

令和元年6月25日現在

機関番号：17101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K01021

研究課題名(和文)次期改訂理科教科書の生命生物観察実験の再現性と科学性に資する根拠データベース構築

研究課題名(英文)Construction of evidence data base for the reproducibility and scientific appropriateness in life of next science textbook

研究代表者

西野 秀昭(Nishino, Hideaki)

福岡教育大学・教育学部・教授

研究者番号：40198487

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：学習指導要領次期改訂を見据え、小・中学校理科「生命・生物」の観察・実験・高校生物に、科学的に適切で学校での再現性があり、根拠に基づく生命・生物観察・実験・授業を提供し、かつupdateされるデータベースの構築を目指した。アンケート調査で実施困難な観察・実験や教材の実施困難度を数値化、結果が得られる%や実施困難度を示し、結果を得る為の方法を提示し、教科書の生命・生物分野での記載に科学的な問題が見いだされる観察・実験やその教材の改善方法や教材の選択・取り扱い方等を示すデータベースを構築・提案し、pdfをresearchmapにアップし、評価をアンケート調査した。結果、回答者全員から最高評価を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は新学習指導要領改訂に際し、小・中学校理科教科書・高等学校生物の教材や実験方法の科学的根拠性を高度化させると共に、観察・実験を再現性良く実施できるように教科書を改善の方向へ誘う事に繋がるものと考えられる。その結果、児童・生徒に科学的な根拠を基に主張を導く確固たる考察能力を涵養できるものと考えられる。また教科書の実施困難な教材や実験方法が減少し、観察・実験結果の再現性が得られ、結果を基に子ども達が考察をまとめる事ができるようになる。その結果、思考・判断・表現に加え、自己肯定、自己実現に繋がる成功体験を子ども達が積み上げる事となり、新しい学習指導要領が目指す所にも寄与できるものと考えられた。

研究成果の概要(英文)：Upon next textbook publication, data base was constructed for the reproducibility and scientific appropriateness in observation and experiments in life of science text books of primary and secondary schools. The data base was uploaded onto researchmap, and the effectiveness was accessed. As the results, all respondents valued high.

研究分野：理科教育

キーワード：科学教育 観察・実験 データベース 生命・生物 実施困難度 科学性 高度学校再現性 根拠

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景：2015年のノーベル物理学賞は、ニュートリノに「質量がある」事を証明した日本の研究に授与された。しかし、もし、学校で使用される教科書には以前の「常識」として「質量がない」と記載されていたら、いずれの情報が優先するのだろうか？教科書は基本ではあるが、今回のような科学の進歩は、その根拠（研究成果）と共に理科教育に常に取り入れて行かなければ、子ども達が進むこれからの社会での知見とは齟齬が生じてしまう事になることが懸念される。

さて、小学校・中学校理科「生命・生物」観察・実験には、学校での再現性に問題があるもの、また、教科書のような理想的な結果が得にくいもの、また、科学的に適切でない生物教材や実験方法が使われているもの、等の問題が指摘されている¹⁾。例えば、中学校理科「分離の法則」の観察・実験では、ピーターコーン（交雑・交配結果の孫にあたるF₂）の胚乳色が教師の間で頻用されている¹⁾。しかしピーターコーンの胚乳は三倍体であり、分離の法則に従った染色体の均等な分配によるものではなく、従って学術的には二倍体を対象とした分離の法則を導くには適していない。しかし、黄色と白の胚乳色の種子数比がほぼ3:1になるため、ネット上にも盛んに紹介され、根拠をもって科学的に適切かどうかは判断されないまま授業で使われている¹⁾。また小学校の、植物の水の通り道を観察する色水吸収実験では、現実には掘り取った際に切れた根の傷口から色素が染み込んでいる²⁾。その現象は一見、根からの色素「吸収」に見えるが、根が切れない丁寧な実験では色素の吸収は見出せず、茎や葉、道管を染めることができない事が示されている²⁾。また、小学校・中学校の両者で実施される唾液によるデンプン消化実験では、消化の指標としているヨウ素デンプン反応の呈色は、デンプンが消化されなくても唾液の熱安定性成分によって速やかに消失している³⁾。他にも、ヨウ素デンプン反応の呈色は教科書では「青紫色」と限定されているが、実際にはデンプンの構造の違いや加えたヨウ素液の量によって藍・青から紫・赤や赤茶など幅広い暗色系の呈色をする事、肺呼吸モデル装置のしくみが医学書の横隔膜の動きとは逆になっている事(小学校・中学校)、アサガオを使った「花粉のはたらき(小学校)」やタマネギ根端を使った「細胞分裂像観察(中学校)」のように、学校では実施困難な生物教材や実験方法が教科書で使われ続けている事等、現行の学習指導要領の下で著された教科書の生命・生物の観察・実験には見過ごせない問題が少なくとも複数見出される。

