

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 12 日現在

機関番号：33906

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2023

課題番号：18K02944

研究課題名（和文）学校を拠点とした災害時の水リテラシー教育の立案と実践

研究課題名（英文）Planning and practicing school-based water literacy education in the event of a disaster

研究代表者

野崎 健太郎（NOZAKI, Kentaro）

椋山女学園大学・教育学部・准教授

研究者番号：90350967

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,300,000円

研究成果の概要（和文）：地域の公立学校は、災害時には避難所として使われる。その際にもっとも懸念される課題は、支援物資が届くまでに飲料水や生活水を確保することである。日本で発生した近年の大地震では、避難所の水不足を解決するために身近な河川水が利用されている。本研究では東海地方の都市部の湧水や河川水の水質からその利用可能性を明らかにし、それらの研究結果を用いて学校教育や市民教育の教材作成を行い、小学校理科、大学の環境関連科目、市民講座で教育実践を行った。都市部の湧水や河川水は人間活動の影響を強く受けているが、利用可能性は高く、その情報を一般に伝えていくことは、重要な防災および減災教育につながることに明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

日本は台風や地震に代表される自然災害に遭遇する機会が多い国土である。したがって防災や減災に関する教育や普及啓発が重要となる。自然災害の二次被害は避難所生活において主に生じ、特に支援物資が届くまでの間の水の確保が大きな課題となる。本研究は、特に水不足が想定される都市部において、身近な湧水や河川水の水質形成過程の研究結果から、災害時における利用可能性を明らかにしている。続いて、それらの結果をもとに作成した教材を用いて、小学校の理科、大学の環境関連科目、そして市民講座で教育実践を行い、教育や普及啓発活動の効果を調べていることに学術的な独創性、そして社会的意義がある。

研究成果の概要（英文）：Local public schools are used as evacuation shelters in the event of a natural disaster. The important issue in such cases is securing drinking water and water for daily life before relief supplies arrive. In recent major earthquakes in Japan, nearby river water has been used to solve the water shortages at evacuation shelters. In this study, we clarified the usability of spring water and river water in urban areas of the Tokai region based on their water quality, and used these research results to create teaching materials for school education and civic education, and put them into practice in elementary school science classes, university environmental courses, and civic lectures. Although spring water and river water in urban areas are strongly affected by human activity, it is highly usable, and it became clear that communicating this information to the general public will lead to important disaster prevention and mitigation education.

研究分野：科学教育学

キーワード：自然災害 避難所生活 給水 自然水 湧水 河川 利用可能性 教育実践

## 1. 研究開始当初の背景

公立学校は、原則として災害時の避難所に指定されており、実際に避難所として運営された場合には、情報と物資が集約される生活の場となる。特に学校数の多い小学校は、防災上の拠点として、非常時の準備を充実させておく必要がある。本研究は、この問題意識に基づき、生命および衛生的環境の維持に欠かせない「水」に焦点を当て、災害時の水資源確保に有用な情報とは何か、そして学校にそれを集約していく過程とはどのようなものかを問うことが出発点である。これらは、災害時における地域(市民)の水リテラシー(water literacy)を確立するための科学教育の研究対象となる。

ここで言う災害時の水リテラシーとは、以下の内容として説明できる。人の生命維持には、1日3リットルの飲料水、衛生的環境の維持には20~30リットル程度の用水が必要である(沖 2016, 水の未来, 岩波新書)。日本では、平常時には、これら全てを上水で賄っているが、水道というライフラインが被害を受ける災害時には(川崎・長橋 1998, 日本建築学会構造系論文集 503号)、水パニックを避けるために飲料水と用水を分けて使用していく必要がある。さらに飲料水についても個々人の状況に応じて優先度を設定し、全員一律に配給する仕組みを見直すことが求められるだろう。例えば、ペットボトル入りの飲料水は、特に健康管理に配慮しなくてはならない乳幼児や病人、高齢者に優先的に支給し、健康な人は、地下水や湧水等、危険度が少ない自然水を簡易消毒(谷口・中島 2013, 地下水学会誌 55 巻 1号)、あるいは簡易なる過装置と煮沸を組み合わせた河川水の利用(八十川ほか 2015, 日本建築学会技術報告集 21 巻 47号)で飲料水を確保する方策が考えられる。

