

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 7 月 13 日現在

機関番号：33704

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16H03069

研究課題名(和文) 中等教育化学における文脈を基盤とした学習プログラムの構築

研究課題名(英文) Construction of a Context-Based Learning Program in Secondary Education Chemistry

研究代表者

寺田 光宏 (Terada, Mitsuhiro)

岐阜聖徳学園大学・教育学部・教授

研究者番号：40514641

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究成果は中等教育における「文脈を基盤とする化学」の枠組みの確立したことである。特に、中等教育における化学の核となる基本概念の確立し、その特質は、「道具性」「系統性」「可変性」とした。また、本プログラムを「つながりの中の化学」「Chemistry in Relevance (略記：CHiRとした)」と称することとした。そして、CHiRの基本概念と育成する資質・能力との関係を明らかにした。その上で、文脈を基盤とした学習が可能な授業デザインの開発を行い、CHiRの基本概念と授業デザインとの関係及び文脈におけるレリバンス(Relevance)との関係を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

学習者が実生活・実社会とのレリバンス(relevance)をもち、学ぶ意義・有効性を意識でき、学習者にとって学びの真正性のある文脈的アプローチによる中等教育化学プログラムの枠組みを開発した。系統的・組織的な知識の獲得するためや資質・能力の育成のための基礎・基本的な理解の要素である原理を集約して中等教育化学「基本概念」とし、化学的な内容を関連づけた。また本プログラムは、内容・概念と学習者、社会、キャリアなどをつなぎ、化学とレリバンスが重要であることを明らかにした。これにより、中等教育化学における学びが大きく改善できると考えられる。

研究成果の概要(英文)：This study has established a framework for "context-based chemistry" in Japanese secondary education.

First of all, the core basic concepts of chemistry in secondary education were established. And they have toolability, systematicity and variability. Also, the relationship between the basic concept and the competencies to be developed was clarified. This study is based on the development of lesson designs for context-based learning, and clarified the relationship between the basic concept of this program and lesson design. It was clarified the relationship between learner's relevance and relevance in context. We named this program as "Tsunagari No Naka No Kagaku" and "Chemistry in Relevance (abbreviated as CHiR).

研究分野：化学教育 理科教育

キーワード：中等教育化学 基本概念 資質・能力 文脈 レリバンス

1. 研究開始当初の背景

日本の中学生・高校生はPISA、TIMSSなどの国際学力調査でも明らかのように、理科に対する興味・関心や学ぶ価値を感じるのが低い。理科の中でも化学については、平成17年度高等学校教育課程実施状況調査において「化学の勉強が好きだ」に対する肯定的な回答は約3割、「化学の勉強は大切だ」に対する肯定的な回答は約4割であった。欧州でも中等教育段階の化学の履修率が下がるなど類似した傾向が見られたが、それに対して英国のSAC(Salters Advanced Chemistry)やドイツのCHiK(Chemie im Kontext)などの新しい試みが効果を上げてきた。これらに共通する点は、コンテキスト(文脈)を基盤とする学習(context based learning)の形態を取っていることである。日常的な文脈に則すると同時に化学の基本概念の獲得を目指す点が、これまでの学習内容中心(content oriented learning)のカリキュラムとは大きく異なっている。特に、CHiKプロジェクトは文脈を基盤とした化学教育の総合的な改革プロジェクトであり、教材や教育法の開発のみならず、関連する教師教育及び学校現場への普及方法までもが視野に入れられていた。ドイツではこのプロジェクトは、物理、生物、統合理科など他の教科のプロジェクトにも影響を与えている。一方、我が国ではこれまで理科において文脈を基盤とする教育について総合的・実践的な研究はあまり報告されていない。

研究代表者は2014年度在外研究によりCHiKプロジェクトの責任者であったパーヒマン教授(キール大学自然科学教育研究所・化学教育部長)の下でプロジェクトの全貌を学ぶ機会を得た。そこから得た知見として、日本の系統的なカリキュラムの内容を基本概念の獲得を目指した文脈を基盤とする学習が、日本においても必須でありその開発は十分に可能であると考えた。