最大の問題と考えられるのは、そのような事態を受けて本研究代表者が研究を行い、結果が得にくい教科書の教材や実験方法の代わりに、観察・実験の結果を得やすく手に入れ易い生物教材やその利用方法を無償提供するシステムを構築したが、「教科書に無い」から授業で使えない、特に中学校では高校入試がある為、教科書に無い教材は使えないとする教師アンケート結果もある事である¹⁾。このような諸問題の対策として、教師が信頼を寄せる教科書自体の観察・実験の教材や実験方法を、科学的かつ再現性良く結果が得られ易いという観点及び update 性から見直す事ができるシステムが必要である、と考えた。

- 1)西野秀昭, 小学校・中学校理科授業構成への大学による生物教材支援基盤の確立とその有効性の検証 ~ 困難な生物教材に関するアンケート調査~, 科教研報, 28(2), 105-108, 2013
- 2)山田真子・渡邊重義・日詰雅博, 小学校理科における植物の水の通り道を調べる実験に関する研究, 生物教育, 54(2), 84-93, 2014
- 3)西野秀昭・瀬戸口真司, ヨウ素デンプン反応を消失させる唾液中の熱安定性活性を意識した中学校理科「生命を維持するはたらき」におけるデンプン消化実験の提案, 科学教育研究, 36(2), 241-247, 2012

2. 研究の目的：次期学習指導要領改訂を見据え、小学校・中学校理科教科書に、科学的に適切で学校で再現性があり根拠を保證された生命・生物の観察・実験が記載され update される事に資するデータベースを構築する。理由:小学校・中学校理科の生命・生物の観察・実験には、教師や児童・生徒には再現困難、結果が出なくても教科書通りに実施せざるを得ない、科学的に問題がある教材や実験方法の使用、等の問題がある。その背景には、生命・生物の観察・実験が学校での再現可能性を検討されているか「明確でない」事と共に、科学的問題が指摘されている生物教材や観察・実験の情報が update されない為、「知らない」状態がある。更にネット上の科学的根拠が乏しい教材や実験が安易に利用されている一方、入試を意識し教科書の教材や観察・実験しか使えない、とする現状もある。

3. 研究の方法：初年度は、小学校・中学校理科教科書に掲載の生命・生物の教材及び観察・実験方法を、科学的適切性と「高度学校再現性」に関して段階評価すると共に改善を行う。「高度学校再現性」とは、本研究での必要性から創った造語で、理科教科書の観察・実験等が小学校教師や中学校理科教師、児童・生徒が再現できるような、教科書通りの結果が得られるレベルの難易度であることを示す。そのことで望ましい観察・実験結果が出て、望ましい結論や考察が可能になるとする。「高度学校再現性」が極めて低い(実施困難度の測定結果が 1 か、それに近い)の観察・実験には、小学校6年生理科「(アサガオでの)受粉のやくわり」や中学校理科「細胞分裂の観察」などがある。観察・実験の「高度学校再現性」を評価するため、学生実験や教員研修等を活用して、例えば教員採用試験の過去問の難易度表示のように実施困難度を5段階のバーで示して評価とする。次年度：初年度の研究成果を継続しながら、小学校・中学校理科観察・実

験の科学的再現性&根拠データベース「iSAID (アイセッド)」を構築し、教科書作成関係者へ無償提供し、その内容へのアンケート調査を行う。完成年度：次年度で調査したアンケート調査結果を踏まえて再検討・改善を進め、ステップアップした「iSAID plus」としての完成を目指す。「新世代研究基盤リサーチマップ(researchmap)」の「マイポータル」に本研究成果のHPを設け、関係者等へ、教科書作成への貢献可能性に関してアンケート調査する。次期学習指導要領改訂の視点「新しい時代に必要となる資質・能力の育成」に沿って児童・生徒の成長の実質化に貢献できる研究として確立する。

