

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 30 日現在

機関番号：11302

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26282029

研究課題名(和文) 小学校から始めるエネルギーに関する技術的素養の芽生えを育む学習指導法の開発

研究課題名(英文) Development of teaching instruction method to nurture technical seedlings related to energy starting from elementary school

研究代表者

水谷 好成 (Mizutani, Yoshinari)

宮城教育大学・教育学部・教授

研究者番号：40183959

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,900,000円

研究成果の概要(和文)：小学校で実施できるエネルギー利用教育として、ものづくり学習を扱い易い理科と図画工作に加えて、社会科(生活科)を組み合わせた教科横断的な学習が提案できる。授業での扱いやすさの点から、LED光源を使った教材の利用が有効である。センサ技術、昇圧回路技術、光電池発電に関する技術要素を組み込むことで生活と関連する実用性の高い工作が提案できる。さらに、インテリア性をものづくり要素に組み込むことで、創りたくなる工作を提案することができる。エネルギー利用学習の発展としてロボットを用いた総合的な学習として提案した学習は、小学校におけるプログラミング学習とも連動させることができる。

研究成果の概要(英文)：As an energy use education which can be carried out at elementary school, it is possible to propose cross-cutting learning that combines social studies (life study) in addition to science and drawing work which is easy to handle manufacturing manufacturing learning. From the viewpoint of ease of handling in class, it is effective to use teaching materials using LED light sources. By incorporating sensor technologies, boost circuit technology and photovoltaic power generation technology elements, it is possible to propose highly practical work related to daily life. Furthermore, by incorporating the interior nature into the work elements, we are able to propose a work that we wanted to create. Learning proposed as robotic integrated learning as development of energy use learning can be linked with programming learning at elementary school.

研究分野：電子工学

キーワード：ものづくり エネルギー変換 小学校 技術的要素 教科横断型学習 制御 プログラミング ロボット

## 1. 研究開始当初の背景

(1)「世界最先端 IT 国家創造宣言」でも示されているように、IT の利活用の裾野拡大を推進するための基盤の強化としての人材育成が重要である。人材育成では、白紙の状態の小学生からの早期教育の開始が重要であり、小・中学校でのプログラミングなどの IT 教育も注目されている。新しいものづくりにつながる体験的な学習経験が必要である。しかし、小学校に技術科がないため、「技術的素養の育成」は中学校の技術科において初めて扱われる。そのため、我々の生活は科学技術を活用した様々な便利な機器の使い方を教えるだけでなく、それらの機器を開発するための技術の重要性に関する意識を早期の段階から高めるための工夫が必要である。小学校の理科で「ものづくり教育」は扱われているが、原理の理解のためのものづくりであり、科学技術を活用する工作の扱いは少ない。一方、図画工作では、造形遊びとしての「創造性」は扱われているが、「科学技術の活用」という観点からの創造的な工作はあまりされてはいない。科学立国としての日本を支えてきた産業につながる「ものづくり教育」をするためには、理科や図画工作で扱われている「ものづくり教育」に、社会・生活に関連させた科学技術を活用する工作の視点を加えた新しい教育が必要であると考えられる。

(2) 図画工作において、のこぎりや金槌(玄翁)のような工具を用いた工作があるが、小学校には技術・家庭科(技術分野)がないこともあり、適切な指導ができない/指導方法の誤りも気がつかない教諭が少なくないのが現状である。理科で扱われる光電池、LED も詳しい動作原理を理解できずに、定番の単純なキット教材の組み立てで終わるような授業をしていることも多い。特に新しく導入されたコンデンサ(大容量コンデンサ)は、充電電池との違いもわからないままで指導がされていることが多く、学習内容の難しさに気がついてはいないケースすらある。理科専科の教諭が指導する学校も増えているが、理科を担当しない教諭の授業力不足が解消されないままになり、その状況に関する問題意識も低い。「ものづくり」を指導する教員の指導力を向上させる学習メニューが必要である。電気は理科の中で「エネルギーを使ったものづくり」と関係が深い。小学校3 学年から6 学年の学年進行に沿って、電気回路(豆電球の回路)から電気の活用まで少しずつ学習要素を増やすように設計されているが、担当教員における学習内容の相互の関連性の理解不足によって、他学年の学習内容と関連させた指導があまりされていない。市販のものづくりに関するキット教材では工夫の余地が少ないために、相互の関連性を意識した総合的な工作まで扱うことは難しい。学年進行に応じた総合的な教材が開発されれば、子供達の学習意欲をさらに高められると