2. 研究の目的

(1) 中等教育における「文脈を基盤とする化学」の枠組みの確立

本研究は、学習者が実生活・実社会との関係性(relevance)をもち、学ぶ意義・有効性を意識できる真正性のあるストーリー性をもつ中等教育化学プログラムを開発する。

(2) 中等教育における化学の基本概念の確立

ドイツなどの先進事例を参考にして化学、教育課程、比較教育学、学習科学、理科教育学の専門家を中心とした学融合により、日本における中等教育レベルにおける化学の基本概念を確立する。

(3) 基本概念の獲得を目指した文脈を基盤とした学習が可能な授業デザインの開発

生徒が興味・関心をもち真正性がある文脈に「基本概念」を埋め込み構成する方法を明らかにする。

3. 研究の方法

本研究は、この分野で先行するドイツの化学教育研究者の協力を得て、日本における各分野の専門家それぞれの専門を活かし、協働作業により研究を遂行し(図1)、次の5のフェーズで構成した。

(1) 中等教育における「文脈を基盤とする化学」の枠組みの確立

国内外の先進事例の視察、収集・検討をすることにより本研究グループでの方針を確立し、研究グループ内の協働体制、実施計画を明確にするために、次の3点を行った。

研究代表者及び分担者が収集した先進事例を検討した。

海外の先進事例を視察し、日本の文脈との差異を明らかにし日本における開発方針を確立した。

日本における中等教育における「文脈を基盤とする化学」の枠組みを確立した。



図1 中等教育における化学の基本概念及び文脈を基盤とした学習の構成原理

(2) 中等教育における化学の基本概念の確立

1) 中等教育における化学の基本概念の内包

「文脈を基盤とする化学」を構築する基本として日本の中等教育における化学の基本概念を確立するために、次の3点を行った。

学習指導要領および教科書の中学校教員経験者による質的分析

中学校理科化学分野および高等学校化学基礎・化学の教科書を各編の章、項にわたり、どのような基本概念により構成されているか、文章を逐次整理し、質的に分析した。

学習指導要領および教科書のテキストマイニングによる量的分析

中学校理科化学分野および高等学校化学基礎・化学の教科書を各編の章、項にわたり、どのような基本概念により構成されているか、文章をテキストマイニングにより量的に分析した。

中等教育における化学の基本概念の確立

上記の に基づき、日本の中等教育における化学の基本概念を概念の内包の確立し、その特徴を明らかにした。同時に、基本概念の実践的使用にあたり、配慮する点を明らかにした。

2) 中等教育における化学の基本概念の外延

確立した中等教育における化学の基本概念をより具現化するため概念の外延としての内容を整理確立のために、次の3点を行った。

(2) で確立した基本概念の視点で学習指導要領および教科書を再構成した。

現在の日本における、章立て等の現状を、基本概念の視点で分析し、その特徴と概念の外延としての内容を明らかにした。

これらに基づき、各コンピテンシー領域における中等教育化学のマップを作成した。

(3) 基本概念の獲得を目指した文脈を基盤とした学習が可能な授業デザインの開発

1) 基本概念の獲得を目指した文脈を基盤とした学習が可能な授業デザインの開発方法のポイント

実際に基本概念の獲得を目指した文脈を基盤とした学習が可能な授業デザインをするための方法を検討するために、次の3点を行った。

この分野で先行しているドイツの中等学校ギムナジウムを中心に、実際的基本概念の獲得を目指した文脈的な授業を参観し、その授業デザインについて担当者に取材とドイツの方法論を明らかにした。

(2) で確立した基本概念とその内容に基づき、国内数力所の現職の高等学校化学教員と本グループ研究者と、特定分野において、基本概念の獲得を目指した文脈に基づく化学授業を構成し、その方法論的課題について検討した。

