

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 18 日現在

機関番号：17401

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2014～2016

課題番号：26350238

研究課題名（和文）鍵教材とプロセス・スキルを接点にした理科カリキュラム・マップの作成

研究課題名（英文）Development of science curriculum maps adopted the viewpoint of the key teaching materials and the process skills

研究代表者

渡邊 重義（WATANABE, Shigeyoshi）

熊本大学・教育学部・准教授

研究者番号：00230962

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,700,000円

研究成果の概要（和文）：理科カリキュラムの系統性を具体化するために、「鍵教材」と「プロセス・スキル」に注目し、教科書の内容分析等を通して、カリキュラム・マップと科学的な問題解決スキルを開発した。その結果、以下のような知見を得ることができた。鍵教材を用いると「エネルギー」「粒子」「生命」「地球」の4つの領域を越えた学習内容の有機的なリンクを導ける。異なる単元の内容を結び付けるときのハブ（中核）となる単元や内容を明らかにすることができる。「用語」「教具」「観点」「シークエンス」等のリンクの鍵が具体的になる。スキルの向上という点で学習デザインを考案することが可能になる。

研究成果の概要（英文）：Curriculum maps as the networks of the learning contents and scientific problem-solving skills were developed by analyzing the contents of the science textbooks in elementary and junior high school from the viewpoint of the key teaching materials and the process skills. As a result of analyzing curriculum maps and scientific problem-solving skills, the following were obtained; 1. Using key teaching materials, the organic link of the learning contents could be obtained beyond four domains of the "energy" "particle" "life" "earth". 2. The hub unit or the hub content could be clarified by making the network of contents in a curriculum map. 3. The keys of link such as "term" "apparatus" "viewpoint" "sequence" were embodied in curriculum maps. 4. The scientific problem-solving skills are useful to design a lesson plan for improving learner's skills.

研究分野：科学教育

キーワード：問題解決 カリキュラム・マップ 鍵教材 理科カリキュラム 教材・教具 プロセス・スキル

1. 研究開始当初の背景

2008年の学習指導要領の改訂では、「内容の一貫性」がキーワードになって、「エネルギー」「粒子」「生命」「地球」を軸にした学習内容の系統化が行われた。この構造化は、基本概念と単元との関連を示すものであり、単元間の関連性等を総括的に示すうえでは有効であるが、基本概念と各内容との関係や学習活動との関連性は明確にされていなかった。一方、アメリカ合衆国のアメリカ科学振興学会は、Benchmarks for Science Literacy (1993) が示した目標に関連づけた Atlas of Science Literacy を作成し、カリキュラム・マップを示している。Atlas of Science Literacy は、理科学習における探究のためのプロセス・スキルに相当するスキルを取り上げ、学習内容の関連づけを行っている。日本でも、カリキュラムの構造の具体化と、カリキュラムを反映する単元構想、授業構想のモデル化が必要ではないかと考えられた。

2. 研究の目的

本研究では、理科カリキュラムの系統性を具体化する鍵として、「教材」「プロセス・スキル」の2点に着目する。そして、最初に現行の小・中学校理科の内容分析を行い、カリキュラムをつなぐ鍵となる教材(鍵教材)やプロセス・スキルを抽出し、次に教材と基本概念の関係を明らかにするとともに、鍵概念やプロセス・スキルに関する教材研究と授業研究を行って、自然科学的文脈と理科学習における文脈の両者から鍵教材の位置づけを明らかにする。そして、鍵概念を接点にした単元、年間カリキュラム、小学校・中学校理科カリキュラムの各段階における関連図(カリキュラム・マップ)を作成する。

3. 研究の方法

鍵教材の抽出は、A社とB社の小学校理科教科書(2008年学習指導要領対応)を材料にして行い、各単元の記載内容から鍵となる教材・教具や用語の候補を抜き出し、異なる学年や単元で繰り返し登場するものを抽出して分類した。次に小学校の理科教科書で鍵教材に位置づけられる教材・教具や用語が、A社の中学校理科教科書でどのように扱われているのかを調べた。そして、小学校学習指導要領解説理科編(2008)に掲載されている小・中学校の内容の系統性を示す表を用いて、鍵教材が扱われている単元に印を付けて、それらの単元間のつながり方と、リンクの鍵となる教材、考え方、キーワード等を検討した。プロセス・スキルについては、SAPAのプロセス・スキルや Rezba et al. (2006) の科学のプロセス・スキルを基本として、長谷川ら(2013)の「探究の技法」を参考にしながら、問題解決のプロセスに関係性が強いと考えられるスキルを抽出し、整理・統合するとともに、問題解決に必要と考えられる