: informative and Scientific Availability & Intellectual evidences of biological materials & the experimental protocols for science class Database の略。日本語では、「理科教科書生命・生物教材の適正化&観察・実験方法の高度学校再現性と根拠データベース。名称が長いことから、「iSAID (アイセッド)」, 即ち「言ったとおりでしょ!」の意味、と略す。

4. 研究成果：小学校・中学校理科「生命・生物」観察・実験には、教科書のような理想的な結果が得難く、授業のまとめができない「再現性」の問題や、科学的に適切でない生物教材や実験が使われる「科学性」の問題が指摘されていた。また高等学校生物教育でも、事実の暗記が中心になっている事の問題が指摘されていた。学校では実施困難度「 」な生物教材や実験が教科書で採用され続けている事等、現行の教科書の観察・実験には見過ごせない問題が少なくとも複数見出されていた。このような諸問題の対策として、学校の教師が信頼を寄せる教科書それ自体の観察・実験の生物教材や方法を、科学的であり、かつ再現性が良く、結果が得られ易いという観点、及び update 性から見直す事ができるシステムが必要と考え、新たな学習指導要領改訂を受けて、小学校・中学校理科「生命・生物」の観察・実験・高校生物に、科学的に適切で、学校での再現性があり、根拠に基づいた生命・生物の観察・実験・授業を提供し、かつ update されるデータベース“iSAID”を構築し、researchmapの本研究代表者のページの資料公開へアップした(図1, 図2)。生命・生物分野の教員研修等でのアンケート調査で、実施が困難とされた観察・実験やその教材を中心に実施困難度を、学生実験や員研修等での実施を踏まえて数値化し、結果が得られる「%」や実施困難度「無限大()」等で示しながら観察・実験の結果を得る為の方法を提示するとともに、教科書の生命・生物分野での記載に科学的な問題が見いだされる観察・実験やその教材の改善方法や教材の選択・取り扱い方等を示すデータベースとして構築・提案した。その際に、アイコンを活用して分かりやすい内容を心掛けた(図1, 図2)。アンケート調査等で実施困難度が高いとされた小学校・中学校での観察・実験を実際に実施してその困難度を明確にするとともに、教材を含め改善方法を整理し、高校生物の授業方法の改善も提案した。平成30年度生物教育学会全国大会で冊子化したもの及び電子ファイルでの閲覧に供して、その評価をアンケート調査した(図3)。良いと思う・少し良いと思う・どちらとも言えない・あまり良いとは思わない・良いとは思わない、から一つを選んでもらい、赤いシールをポスター発表の当該スライドに貼ってもらった。調査に応じてくれた学会員5名全員、最高の「良いと思う」の評価であった。そのうち1名からは本研究者と同じ問題認識の理由記述、「教科書に載っている実験には再現性に乏しいものがある」がなされていた(図3)。データベースiSAIDは今後も update していく予定である。

理科教科書生命・生物教材の適正化&観察・実験方法の高度学校再現性
根拠の明確化のためのデータベース
iSAID v1
(アイセッド「言ったとおりでしょ!」)
小学校 理科「生命」の観察・実験

※下記の観察・実験などは、「新版 たのしい理科3年・4年・5年・6年(有馬他, 2015)」を参照

理科教科書の観察・実験などが、「科学性」や「再現性」に問題はないか？
問題があれば、どうすれば改善できるか、研究成果に基づいた提案を、根拠資料とともに整理しています。
順次、資料公開に研究成果のデータをアップして行きます。