上記の に基づき、基本概念の獲得を目指した文脈を基盤とした学習が可能な授業デザインの開発方法のポイントを検討した。

2) 授業形態、教授・学習方略の検討

教員と研究者が密接な協力や相互の利益が得られるように進める「共生的実践方略」をとり「文脈を基盤とした化学」の「文脈」編と授業形態や教授・学習方略を検討した。

4. 研究成果

(1) 中等教育における「文脈を基盤とする化学」の枠組みの確立

本研究は、学習者が実生活・実社会との関係性(レリバンス:relevance)をもち、学びの真正性のあるストーリー性をもつ中等教育化学プログラムを開発するものである。真正性をもつ課題により知識は実世界に関係づけられる。一方、理解を深めるためには系統的・組織的な知識の獲得が必要である。そのため、文脈による学習と系統的な知識の獲得の橋渡しが重要となる。そこで、化学の資質・能力の育成のための基礎・基本的な理解の要素である原理を集約して中等教育化学「基本概念」とし、これらに化学的な内容を関連づけた。また内容・概念と学習者、社会、キャリアなどをつなぎ、化学と関係する関連性(レリバンス)を重視するものである。そのため、本学習プログラムとプロジェクトは、様々なつながりや関連性の中に化学を位置づけ学習する方式をとるため、「つながりの中の化学:Chemistry in Relevance(略:CHiR)」と称することとした。これに基づき多様な指導が可能のように研究者と中等学校教員が協働して授業をデザインする共生的実践方略をとることとした。

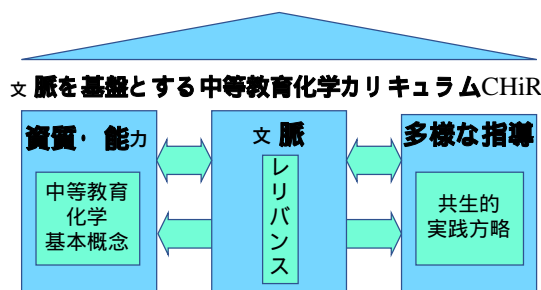


図2 文脈を基盤とする中等教育化学プロジェクトの枠組み

(2) 中等教育における化学の基本概念の確立

1) つながりの中の化学:Chemistry in Relevance (CHiR)における基本概念

質的分析

中等学校教員経験者中心により学習指導要領および教科書の内容を学術的視点、教育的視点により分析した。その結果、表1のような案を作成した。

量的分析

1) の結果に基づき、学習指導要領および教科書のテキストマイニングにより、現状との適合性を量的に分析した。その結果、表1の基本概念が、日本の中等教育化学を包括できるものであることが明らかになった。この中で、質的分析でも明らかであった無機化学分野は多様な概念が入り交じり、一種の文脈をなしていることが分かった。

「つながりの中の化学：Chemistry in Relevance（略：CHiR）」の基本概念の確定
上記のに基づき、中等教育化学を対象とする、中学校及び高等学校に対応するものを
次のように作成した（表1）。

2) CHiR における基本概念の特質

〔道具性〕学習者及び指導者が「道具として」使いやすいもの

CHiR において概念は形成するものであり、使用するものであるとした。ある学習過程で概念の一面を形成し、それを使い更に概念を深く理解し精緻化していく。特に、基本概念はなるべく今までも現場教育で扱われていたものを整理した。基本概念の名称は、2つの単語を組み合わせる複合語とすることで、その名称のみで意味することが分かりやすくした。さらに、その数を扱いやすいように中学校が4個、高等学校が5個と限定した。これにより、学習者は基本概念を深く系統的に学び、さらには他の概念との理解も深くなることを期待できる。これにより、CHiRの基本概念はメガネのような機能を果たすことを目指した。