新たなスキルを加えて、科学的な問題解決のスキル(案)を考案した。そして、A社の小学校および中学校理科教科書を材料にして、プロセス・スキルと学習内容の関係について分析を行い、理科カリキュラムの構造化に結びつく視点を探った。

4. 研究成果

(1) 小学校理科教科書における鍵教材

理科カリキュラムの系統性を具体化するための鍵教材について、下記のような特徴をもつものと設定し、該当する教材・教具や用語を小学校理科教科書から抽出した。

鍵教材

- ・科学的な概念形成に結び付く教材
- ・科学的な思考を導く教材
- ・教育内容の関連を導く教材や観察実験の教具

小学校理科教科書(A社)の3~6年の教科書の記載内容を調査して、「粒子」「エネルギー」「生命」「地球」の複数の概念に関連した教材・教具等を抽出した(表1)。

表1 小学校理科教科書(A社)から抽出した鍵教材

【教材】	水(14) 空気(8) 光・日光(8) 温度(8) 金属(鉄など)(5) 力(5) 重さ(4) 石・土・砂(4) 等
【教具】	温度計(8) 方位磁石(6) 虫めがね(ルーペ)(6) 等

・()の数字は扱われていた単元数

A社の教科書では、3年:8単元、4年:7単元、5年:7単元、6年:9単元の合計31単元において、その4分の1以上で繰り返し扱われていたのは、「水」(45%)「空気」(26%)「光・日光」(26%)「温度」(26%)であった。B社の教科書で同様の調査を行った結果、3~6年の合計43単元において、その5分の1以上で扱われていた教材は、「水」(33%)「温度」(23%)「光・日光」(21%)「空気」(21%)であった。「光・日光」「温度」は小学3~6年の全学年で扱われ、「温度」は「エネルギー」「粒子」「生命」「地球」の4つの概念すべてに関連していた。「重さ」は「粒子」概念に関連した複数の単元に登場したが、「電気」「体積」「動物・植物」「災害」等も同様に特定の概念に限定して繰り返し扱われていた。以上のことから、現在の小学校理科カリキュラムにおいては、「水」「温度」「光・日光」「空気」が、教育内容の間の関連性を導く鍵教材になる可能性があることがわかる。

教具では、「温度計」「虫眼鏡またはルーペ」「方位磁針」が全学年で扱われていた。用語に注目すると、「はたらき」が10単元で用いられていたが、「生命」概念と関連した内容では「花粉のはたらき」「だ液のはたらき」のように「機能・役割」の意味で用いられ、それ以外の領域では「ゴムの力のはたらき」「流れる水のはたらき」のように「作

用」の意味で用いられるという特徴があった。

(2) 鍵教材「水」と理科カリキュラム

現在の小学校理科カリキュラムでは、合計31単元中14単元で「水」が扱われていた。エネルギー領域、地球領域の天体に関連した単元および3年の単元を除くと、ほとんどの単元で「水」が関係するという特徴が見られる。構造化の柱となっている基本的な概念との関連で「水」の扱われ方をみると、「粒子」では液体としての水、「生命」では生命を支える水、「地球」では循環する水という共通性を見出すことができた。