理科教科書に記載されている観察・実験などに、「科学性」に関する問題が見いだされた。《科学性?》と記して、資料公開にて根拠資料をもつて問題を指摘しました。
「再現性」に問題が見いだされる場合は、《再現性?》と記して、実施困難・難教材として、教員研修でのアンケート調査で指摘されている観察・実験などや教材がどれくらい実施困難なのか、難教材なのか、その程度を学生実験などで「実施困難度」として定量化し、問題集の問題別の難易度にならって資料公開に根拠資料をもつて示しました。すなわち、「実施困難度」は棒グラフや%で具体的に示しました。例えば、10名(または10班)が観察・実験などを実施して、望ましい結論や考察に結びつく結果が得られた人数(または班の数)が10名(10班)であれば「実施困難度」0%、5名(5班)であれば「実施困難度」50%(棒グラフでは全体の半分)、ゼロ名(ゼロ班)であれば「実施困難度」無限大%としました。
さらにこれらの「科学性」や「再現性」の問題の改善のための対応策を、根拠資料とともに提案し、理科教科書の観察・実験などの「高度学校再現性」に資することを目指しました。

《本データベースの利用方法》
①お困りの観察・実験などの項目を探す。
例：ツルレイシの発芽は、4年生の「季節と生き物(春)かんさつ2 春の植物のようすと気温を調べる。」を見る。
②《科学性?》や《再現性?》が、 とともに表示されていた、 の枠内の《概要》を参照する。必要に応じて、本研究者の「資料公開」のページを開く。資料公開の例示として、「ヨウ素液を使ってだ液のはたらきを調べる(小6)」が「資料公開」に示されている。《再現性?》の場合は、実施困難度も表示されている。
③「資料公開」の情報などを閲覧・ダウンロードするのに、パスワードが必要な場合がある。その場合はメールを、hideakin-atmark-fukuoka-edu.ac.jpへ送る(→atmarkは@に変更して使う)。メールの件名は「RMパスワード取得希望」とし、本文に「名前(よみかた)・勤務先学校名」と「〒・住所」を記入して送信する(この個人情報、パスワード送付以外には使用しません)。
④料書でパスワードが属するので、パスワードを入力してデータを開いて利用する。

6年生
植物の成長と日光の関わり
実験 葉に日光があたるとでんぷんができるか調べる。《科学性?》《再現性?》
《概要》 晴れなくても、曇りや雨でも、葉にでんぷんは、たまります。
ただ、葉にでんぷんがたまるとは、午後4時頃です。
午後4時頃、葉を集めて、一枚ずつお茶パックに入れ、熱いお湯が入ったポットなどに直ぐ入れて、でんぷんを分解する酵素を失活させて下さい。葉のでんぷんを分解する酵素は、失活させないと、冷蔵でも冷凍でもはたいて、でんぷんを分解して糖にしてしまいます。
お茶パックに入れた葉は、水で洗って、密閉できる容器に入れて冷蔵庫で保管します。
「たき染め」で、でんぷんを観察することをお奨めします。
葉にでんぷんがある状態で葉をヨウ素液に浸してヨウ素デンプン反応をみても青むらさき色にはならずとも達は困惑します。
葉に緑色が残っている状態では緑+青むらさき=黒っぽい色(色の重なり合わせ)。
(根拠資料は「資料公開」にて公開準備中)

体のつくりとはたらき
実験1 吸う空気とはいた空気のちがいを調べる。《科学性?》《再現性?》
実験2 ヨウ素液を使ってだ液のはたらきを調べる。《科学性?》《再現性?》
《概要》 だ液中には、熱に不安定な、ヨウ素デンプン反応を阻害する成分が含まれているので、デンプンの消化をヨウ素デンプン反応で見る場合は、反応の消失がデンプンの消化とは別の要因による可能性がある事に注意。
(根拠資料は「資料公開」にて公開準備中)

実験1 ほうせんかを土から取り取った段階で根が切れていて、切れた断面から水が入りこんでいる。本来の根からの水の吸収とは違う事に注意。
白花ほうせんかを選別し、根を傷つけない鉢植え状態でほうせんかの水の通り道を色水で染める方法があります(西野, 2018)。
(根拠資料は「資料公開」にて公開準備中)

実験2 葉から水が出ているか調べる。
観察 葉の表面を調べる。
生物どうしの関わり
実験 植物が出し入れする気体を調べる。
生物と地球環境

図1 データベース iSAID の小学校版表紙(上)及び内容の例(下)