また、学習指導要領との関係性も明らかにし、本基本概念と実際の授業との齟齬がないようにした。ただ、基本概念ごとの概念のレベルやその外延の大きさなどバランスが崩れている点があるが、ここでは学習のしやすさを最優先し、今後更なる検討をしていく。

〔系統性〕初等教育及び大学・社会の化学教育と系統性を維持

中等教育化学でのみ使い勝手が良いだけでは、入学時及び卒業してからに大きな問題が出る可能性を考慮し、図3のように関係を分析した。初等教育理科における化学分野との関係を確認したところ、連続性に大きな問題はなかった。また、中等教育終了後の大学との接続においては「大学教育の分野別質保障のための教育課程編成上の参照基準 化学分野」は、CHiRの基本概念を包括しているものであった。このため、CHiRにおける基本概念は、初等教育、大学・社会の化学教育における系統性に維持が確認できた。



図3 CHiRにおける基本概念と初等教育及び大学・社会における化学教育の関係

〔可変性〕より良いものを求めて作りかえが可能

概念は「ほ乳類」や「重力」など、世界を理解するために、人類が創造してきた認識のための道具で、より良いものを求めて議論、批判、作りかえが可能である立場を取り、CHiRの基本概念を確定的なものと捉えず、今後よりよいものを求め、改善をしていく可能性をもたせた。

3) CHiR の基本概念と資質・能力との関係

図4は、ドイツ・シュレースヴィヒ＝ホルシュタイン州における生徒の科学的な資質・能力の育成を示した図を著者らが改善した、基本概念とその他の資質・能力（科学的なスキル、科学的なコミュニケーション、科学的な意思決定）の関係を示したものである。CHiRも基本概念が中核として他の資質・能力も同時に育成していくことを目指すものとした。また、他の資質・能力については今後精査していく。

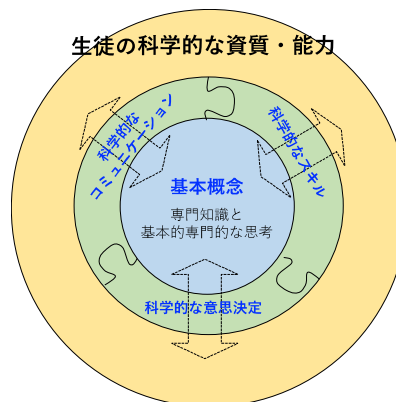


図4 生徒の科学的な資質・能力の育成と CHiR との関係

表1 つながりの中の化学：Chemistry in Relevance (CHiR)における基本概念

基本概念	中学校	高等学校
A	物質 粒子	(物質を粒子で見る)
B	構造 性質	(物質の性質を構造で見る)
C	変化 エネルギー (物理変化・化学変化をエネルギーで見る)	
D	反応 粒子の組替 (化学反応を粒子の組替で見る)	供与体 受容体 (化学反応を供与体・受容体で見る)
E		速度 平衡 (平衡を反応速度で見る)

表2 CHIの基本概念D「供与体-受容体」における各コンピテンシー領域のマップの例

専門知識/科学的な知識	認識獲得/科学的方法	コミュニケーション/科学的なコミュニケーション	評価/省察・科学的な意思決定
生徒達は・・・ <酸と塩基>	生徒達は・・・	生徒達は・・・	生徒達は・・・
1節 酸と塩基 ・酸と塩基の性質を説明する。	・日用製品を酸、塩基に分類する。	・日用製品を酸、塩基を分類し、その結果を発表する。	・日常、技術及び環境の各領域において、酸、塩基に関する自らの知識を活用する。
・アレニウスの酸と塩基の性質を説明する。	・日用製品をリトマス紙を使って、塩基に分類する。 ・アレニウスの酸、塩基の定義を説明するために、モデルを用いる。	・アレニウスの酸、塩基の定義をモデルを使って表現する。	・日常における酸塩基反応の意義を認識し、記述する。
・ブレンステッドとローリーによる酸、塩基の定義を説明する。	・適切な式の書き方を利用する。 ・ブレンステッドとローリーによる酸、塩基の定義を説明するためにモデルを用いる。	・ブレンステッドとローリーによる酸、塩基の定義をモデルを使って表現する。	・ブレンステッドの酸、塩基の定義に至るまでの酸塩基概念の歴史的な発展過程を省察する。
・酸と塩基の価数を説明する。			
・酸と塩基の強弱を説明する。	・代表的な酸、塩基の反応性と電気伝導性を実験を通して調べる。		