粒子領域を中心とした「液体としての水」による学習内容のリンクを図1のカリキュラム・マップに示す。

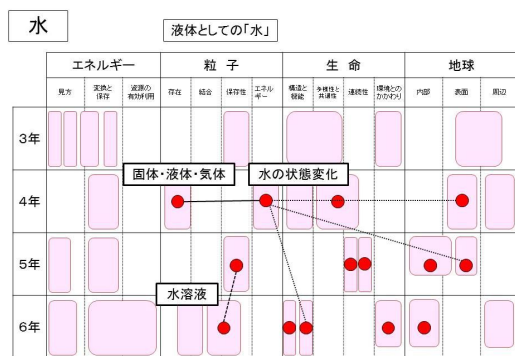


図1 「液体としての水」とカリキュラム・マップ

図1より、小学4年における水の状態変化の学習は、学習内容間の関連性を導くハブ（中核）となり得ることがわかる。また、水の状態変化の学習をハブにした内容の関連性を詳しくみると、「蒸発」「水蒸気」という用語の理解が重要になると考えられ、さらに中学校・高等学校へと展開するなかで、「蒸発」「凝縮」「結露」など用語を整理することが関連づけの課題になると考えられる。また、「液体としての水」という視点での学習内容の結びつきをより有機的なものにしようとするならば、5年以降の水溶液の学習と4年の学習内容との関連づけや、3年における物と重さの学習における水の利用などを工夫することが、カリキュラムの連続性につながることを示唆される。

生命領域における「水」は、生命を支える水という点で括られるが、さらに生命活動を支える水および生息環境としての水という2つの観点に分類できる。そして、水が学習内容の有機的な結びつきを導く要素になるためには、生物と水の関係を個体レベルから細胞レベルで考察するような取り扱いがポイントになり、生息環境としての水という観点では、地域の水環境を生かした教材開発を行い、動植物の陸上への適応や進化の学習への発展や、生物の多様性と共通性についての考察へと発展させる学習が有効ではないかと推察できた。

地球領域を中心とした「循環する水」によ

る学習内容のリンクを図2のカリキュラム・マップに示す。

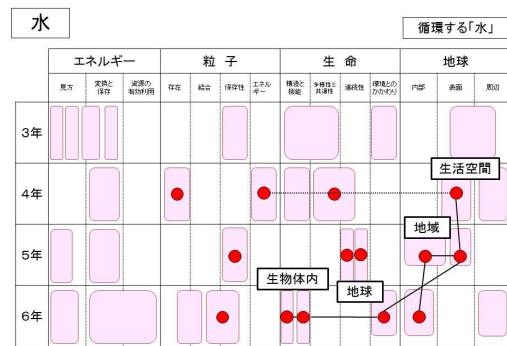


図2 「循環する水」とカリキュラム・マップ

小学3年から6年の水の循環に関する内容は、地表で観察できるレベル（3年） 地表から見上げるレベル/気象情報として知るレベル（5年） 学習内容を総括して地域や地球規模で考えるレベル（6年）へと移行している。つまり、水の循環という観点においては、生活空間 地域 地球という見方の広がり求められることがわかる。

(3) 鍵教材「光」と理科カリキュラム

鍵教材「光」または「日光」が扱われている小・中学校理科の単元とその関連を図3に示す。

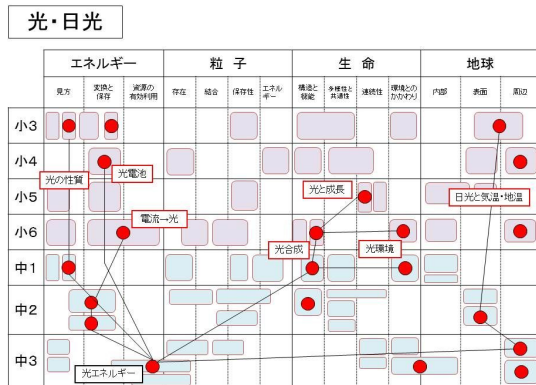


図3 「光・日光」と小・中学校の理科カリキュラム

図3は、「光・日光」に関連した小学校および中学校理科の内容の関連性を示している。「光・日光」については「粒子」概念を除く3つの各概念で、系統性を導くようなつながりを見出すことができたが、「水」のように概念全体を統括するようなものではなく、いくつかの教材・教具や考え方で領域ごとのつながりが認められ、それらが「光エネルギー」に集約するような関係性を示すことができた。