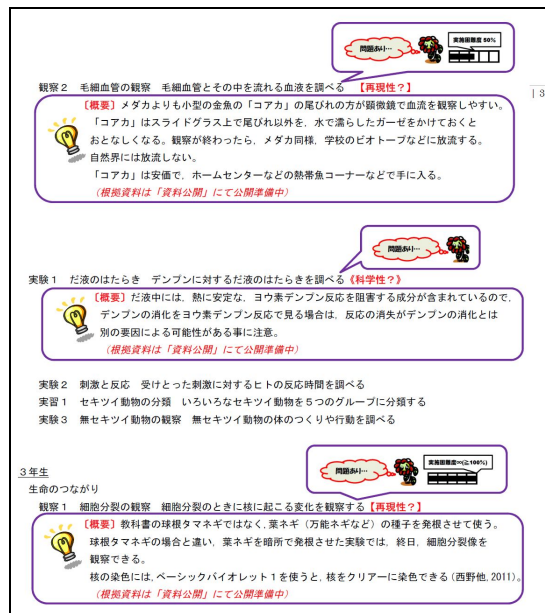
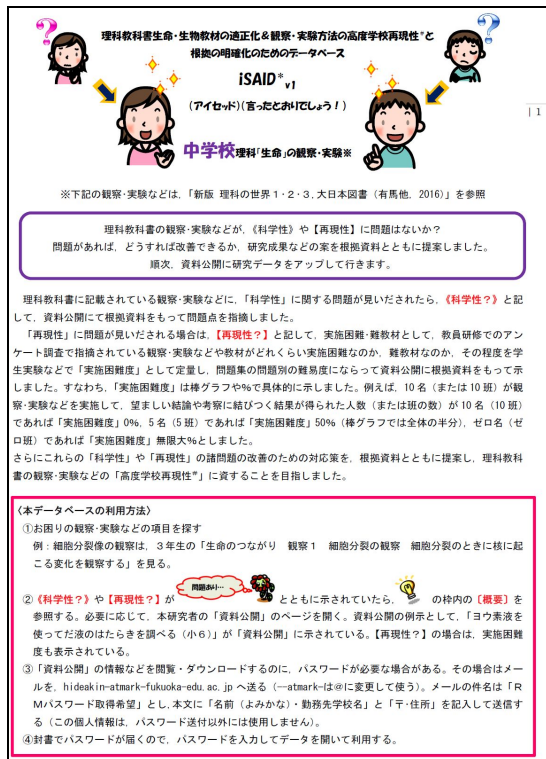


図2 データベース iSAID の中学校版表紙(左)及び内容例(右)

上記以外は researchmap の本研究者のページを参照。

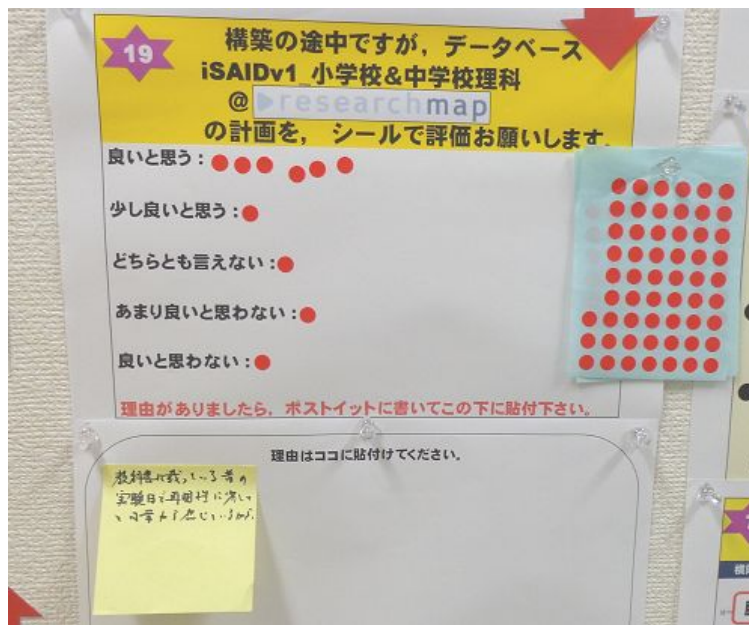


図3 データベース iSAID への評価の実際

日本生物教育学会第103回全国大会(愛知教育大学,平成31年1月12日13日)への参会者による評価を得た。各選択肢の最初の赤シールは凡例で本研究代表者貼ったもの。シールを貼った5名全員が「良いと思う」であった。うち1名から「教科書に載っている実験ほど再現性に乏しいから」との理由がポスト・イットに記入して付されている。準備した小学校版及び中学校版「iSAID」のハンド・アウト各20部はすべて無くなった。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 5 件)