期待できる。

(3) ロボット学習は中学校の技術で扱われる総合的な学習素材であり、小学校でも導入される事例が増えている。算数(数学)と理科の関係、生活の背景となる社会との関わり、構想をまとめて発表する国語と関わる要素が含まれている。様々な教科とのつながりを意識させ、学習目的を明確化することでそれぞれの教科の学習へのモチベーションを高めることも期待できる。ロボットの学習要素もエネルギー変換の学習としてとらえることができ、小学校の授業の中で生かせる要素は多い。小学校において中学校の内容をそのまま使うことは適切ではないが、小学校での学習内容と関連させ、小学生の知識レベルを考慮した学習方法を実現するための教材を使って、教諭の指導力を向上させる方法が提案されれば、授業の可能性は広がると考えられる。指導する教諭自身に、ものづくり工作の楽しさや重要性を経験的に理解することができる教材の開発は児童に楽しみをもたらしながら進める新しい教育の可能性として期待されている。

## 2. 研究の目的

(1) 小学校の学年進行に応じて活用できるエネルギー関連教材の開発を目指す。学年を1・2 年(低学年)、3・4 年(中学年)、5・6 年(高学年)に分けて、それぞれの学習内容、理解レベル・巧緻性を考慮した教材を開発する。さらに、開発した教材を用いて、学年進行に応じたエネルギー学習カリキュラムを開発する。確保できる授業時間、指導教員のスキルに応じて、短時間で実施できる学習カリキュラムと十分な時間をかけて実施するための学習カリキュラムを開発し、活用しやすくする方法を提案する。

(2) エネルギー活用を意識したものづくり教育を早期に開始するために、小学校において「ものづくり」を扱っている、理科・図画工作に注目し、理科における「原理の理解を補助するためのものづくり」と、図画工作における「造形遊びとしてもものづくり」の違いを理解した上で融合させる学習方法の構築を目指す。さらに、中学校の技術・家庭科(技術分野)のものづくりにつながる「ものづくり教育」への継続としての技術分野のガイダンス教育の提案を目指す。工作する・工夫する楽しさを知っているだけでなく、ものづくり(工作)が、「科学技術が生活を豊かにする」という科学技術の活用と関連していることを意識させるような、技術的な素養を身につけるための授業の可能性を提案する。早期段階の学習の導入は、子供達の学習に対するモチベーションを高める効果があると期待できる。

(3) 科学技術(理科)に苦手意識を持った教員を対象にした、スキルアップ学習メニューを提案する。小学校の理科に新しく導入された学習要素である LED やコンデンサの

学習経験が無いか少ない教員にとってわかりやすい教材開発をするために、小学生でもわかりやすい教材を開発し、教師のスキルアップにも有用な学習メニューも提案する。教師が教材を理解することで、ものづくり学習の楽しさをより伝えやすくなると期待できる。

(4) 総合的な学習要素を持ったロボット関連技術とエネルギー教材の関連づけを検討する。中学校のロボコンの実践によってロボット学習の有用性が示されているが、授業時間数の制限により十分な学習時間が確保しにくい。小学校の授業でロボット関連学習は本当に実践できるのか?。この質問に対する答えは意外と難しい。一般の小学校の教師には、「理科が苦手、特に電気はきらい、まして、ロボットなどを扱えることはできない」と思っている教員は少なくないのが実情である。これに対して、ロボット技術をエネルギー利用技術の観点から見直すことによって、新しい学習カリキュラムの可能性を検討していく。