(4) 鍵教材「温度」と理科カリキュラム

鍵教材「温度」が扱われている小学校理科の単元とその関連を図4に示す。

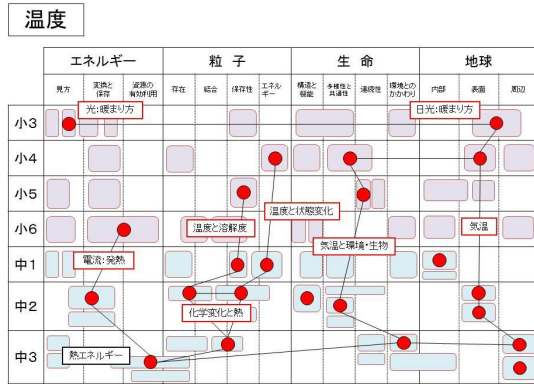


図4 「温度」と小・中学校の理科カリキュラム

図4は、「温度」が関係した小・中学校理科の単元の関連性を示すもので、「熱エネルギー」に学習内容が集約されるつながりは、図3の「光エネルギー」に集約する構造とよく似ている。領域ごとにみると、エネルギー：「光」「電流」、粒子：「加熱操作」「化学変化」、生命：「気温と環境」、地球：「日光」「気温」等の事象で系統性を具体化することができた。「熱」という用語に注目すると、小学4年の「水の三態変化」の学習から「熱する」という表現が用いられ、小学6年の「電気の利用」では電熱線に電流を流すと「発熱する」ことを学び、中学1年では「物質の状態変化」に関連して、粒子モデルを用いて熱と温度の関係が説明されている。中学2年では「電流」の学習で、「物体の温度を変化させる原因になるもの」が「熱」と定義され、「熱量」という用語も登場する。つまり、温度と熱は関連付けて扱う必要のある鍵教材であり、小学校における「温度の変化」「暖まる・冷やす」という表現から、中学校の「熱の出入り」「熱エネルギー」という考え方に結び付けるための教材化や学習デザインが必要になることがわかる。

(5) 科学的な問題解決プロセスの設定

問題解決のプロセスについては、デュエイの反省的思考が原型の一つとなって、現行の学習指導要領解説理科編(2008)では、「児童が自然の事物・現象に親しむ中で興味・関心をもち、そこから問題を見出し、予想や仮説の基に観察、実験などを行い、結果を整理し、相互に話し合う中から結論として科学的な見方や考え方をもちよくなる過程」と説明している。問題解決のプロセスは、様々に表現されているが、本研究では、問題を発見する/設定する/把握する、仮説を設定する、観察・実験を計画する、結果を予想する、観察・実験を行う、データを分析する/解釈する、考察する、の7段階に設定した。この問題解決のプロセスは、「観察・実験を行う」を除くと、問題

解決のための科学的な思考に関するスキルの核になり得る。また Rezba et al. (2006) の基礎的プロセス・スキルに「コミュニケーション」があり、長谷川ら(2013)は「伝達の技能」を上位技能に設定していることから、科学的なコミュニケーションを上位のスキルとして取り上げることが適当ではないかと考えられる。そこで、本研究では、科学的な問題解決スキルの上位の категорияとして、科学的な思考に関連したスキル、観察・実験に関連したスキル、科学的なコミュニケーションに関連したスキルを設け、～のプロセスを～に配置し、「観察・実験を行う」は、「観察する」と「実験する」に分けた。科学的なコミュニケーションに関するスキルには、「伝達する」と「評価する」を配置した。そして、問題解決のプロセスおよびコミュニケーションに係るスキルを、SAPAのプロセス・スキルなどから選択して、科学的な問題解決スキルの原案を作成した(表2)。

表2 科学的な問題解決スキル(案)

<ul style="list-style-type: none"> 科学的な思考に関連したスキル 問題を発見する/設定する/把握する 観察する 比較分類する 情報を利用する 仮説を設定する 比較分類する 情報を利用する 推論する モデルで表す 計画する 条件を制御する 情報を利用する 予想する 情報を利用する 推論する データを分析する/解釈する 比較分類する 表やグラフを作成する 数学的に検証する モデルで表す 考察する 比較分類する 情報を利用する 推論する
<ul style="list-style-type: none"> 観察・実験に関連したスキル 観察する 五感を用いる 観察機器を用いる 比較分類する 測定する 数値を用いる 記録する 実験する 条件を制御する 実験機器を用いる 比較分類する 測定する 数値を用いる 記録する
<ul style="list-style-type: none"> 科学的なコミュニケーションに関連したスキル 伝達する 適切な用語・表現を用いる 表・グラフ・モデルを用いる 論理的に説明する 操作的に定義する 評価する 報告された内容の優れた点と不十分な点を指摘する 結果と考察の論理性や結論の適切性を吟味する 実験方法の改善や新たな課題を提起する

