記録させる。
・実験・観察の様子を写真や動画に記録することで、考えの軌跡を振り返り、補助的役割を担わせる。
- 【組み合わせ】 複数の考えに偏らず、自分の中で持っている多くの方法を批判的、客観的に比較、統合したり、仲間との意見を聞いていく中で、比較、統合したりさせる。
- 【検証】 ※疑問が解決し、もしくは疑問が解消されたことを交流しながら、考えをより深めさせる。
・予想・仮説と実験・観察結果が一致しない場合、予想や仮説、又はそれらを基にした解決の方法を振り返り、それらを再確認し、再検討を加えさせる。
- 【振り返り】 振り返りを通して、自分の活動の軌跡（自己評価）を行い、課題に対してどう向き合えたかが振り返りされる。
・問題解決を通して、自然に対する興味・関心や愛情について考えを持たせる。
※今後や将来にどう生かしていくか考えさせる。

活動のポイント

効果的な学習展開

今年度実践した授業について

理科に対しての
興味・関心
理科が生活・未来に
役に立つ

大単元構想
「川のジオラマ作り」
「見えないものを
見ようとする力」

イノベーション
力の育成

理科授業の改善

「科学的に探求する能力の基礎と態度を育てる」理科授業を実践し、普段の生活や将来に理科の力は必要であり、大切という思いを持たせるためには、課題を解決する過程の中で、理科の力を活用する場面を設定することで、達成されたと考える。

久喜小学校 理科授業

手立て③6年間を通した目指す児童の姿を明確にするための久喜小オオリジナルの思考力系統表を作成する。

場面別思考力系統表

場面	目標	学習活動	評価
導入	自分の生活経験をもとに、自然に対する興味・関心や愛情について考えをもち、問題解決のきっかけを創出する。	自分の生活経験をもとに、自然に対する興味・関心や愛情について考えをもち、問題解決のきっかけを創出する。	「自然の不思議に思い、自分の生活経験をもち、問題解決のきっかけを創出する。」
展開	自分の生活経験をもとに、自然に対する興味・関心や愛情について考えをもち、問題解決のきっかけを創出する。	自分の生活経験をもとに、自然に対する興味・関心や愛情について考えをもち、問題解決のきっかけを創出する。	「自分の生活経験をもち、自然に対する興味・関心や愛情について考えをもち、問題解決のきっかけを創出する。」
まとめ	自分の生活経験をもとに、自然に対する興味・関心や愛情について考えをもち、問題解決のきっかけを創出する。	自分の生活経験をもとに、自然に対する興味・関心や愛情について考えをもち、問題解決のきっかけを創出する。	「自分の生活経験をもち、自然に対する興味・関心や愛情について考えをもち、問題解決のきっかけを創出する。」
振り返り	自分の生活経験をもとに、自然に対する興味・関心や愛情について考えをもち、問題解決のきっかけを創出する。	自分の生活経験をもとに、自然に対する興味・関心や愛情について考えをもち、問題解決のきっかけを創出する。	「自分の生活経験をもち、自然に対する興味・関心や愛情について考えをもち、問題解決のきっかけを創出する。」

修正・改善