### 3. 研究の方法

中学校と小学校の類似性と相違に留意して、小学校においてエネルギー関連教育として扱える新しい教材、および、それらを使った学習カリキュラムの開発を行う。教材の開発においては、(1)ものづくりの楽しさを経験、(2)ものづくりにおける創造性の必要性(活用)に留意する。中学校の技術・家庭科の「エネルギー変換」に関する教材・カリキュラムの研究実績をベースとして、小学校の理科・図画工作の中にある「ものづくり教育」の要素に、社会的な背景(社会・生活)から活用する目的を意識させる。創造・工夫する力の育成を加えることで、「技術的な素養の芽生え」を目指した学習の指導方法を構築していく。学習カリキュラムにおいては、学年進行に応じて、活用する教材を系統的に組み込んでいくようにする。さらに、開発した試作教材と学習カリキュラムの授業実践における検証を行う。また、指導する教員のスキルを向上させるための課題の整理と学習メニューの検討を行う。教材の活用としては、通常授業から科学クラブや公的施設における工作教室での活用も視野に入れる。教材・学習カリキュラムの改良を行うとともに、授業実践を通して、開発した教材・学習カリキュラムを普及させるための方法について提案する。

### 4. 研究成果

小学校において扱われている「ものづくり」は、図1のように、理科における「原理の理解のためのものづくり」と図画工作における「造形遊びとしてのものづくり」が二つの柱になる。ここに、エネルギー利用の観点から、社会(生活)として「ものづくりの活用」を第3の柱として組み合わせることで、

各教科を総合的にとらえた学習が提案できる。社会(生活)における学習を組み込むことで、目的を持った工作を意識させることができる。全体として創造・工夫する力の育成を目指すことで、技術的素養の芽生えの育成していく。ものづくり(工作)が、「科学技術が生活を豊かにする」という科学技術の活用との関連意識させることで、中学校段階におけるエネルギー変換に関する学習へ発展させていく。小学校で扱いやすい学習内容の提案は、中学校段階のガイダンス学習とも関連づけることができる。中学校における教材研究・指導方法の知見を小学校段階での学習に活かすことで、小学校と中学校の学習を連動させることができる。

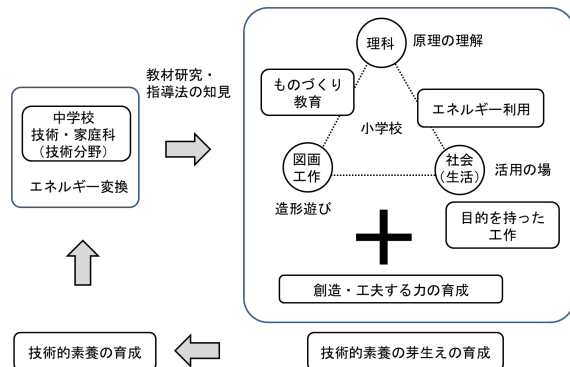


図1 技術的素養の育成に対する小学校と中学校の学習におけるものづくりの位置づけ

小学校で扱っているエネルギー関連の学習は、主として理科で扱われる電気の学習としてとらえることができる。電気を使ったものづくりを学年進行として整理してみると、図2のように考えることができる。1・2年生段階では、理科の学習は始まってはいないが、使うだけではあればLEDを使った工作も可能である。3・4年生で、光電池・LED・モータ・磁石などの学習が行われることで工作の幅が広がってくる。5・6年生になると、電気を作って貯めるという学習でコンデンサが扱われるようになる。電熱線の学習も行われ、ものづくり工作としては総合的な段階になってくる。社会におけるエネルギー利用と組み合わせたものづくりとして扱うことができる。

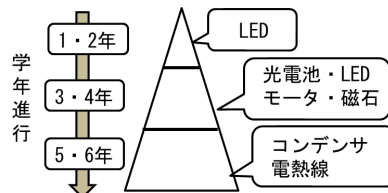


図2 学年進行に応じた電気関連学習の展開

ものづくり学習を行いやすい理科と図画工作を融合させた学習の可能性、小学校段階の学習から中学校段階の学習へとどのように発展させていくかについて検討して教材開発を行った。「なぜ、このような学習をす

るのか」、「ものづくりや技術に関する学習が実生活とどのように関係するのか」ということを意識させ、学習に対するモチベーションを高める工夫を組み込むことを検討した。

ものづくり工作の授業導入のしやすさからみれば、理科よりも図画工作の方が扱いやすい。図3は「灯り」を題材とした学習のつながりを示したものである。LED・光電池・コンデンサなどの学習要素が関連している。センサ技術は小学校段階の学習では扱われてはいないが、身近に使われている技術であるために理解はしやすく、電気を流す/流さないという観点からスイッチの延長として考えれば導入は可能であると考えている。美術的な造形要素に、科学的・技術的思考を組み合わせることができる。「どのような照明（灯り）を作りたい?」という発問から、色々な工作を考えさせる学習の展開が提案できる。1)光電池とコイン型電池を組み合わせた、振動感知型の起き上がりこぼしライト、2)乾電池1個で点灯する夜間活動用のLEDキャップ、3)インテリアランタンなどの教材を提案することができた。