～の categoria の下に～に示した科学的な問題解決スキルがあり、それらの基本的なスキルの獲得において必要となるスキルをその下に配置している。基本的なス

スキルとその下に位置づけたスキルは1対1の対応ではなく、例えば「比較分類する」スキルは6つの基本的なスキルに関係させている。また、問題解決の活動を吟味した結果、前述したプロセス・スキルには含まれていない「情報を利用する」「数学的に検証する」「記録する」「五感を用いる」「機器を用いる」を新たに加えた。また、「伝達する」「評価する」の2つの基本スキルについては、スキルの内容を詳細に説明した。

(6)「測定する」スキルと理科カリキュラム
「測定する」スキルに注目したカリキュラム・マップを図5に提示する。

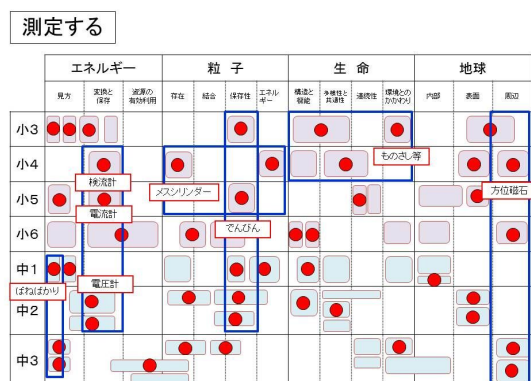


図5 「測定」スキルと小・中学校の理科カリキュラム

「測定する」というスキルは、測定器具を正確に利用できるだけでなく、「何のために」「何を」「どのように」測定するのかを理解することも必要になる。また、「測定する」ことで数値等のデータが得られ、表2の「表やグラフを作成する」「数学的に検証する」スキルを含む「データを分析する/解釈する」へと発展する。

「温度を測定する」操作に注目すると、a)条件(状況)の違いの影響を温度で比べる、b)条件制御のために温度を測定する、c)現象が起きるときの変化として温度を調べる、d)温度の経時変化を調べる、e)温度変化を表やグラフに表す、という要素が含まれている。例えば、小学4年の水の沸騰と中学1年のエタノールの沸騰では、同じような温度測定が行われる。したがって、温度計の設置や温度の読み取り等の操作的スキル、測定の間隔等の条件を調整するスキル、グラフの作成と解釈のスキルがどのように向上するのが望ましいのかを具体化しなければならない。「測定する」スキルは、「比較・分類する」「条件制御する」「数学的に検証する」などのスキルとの関連が強く、各学年の活動ごとにスキル間の関連性を示す図を作成すると、スキルの体系的な学びに結び付くと考えられる。

(7)今後の課題

本研究で示したカリキュラム・マップは、学習内容の間の関連性の一例を示すものであり、ネットワークを示す線のつなぎ方や広が

り方は限定されることはないため、学習内容や教材から関連づけるための観点を導き出すことで、多様なカリキュラム・マップが作られるであろう。鍵教材の定義として「科学的な思考を導く教材」を掲げたが、学習内容のリンクが、帰納・演繹のデータや根拠になったり、科学的な思考力の向上につながったりすることに寄与しているかという観点で、鍵教材とカリキュラム・マップを検討する必要がある。このような検討は、カリキュラム・デザインや教材配列の評価に発展する。また、本研究で提案した科学的な問題解決スキルは継続して修正を繰り返す必要がある。そして、鍵教材・スキルの観点からこれからの理科カリキュラムのフレームワークやシーケンスを提案し、それらを学習構想における文脈の設定に反映させるための方策を検討することが、今後の課題である。

<引用文献>

長谷川直紀ほか(2013)小・中学校の理科教科書に記載されている観察・実験等の類型化とその探究的特徴 - プロセス・スキルズを精選・統合して開発した「探究の技能」に基づいて - , 理科教育学研究, Vol.54, No.2, pp.225-247 .