しかしながら、現在の日本社会では過度とも思える衛生意識の高まりから、水道水ですら、そのまま飲用する人は少なくなり、ペットボトル水が普通に販売・飲用される状況である(野崎 2012a, 陸の水 54 巻)。したがって、災害という非常時にあっても自然水を利用するには抵抗感が強く、水リテラシーを基盤にした水資源確保の実施は困難であると考えられる。その一方で、近年、データサイエンス(data science)、エビデンス(evidence)といった言葉が日常に定着しつつあり、十分な資料と統計解析を伴った根拠が示されれば、これまでは回避されていた事象が受容される素地も整ってきた。本研究では、学校という学術的かつ公的な場に、根拠ある地域の水資源情報を集約し、災害時に水リテラシーが機能することを目指す。加えて、学校・教師・児童・生徒による災害時の水リテラシー教育を通じて、保護者・地域の水リテラシーを高める手法について検討する。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、災害時の水不足による水パニックの発生を抑制するために、地域の水リテラシーを高める仕組みと手法を実践的に開発することである。この実現のために、地域の自然水の利用可能性をまとめた教材の開発、薬品、ろ過装置および煮沸を組み合わせた自然水の簡易消毒法の検討、水リテラシー教育の立案と実践、を本研究の3本柱として設定する

本研究の学術的独自性と創造性は、申請者の研究者養成課程における専門分野である陸水学(limnology)と、現在の勤務先である教育学部における専門分野である科学教育(science education)を、学校という学術的な土台を持つ防災拠点の上で、減災教育学(education for disaster mitigation)として融合させる試みにある。

本研究の3本柱 ~ の中で、 ~ については、学校等の公的な施設には、地域における自然災害の危険度を示すハザードマップの整備は進んでいるが、本研究で作成する教材については類似の取り組みは報告されていない。 ~ については、砂ろ過、膜ろ過と活性炭・塩素剤を組み合わせた簡易消毒法が考案され、それらをまとめた防災器具もいくつか発売されている。しかし、それらの効果を比較した事例は発表されていない。したがって、 ~ の全てに独自性と創造性があると確信している。

## 3. 研究の方法

### 3.1. 調査地

本研究は、名古屋市で行う。名古屋市は人口230万人の政令指定都市で、想定される東海および東南海地震の際には、大都市ならではの大きな被害が予想され、減災に対する関心が高い地域である。教育実践の場としては、申請者の勤務先の附属小学校、系列の中・高等学校、さらに勤務先と連携している名古屋市の公立学校の協力が得られ、名古屋大学減災連携研究センターとの協力関係も構築されている。加えて、平成27~29年度に受けている科学研究費補助金(基盤研究C, 15K00993)で市内の湧水、地下水、河川水の水質調査を行っており、教材づくりの基礎情報の一部を得ている。

### 3.2. 研究方法

教材の作成: 名古屋市内の河川、溜池、地下水については、公的機関による定期的な水質検査が行われ、その結果はデータベースとして公開されている。その一方で、湧水や小河川の源頭部は、良好な水質が予測されるが、調査事例に乏しく、基礎情報が十分ではない。そこで本研究では、主要な湧水と小河川の源頭部で水質の季節変化を測定する。水質測定と並行して、流量や取水場所についても調査を行う。データベースと実測値を用いて、教材を作成する。

実測する水質項目は、水温、電気伝導度、pH、濁度・色度、溶存酸素、溶存無機態窒素・リン、珪酸、化学的酸素要求量(COD)、生物化学的酸素要求量(BOD)、大腸菌数とする。

自然水の簡易消毒法の開発: 河川および溜池の水は、プラスチック製の衣装箱を用いた砂ろ過装置と煮沸を組み合わせた手法での消毒法を確立する。良好な水質が予測される地下水、湧水、小河川源頭部の水は、塩素剤の投入による消毒法を試みる。消毒後の自然水は、濁度、色度、COD、BOD、大腸菌数を測定し安全度を測定する。その結果によって、飲料水か用水かを判定する。

実験に用いる水試料は、勤務地に近い、東山公園の金明水(湧水)、平和公園の小河川(源頭部)、山崎川(都市河川)、山崎川の水源である猫が洞池(溜池)から採取する。

水リテラシー教育の立案と実践: 上記、で得られた結果を用いて、水リテラシー教育を立案し、椋山女学園大学附属小学校、椋山女学園大学教育学部の環境関連科目、市民講座において教育実践を行う。椋山女学園大学附属小学校 5 年生の「理科(単元: 流水の働き)」、椋山女学園大学教育学部の「ケースメソッド A」で授業を行う。さらに、愛知県自然環境課が事務局を務める「東部丘陵生態系ネットワーク協議会」が主催する「あいち自然再生カレッジ」の市民向け講座を利用し、水リテラシーの普及を図る。

#### 4. 研究成果

##### 4.1. 平成 30 年度(2018 年度)

名古屋市千種区星ヶ丘小学校区と豊田市梅坪小学校区を調査対象にして、災害時の環境水利用可能性について検討した。まず、国土交通省水質・水文データベースおよび愛知県公共用水水質調査のデータベースを利用し、調査対象周辺の環境水の水質について 10~20 年分の測定値をとりまとめた。星ヶ丘小学校区の周辺には公共機関が測定を行っている河川が無く、ため池が主要な環境水であった。梅坪小学校区は、矢作川とその支流である籠川が流れ十分な環境水が存在していた。BOD 値、COD 値、硝酸態窒素濃度、大腸菌群数からは、環境基準の C~D 段階であり、実際の利用には工夫が必要であることがわかった。