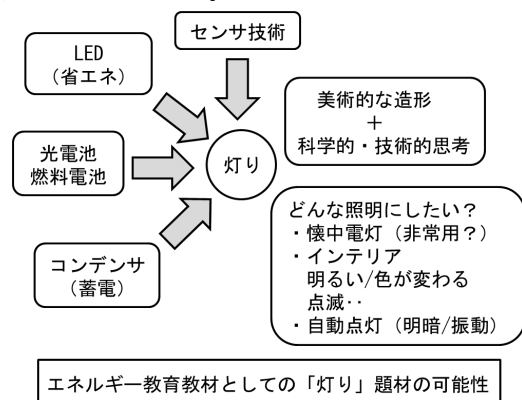


図3 「灯り」を題材にした学習のつながり

センサ技術の活用として開発した振動感知型のランタンは、防災教育とも関連でき、熊本地震のような社会的な背景と組み合わせた授業作りができる。日常でも利用でき、非常時（停電時）にも利用できるように教材の例として示すことができる。授業の扱いやすさはLED光源を使った教材の利用が有効である。学習に役立つとともに使いたくなる作品にするために、インテリア性を付加したLEDランタンも提案した。昇圧回路によって単三乾電池1本で点灯し、エネルギーを使い切るという実用性に、色々な部品を組み合わせ創る工作という提案ができた。

また、エネルギーを作って使うという学習では、実生活と関連づけやすい再生可能エネルギーである光電池を使った学習は重要である。従来は直流電気としての光電池の活用だけが扱われているが、「太陽光（直流）発電 蓄電（交流）電気利用」というエネルギー変換の学習を提案した。小学校段階ではこれらの全ての要素を詳しくは教えず、インバータや交流電気を概念的に扱い、実生活と

の関連する学習として意識させるのであれば、小学校段階でも導入の可能性はあると考えている。

モータを使った工作としては「クランクを使った動くおもちゃ」に注目した。クランク機構は中学校の技術科で扱われるが、そのしくみを小学校段階ではうまく説明されていなかった。小学生でも製作できる工作を提案し、モータの回転をプーリーで減速して接続する理科と融合した題材が提案できた。さらに、スイッチによるON/OFF制御できるようにすれば、コンピュータ制御の学習に展開できることを示すことができた。中学校用として開発した「充電モータ機能付きの自走型コンデンサ自動車」への展開も提案できる。

小学校から中学校につながるロボットを題材としたテーマとしては、Raspberry Pi、Arduino (Studuino) のようなプログラムとエネルギー利用を組み合わせ教材の検討を進めた。RaspberryPiについては、無線LANサーバー機能を持たせて基本プログラムを用意する方法で、模型の家を構築・制御するという学習を中学校の導入的な学習として利用できる可能性を示すことができた。Studuino/Studuino miniは小学生でもプログラミングが可能であり、図画工作的な要素を組み込むことで、創造性の育成を組み込んだ学習へと展開できる可能性が示すことができた。ロボット系の学習教材には、これら以外にもレゴマインドストームNXTをはじめとして多くの教材が出ている。対象者に応じて学習レベルを調整していくことで様々な学習方法が提案できる。

ロボット関連学習は、小学校で必修化されるプログラム学習から関連させることが重要になる。小学校における導入学習では「プログラムとは何か」という概念的な学習から始め、PC内で命令通りにキャラクターが動く（反応する）という学習に進めていく学習方法が展開しやすい。次に続く段階として、PC（ソフトウェアの世界）から外部（ハードウェアの世界）を制御する学習としてロボット学習を位置づける。ロボットのリアルな世界では様々な要素が加わるため、必ずしもプログラム通りに動作しない場合があることを意識した学習が有用であり、問題（課題）解決能力の学習に有用な学習方法になると考えられる。