西野秀昭, 小学校4年生理科「季節と生き物(春~夏)」でのツルレイシ発芽条件の改善, 福岡教育大学紀要, 第68号 第6分冊, 1-7, 平成31(2019)年3月(査読有)

西野秀昭, 小学校 6 年生理科「だ液のはたらき」においてヨウ素デンプン反応を用いず手応えと状態変化の観察のみによるデンプン消化実験の提案と評価, 福岡教育大学紀要, 第 68 号 第 6 分冊, 1 - 6, 平成 31 (2019) 年 3 月 (査読有)

西野秀昭, 廣島望, 小学校 4 年生理科「人の体のつくりと運動」における筋収縮のしくみを反映した新しい学習教材「Hand-made (手まで) モデル」の提案と効果の検証, 福岡教育大学紀要, 第 67 号 第 6 分冊, 1 - 4, 平成 30 (2018) 年 3 (査読有)

西野秀昭, 小学校 6 年生理科「植物の養分と水の通り道」における植物教材の課題とその改善に関する研究 - 根を傷つけずにホウセンカの水の通り道を染色する方法の検討 -, 福岡教育大学紀要, 第 67 号 第 6 分冊, 1 - 4, 平成 30 (2018) 年 3 月 (査読有)

西野秀昭, ダーウィン『種の起源』に基づく生物進化授業づくりを通じた教員養成系大学の新入生教育, 福岡教育大学紀要, 第 66 号 第 6 分冊, 1 - 4, 平成 29 (2017) 年 2 月 (査読有)

〔学会発表〕(計 6 件)

西野秀昭, 次期改訂理科教科書の生命生物観察実験の再現性と科学性に資する根拠データベース構築, 日本生物教育学会第 103 回全国大会, 平成 31 (2019) 年 1 月 12 日 13 日, 日本生物教育学会

西野秀昭, 次期改定理科教科書の生命・生物観察・実験の再現性と科学性に資する根拠データベースの構築 ~ 「科学性」に関する観察・実験の改善及びその使用薬品の安全性評価について~, 平成 29 年度 (第 2 回) 日本理科教育学会九州支部大会 平成 30 (2018) 年 5 月 26 日

西野秀昭, 高等学校生物の新しい授業の在り方に関する基礎的研究 ~ カリキュラム・マネジメント要素を加えた科学者の研究過程を辿る型への転換の試みとその効果~, 平成 29 年度第 2 回日本科学教育学会研究会 (九州沖縄支部開催) 平成 29 (2017) 年 11 月 18 日 日本科学教育学会九州沖縄支部会

西野秀昭, 小学校理科「植物の養分と水の通り道」における植物教材の課題とその改善に関する研究 ~ 根を傷つけずにホウセンカの水の通り道を染色する方法の検討~, 日本理科教育学会第 67 回全国大会, 平成 29 (2017) 年 8 月 6 日, 日本理科教育学会

西野秀昭, 廣島望, 小学校 4 年生理科「人の体のつくりと運動」における筋収縮のしくみを反映した新しい学習教材「Hand-made (手まで) モデル」の提案と効果の検証, 日本生物教育学会第 101 回全国大会, 平成 29 (2017) 年 1 月 8 日, 日本生物教育学会

西野秀昭, 次期改訂理科教科書の生命・生物観察・実験の再現性と科学性に資する根拠データベースの構築 ~ アサガオ花粉のはたらき観察・実験の「実施困難度」測定~, 平成 28 年度第 2 回日本科学教育学会研究会 (九州・沖縄支部開催), 平成 28 (2016) 年 12 月 3 日, 日本科学教育学会九州沖縄支部

〔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:
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：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等：researchmapで「西野秀昭」で検索し、「資料公開」をクリックすると、研究成果のデータベース「iSAID_plus」等を見ることができる。

6. 研究組織

(1)研究分担者 無し

研究分担者氏名：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号（8桁）：

(2)研究協力者 無し

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。