R.Rezba et al. (2006) Science Process Skills 5th ed., Kendall/Hunt, pp.4-6 .

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計6件)

渡邊重義, 科学的な問題解決スキルを視点にした小・中学校理科カリキュラムの分析, 日本科学教育学会研究会研究報告, 査読無, 31(2), 2016, 53-56 .

http://www.jsse.jp/~kenkyu/201631/02/20163102_53-56.pdf

渡邊重義, 鍵教材を用いた小・中学校理科カリキュラムの構造化, 熊本大学教育学部紀要, 査読無, 65, 2016, 265-272 .

<https://reposit.lib.kumamoto-u.ac.jp/handle/2298/35928>

渡邊重義, 鍵教材「光」「温度」を視点とした小学校理科カリキュラムの分析, 日本科学教育学会年会論文集, 査読無, 40, 2016, 383-384 .

<http://www.jsse.jp/jsse/modules/note4/index.php?id=3>

渡邊重義, 鍵教材とプロセス・スキルによる小・中学校理科カリキュラムの構造化, 日本科学教育学会研究会研究報告, 査読無, 30(2), 2015, 67-70 .

http://www.jsse.jp/~kenkyu/201530/02/20153002_67-70.pdf

渡邊重義, 井手上光博, 山本容子, 地域の画像のマッピングによる学習事項の

構造化,熊本大学教育学部紀要,査読無, 64, 2015, 349-356.
<http://reposit.lib.kumamoto-u.ac.jp/handle/2298/34021>
黒川麻惟, 渡邊重義, 光の性質を実感するための小学校理科教材の研究 - 「光」を鍵にした理科カリキュラムの検討 -, 日本科学教育学会研究会研究報告, 査読無, 29 (1), 2014, 7-12.
http://www.jsse.jp/~kenkyu/201429/20142901_7-12.pdf

〔学会発表〕(計9件)

渡邊重義, 科学的な問題解決スキルを視点にした小・中学校理科カリキュラムの分析, 平成27年度日本科学教育学会第2回研究会, 2016年12月3日, 長崎大学教育学部.

渡邊重義, 鍵教材「光」「温度」を視点とした小学校理科カリキュラムの分析, 日本科学教育学会第40回年会, 2016年8月21日, 大分ホルトホール.

渡邊重義, 育の現代化を支える学習活動の多様化, 日本生物教育学会第100回全国大会, 2016年1月11日, 東京理科大学.

渡邊重義, 鍵教材とプロセス・スキルによる小・中学校理科カリキュラムの構造化, 平成27年度日本科学教育学会第2回研究会, 2015年11月14日, 佐賀大学文化教育学部.

金松, 渡邊重義, 探究スキルに注目した韓日小学校理科教科書の比較研究, 日本理科教育学会第65回全国大会, 2015年8月2日, 京都教育大学.

渡邊重義, 鍵教材とプロセス・スキルによる小学校理科カリキュラムの構造化, 日本理科教育学会第65回全国大会, 2015年8月2日, 京都教育大学.

渡邊重義, 生物教育内容を構造化する視点と方法 - 教科書における学習の文脈 -, 日本生物教育学会第98回全国大会, 2015年1月10日, 愛媛大学.

黒川麻惟, 渡邊重義, 光の性質を実感するための小学校理科教材の研究 - 「光」を鍵にした理科カリキュラムの検討 -, 平成26年度日本科学教育学会第1回研究会, 2014年11月8日, 福岡教育大学.

渡邊重義, 井手上光博, 山本裕子, 地域の画像のマッピングによる学習事項の構造化, 日本理科教育学会第64回全国大会, 2014年8月24日, 愛媛大学.

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況(計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

理科のカリキュラム・マップ

<http://www2.educ.kumamoto-u.ac.jp/~shige/CurriculumMap01.html>

科学的な問題解決スキル(試案)

<http://www2.educ.kumamoto-u.ac.jp/~shige/SPSS1.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

渡邊 重義 (WATANABE Shigeyoshi)

熊本大学・教育学部・准教授

研究者番号: 00230962

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号:

(4) 研究協力者

()