## 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38件)

鳥村健二、水谷好成、Studuino mini を活用した制御学習方法の検討、宮城教育大学技術科研究報告、査読無、Vol.19、pp.32-33、2017

早坂裕太郎、水谷好成、光電池を使った

交流出力電源教材の検討、宮城教育大学技術科研究報告、査読無、Vol.19、pp.34-35、2017

阿部大世、水谷好成、インテリア性を付加した昇圧型 LED ランタン教材の検討、宮城教育大学技術科研究報告、査読無、Vol.19、pp.38-39、2017

山崎貞登、山本利一、田口浩継、安藤明伸、大谷忠、大森康正、磯部征尊、上野朝大、小・中・高校を一貫した技術・情報教育の教科化に向けた構成内容と学習到達水準表の提案、上越教育大学研究紀要、査読無、Vol.36、pp.581-598、2017

佐藤卓也、水谷好成、クランクに注目した動くおもちゃを題材にした融合教材の提案、宮城教育大学技術科研究報告、査読無、Vol.18、pp.32-33、2016

内田有亮、田口浩継、システム思考を導入した計測・制御学習カリキュラムの改善について、技術教育の研究、査読無、Vol.21、pp.17-24、2016

橋渡憲明、村松浩幸、田中いずみ、芦田肇、堀内直人、中学校技術科における風力発電タービンコンテスト用ワークシートを活用した授業実践と評価、技術科教育の研究、査読無、Vol.21、pp.55-60、2016

内田有亮、田口浩継、システム思考を導入した計測・制御学習カリキュラムの改善について、技術科教育の研究、査読無、Vol.21、pp.17-24、2016

藤野由太、水谷好成、Raspberry Pi を用いた模型の家の電子回路制御、宮城教育大学技術科研究報告、査読無、Vol.17、pp.36-37、2015

渡邊和之、水谷好成、コイン電池と光電池を組み合わせた LED ランタン教材の検討、宮城教育大学技術科研究報告、査読無、Vol.17、pp.38-39、2015

阿部大世、水谷好成、コンデンサ自動車教材のための充電モニタ回路の開発、宮城教育大学技術科研究報告、査読無、Vol.17、pp.40-41、2015

内田有亮、西本彰文、田口浩継、技術を

評価・活用する場面でのシステム思考導入用教材の開発について、日本産業技術教育学会九州支部論文集、査読有、Vol.22、pp.57-62、2014

内田有亮、西本彰文、田口浩継、計測制御学習におけるシステム思考導入による評価・活用能力の育成、日本産業技術教育学会九州支部論文集、査読有、Vol.22、pp.69-76、2014

〔学会発表〕(計72件)

水谷好成、杵淵信、渡壁誠、山本利一、村松浩幸、西正明、川崎直哉、紅林秀治、松岡守、関根文太郎、田口浩継、図画工作に含まれているロボット関連要素に注目したものづくり学習の可能性、日本産業技術教育学会第59回全国大会、京都教育大学(京都府京都市)、2016年8月27日~28日

水谷好成、三宮拓哉、鳥村健二、制御性を低下させる要素に注目したロボット制御学習方法の検討、日本産業技術教育学会第59回全国大会、京都教育大学(京都府京都市)、2016年8月27日~28日

阿部大世、水谷好成、振動感知機能付きLEDランタン教材の検討、日本産業技術教育学会第59回全国大会、京都教育大学(京都府京都市)、2016年8月27日~28日

橋渡憲明、村松浩幸、芦田肇、矢代祐介、中学校技術科における電力システムの学習教材の開発、日本産業技術教育学会第59回全国大会、京都教育大学(京都府京都市)、2016年8月27日~28日

安田貢、西正明、生活に役立つ作品を創る「計測と制御」学習教材の開発と授業実践、日本産業技術教育学会第59回全国大会、京都教育大学(京都府京都市)、2016年8月27日~28日

山本利一、難波孝史、山崎貞登、田口浩継、安藤明伸、大谷忠、磯部征尊、小・中を一貫した技術・情報教育の実態と課題、日本産業技術教育学会第59回全国大会、京都教育大学(京都府京都市)、2016年8月27日~28日

水谷好成、早坂裕太郎、光電池を使った実用的な非常電源教材の検討、日本産業技術教育学会第34回東北支部大会、岩手大学(岩手県盛岡市)、2016年11月27

日

水谷好成、鳥村健二、Studuino を使った  
コンピュータ制御の導入学習に関する検  
討、日本産業技術教育学会第 34 回東北支  
部大会、岩手大学(岩手県盛岡市)、2016  
年 11 月 27 日