(3) 文脈を基盤とした学習が可能な授業デザインの開発

1) CHIの基本概念と授業デザインとの関係

文脈は、図5のように文脈1では概念A, B, C, D(青塗り部分)を、文脈2では概念A, C, D, Eのように、生徒が興味・関心をもち真正性がある文脈に「基本概念」を埋め込み構成した。具体的には表2のコンピテンシーマップを利用し、文脈を作成した。また、文脈を複数学習することにより、1つの概念を多面的に学習し転移を促したり、複数の概念を獲得したりする形態である。文脈の例として、「岐阜伝統工芸 刀鍛冶」、「美濃和紙」等を開発した。授業の質的改善をより効果的・持続的に導入するために、現職教員と本研究者が共生的に、教員自身が授業で実践することを前提とした多様な授業案・方法を開発した。ただ、まだまだ十分な状況ではない。今後、以下を基本としてさらなる開発・評価を進める。

2) 文脈におけるレリバンス (Relevance) との関係

学習に有効な文脈はどのように構成するかは、まだ定まっていない。本プログラムでは個人とのさまざまな関係性を大切に考えているためレリバンスを文脈の柱として重視する。レリバンスは多様な表現や分類などがあり複雑であるが、図5のように個人的次元、社会的次元、職業的次元があり、様々に関係するレリバンスをどのように組み込み、学習者の認知面・非認知面への影響を明らかにする必要がある。

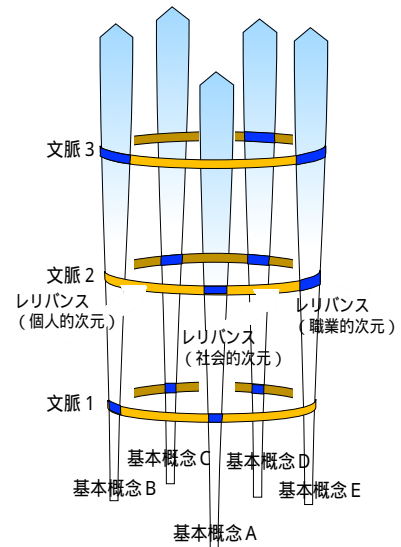


図5 基本概念と文脈及びレリバンスの関係

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 5件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 9件）

1. 著者名 寺田光宏	4. 巻 777
2. 論文標題 理科における基本概念と多様で柔軟な授業方式	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 理科の教育	6. 最初と最後の頁 36-38
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 今井妃斗弥・寺田光宏	4. 巻 31(8)
2. 論文標題 ドイツ教育スタンダード・物理における課題事例の特質とその試行	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本科学教育学会研究会研究報告	6. 最初と最後の頁 87-92
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Iika PARCHMANN, Stefanie HERZOG, Mitsuhiro TERADA	4. 巻 42
2. 論文標題 Formation of Basic Concepts of Chemistry Education in Germany	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Science Education in Japan	6. 最初と最後の頁 65-72
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する
1. 著者名 寺田 光宏・磯部 征尊	4. 巻 58
2. 論文標題 資質・能力育成を指向し文脈を基盤した MINT 教育の学習プロセス - ドイツ・キール大学IPN「NaWi造船所」を例として -	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 岐阜聖徳学園大学紀要教育学部編	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 清水 大輝・寺田 光宏	4. 巻 18
2. 論文標題 理科における「課題への傾倒」を視点とした才能の一考察 -科学的工作を通して-	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 臨床教科教育会誌	6. 最初と最後の頁 13-22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 寺田 光宏・山口 健三・大場 愛絵	4. 巻 33
2. 論文標題 理科教育におけるレリバンスに関する一考察 Stuckeyらのレリバンスモデルに注目して	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本科学教育学会研究会研究報告	6. 最初と最後の頁 41-46
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 中澤 怜子・寺田 光宏	4. 巻 60
2. 論文標題 ドイツにおける資質・能力を指向した総合理科 「NaWi プロジェクト」	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 理科教育学研究	6. 最初と最後の頁 97-105
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 佐竹 祐里香・寺田 光宏	4. 巻 19
2. 論文標題 小学校理科における「前向きアプローチ」に基づく授業デザインの開発と評価 - 「太陽と月の形」を例として-	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 臨床教科教育会誌	6. 最初と最後の頁 18-28
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計18件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 藤井史弥・寺田光宏
2. 発表標題 中学校理科における概念の道具的機能を活かした指導 粒子に注目して
3. 学会等名 日本理科教育学会東海支部大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山口健三・寺田光宏
2. 発表標題 中学校理科におけるレリバンスを高める教材の開発と評価 ごま塩と地域企業に注目してー
3. 学会等名 日本理科教育学会東海支部大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 寺田光宏
2. 発表標題 中等教育化学における文脈を基盤とした学習プログラムの構築 - 基本概念と文脈との関係に注目して -
3. 学会等名 日本科学教育学会年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 吉岡亮衛・寺田光宏
2. 発表標題 高校1年生の基本的概念の理解についての日独比較(3)「進化」
3. 学会等名 日本理科教育学会全国大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 寺田 光宏
2. 発表標題 中等教育化学における文脈を基盤とした学習プログラムの構築 - 基本概念に注目して -
3. 学会等名 日本科学教育学会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 遠藤 優介
2. 発表標題 ドイツ中等化学教育における基本概念の捉え方 KMK教育スタンダードを中心として
3. 学会等名 日本科学教育学会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 今井 泉
2. 発表標題 化学の視点からの中等教育化学における基本概念
3. 学会等名 日本科学教育学会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 後藤 顕一
2. 発表標題 学習指導要領における化学に関する概念
3. 学会等名 日本科学教育学会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 吉岡 亮衛
2. 発表標題 中等教育化学における基本的な概念(1) -新編化学基礎-
3. 学会等名 日本科学教育学会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 寺田 光宏
2. 発表標題 中等教育化学における資質・能力育成を志向する文脈を基盤としたカリキュラム(CHiR) の検討
3. 学会等名 日本科学教育学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 今井 泉・寺田 光宏
2. 発表標題 中等教育における化学の基本概念
3. 学会等名 日本科学教育学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 後藤 顕一・林 優子・寺田 光宏
2. 発表標題 初等・中等教育における化学の資質・能力
3. 学会等名 日本科学教育学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 優介・寺田 光宏
2. 発表標題 ドイツ中等教育化学における資質・能力指向の文脈を基盤とした授業デザイン
3. 学会等名 日本科学教育学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 吉岡 亮衛
2. 発表標題 中等教育化学における基本的概念(3)
3. 学会等名 日本科学教育学会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	吉岡 亮衛 (yoshioka ryoei) (40200951)	国立教育政策研究所・研究企画開発部教育研究情報推進室・ 総括研究官 (62601)	
研究分担者	後藤 顕一 (goto kenichi) (50549368)	東洋大学・食環境科学部・教授 (32663)	
研究分担者	今井 泉 (imai izumi) (80711390)	東邦大学・理学部・教授 (32661)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	遠藤 優介 (endo yusuke) (80759051)	筑波大学・人間系・助教 (12102)	
研究分担者	林 優子 (hayashi yuko) (60833001)	岐阜聖徳学園大学・教育学部・研究員 (33704)	