水谷好成、佐藤卓也、動くおもちゃに注  
目した図画工作・理科の融合教材の検討、  
第 33 回日本産業技術教育学会東北支部  
大会、弘前大学(青森県弘前市)、2015  
年 12 月 6 日

水谷好成、渡邊和之、光電池を使った起  
き上がりこぼしライトの教材化検討、日  
本産業技術教育学会第 57 回全国大会、愛  
媛大学(愛媛県松山市)、2015 年 8 月 22  
日~8 月 23 日

水谷好成、杵淵信、渡壁誠、山本利一、  
村松浩幸、西正明、川崎直哉、紅林秀治、  
松岡守、関根文太郎、田口浩継、針谷安  
男、渡邊辰郎、図画工作に注目した科学  
技術を活用したものづくり教育の検討、  
日本産業技術教育学会第 58 回全国大会、  
愛媛大学(愛媛県松山市)、2015 年 8 月  
22 日~8 月 23 日

水谷好成、杵淵信、渡壁誠、針谷安男、  
山本利一、渡邊辰郎、村松浩幸、西正明、  
川崎直哉、紅林秀治、松岡守、関根文太  
郎、田口浩継、小学校段階において技術  
的素養の芽生えを育成するためのエネル  
ギー関連学習に関する検討、日本産業技  
術教育学会第 57 回全国大会、熊本大学  
(熊本県熊本市)、2014 年 8 月 23 日~8  
月 24 日

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

水谷 好成 (MIZUTANI Yoshinari)  
宮城教育大学・教育学部・教授  
研究者番号：40183959

### (2)研究分担者

渡壁 誠 (WATAKABE Makoto)  
北海道教育大学・教育学部・教授  
研究者番号：70182946

杵淵 信 (KINEFUCHI Makoto)  
北海道教育大学・教育学部・教授  
研究者番号：30261366

川崎 直哉 (KAWASAKI Naoya)  
上越教育大学・教育学研究科・教授  
研究者番号：40145107

村松 浩幸 (MURAMATSU Hiroyuki)  
信州大学・教育学部・教授  
研究者番号：80378281

西 正明 (NISHI Masaaki)  
信州大学・教育学部・教授  
研究者番号：50218103

山本 利一 (YAMAMOTO Toshikazu)  
静岡大学・教育学部・教授  
研究者番号：80334142

紅林 秀治 (KUREBAYASHI Shuji)  
静岡大学・教育学部・教授  
研究者番号：60402228

松岡 守 (MATSUOKA Mamoru)  
三重大学・教育学部・教授  
研究者番号：90262980

関根 文太郎 (SEKINE Fumitaro)  
京都教育大学・教育学部・教授  
研究者番号：30236096

田口 浩継 (TAGUCHI Hirosugu)  
熊本大学・教育学部・教授  
研究者番号：50274676

### (3)連携研究者

針谷 安男 (HARIGAYA Yasuo)  
宇都宮大学・教育学部・名誉教授  
研究者番号：30008932

渡邊 辰郎 (WATANABE Tatsuro)  
東京大学・工学系研究科・元学術支援専門  
職員  
研究者番号：70011179

### (4)研究協力者

川原田 康文 (KAWARADA Yasufumi)

秋山 剛志 (AKIYAMA Tsuyoshi)

阿部 大世 (ABE Taisei)

藤野 由太 (FUJINO Yuta)

渡邊 和之 (WATANABE Kazuyuki)

遠藤 菜々 (ENDO Nana)

佐藤 聖也 (SATO Seiya)

佐藤 卓也 (SATO Takuya)

三宮 拓哉 (SANNOMIYA Takuya)

武山 貴信 (TAKEYAMA Takanobu)

鳥村 健二 (TORIMURA Kenji)

早坂 裕太郎 (HAYASAKA Yutaro)

若井 慎太郎 (WAKAI Shintaro)

齋藤 楓 (SAITO Kaede)

櫻井 元羽 (SAKURAI Ganba)

田中 雄希 (TANAKA Yuki)

沼田 和也 (NUMATA Kazuya)

ほか