続いて、両小学校および千種区役所、名古屋市水道局、豊田市役所に聞き取りを行い、想定される避難者数、水の備蓄状況、災害時の水供給の計画案を明らかにした。水の備蓄量は、乏しく、実際には市民が自身で備蓄することを前提にしていた。災害時には、給水車を派遣する計画であったが、地震発生時の道路状況の予測が不十分であり、計画倒れとなる可能性が示唆された。これら聞き取り情報からは、災害時、特に東海地方で懸念される大地震発生時には避難所において確実に水が不足し、それが 10 日~2 週間という長期間に及ぶことが考えられた。これらの情報を市民に伝え水リテラシーの向上を図ることが求められる。

梅坪小学校区の利用可能な環境水となる矢作川は、多くのダムが設置されており、それが水質に影響を与えていることが推測されていた。特にダムによって生じた止水域で植物プランクトンが増殖し、それが流下している可能性が考えられた。調査の結果、毎年 3 月~5 月にかけて、浮遊珪藻 *Asterionella formosa*、*Fragilaria crotonensis* が大量に流下し、河川水の濁度を上昇させていることが明らかになった。

##### 4.2. 平成 31 年度~令和元年度(2019 年度)

豊田市立梅坪小学校区で災害時に利用可能と思われる自然水は、矢作川支流の籠川と矢作川本流である。本研究では採水時の安全を考慮して、籠川の利用を第一候補とし、比較対象として矢作川を用いた。2019 年 1 月から 2020 年 3 月まで 17 回の調査を行った。水量は平時で 1~2 トン/秒であり十分であった。水質の基礎情報は、pH 7、電気伝導度 12~15 mS/m であり、水道水源となる矢作川に比べて、やや溶存物質が多い傾向にあったが、健康上の大きな問題点は観察されなかった。毒物に関しては測定していないが、魚類や水生昆虫が豊かな河川であり、事故も報告されていないことから問題は無いと判断した。大腸菌は 100~600 cfu/mL で検出され、河川水をそのまま利用することはできないことが明らかになった。これらの情報は小学校校長および地域自治区の区長に伝達した。地域を対象とした報告会を計画していたが、新型コロナウイルス感染拡大により断念した。

名古屋市星ヶ丘小学校の水源としては、ため池である新池と平和公園里山の森を流れる小川を候補とした。いずれも水質的には、そのまま利用することは困難であった。そこで、簡易のろ過装置を自作し、浄化を試みた。当初は筒状の浄水器を用いたが、ろ過速度が遅く実用に耐えなかった。そこで、原水をタオルでろ過し、そのろ過水を粉末状の活性炭とともにボトルに入れて振ったところ清澄な水が得られ、大腸菌の密度も 0~5 cfu/mL まで低下した。COD 濃度もほぼゼロとなり、この手法の有用性が確認できた。大腸菌は、50 でほぼ死滅することが明らかになった。災害時は、火を長時間用いることが困難であり、加えて沸騰まで熱することは燃料の確保から難しい。本実験の結果、沸騰の半分程度の低温で死滅することが明らかになり、避難所の安全確保上、重要な知見が得られた。

##### 4.3. 令和 2 年度(2020 年度)

2020 年度は COVID-19 感染拡大防止政策によって、当初、実施予定であった学校現場、地域自治組織への研究成果の還元活動ができなくなった。そこで、災害時の緊急応急水源となる湧水の水質に関する研究成果を論文にまとめることに専念した。名古屋市に近接する日進市は、都市部の職場に通勤する方のベッドタウンになっているため、新規の定住者が増加している地域である。自分の家庭生活や育児を自然環境と親しみながら行いたいと考える若い家族が多く、自然環境の保全や再生、自然災害への防災意識が高い。そこで身近な湧水の環境特性と災害時の水源となる可能性を示すために論文を執筆した。日進市の基盤地質は大部分が河川堆積物の砂礫層であるが、一部に、中生代の堆積岩が花崗岩の変成作用を受けた変成岩として存在している。湧水は、これら両方の基盤から湧出してい

るが、これまでに行われた研究は砂礫層が主であり、変成岩体からの湧水の水質を調べた研究は皆無であった。加えて砂礫層からの湧水に関する研究は、いずれも断片的であり、地域を代表する陸水環境でありながら、その水質形成過程は明らかにされていなかった。本研究では、同じ雨水を水源としながらも、砂礫層と変成岩体では湧水の水質が異なることを見出し、その仕組みを地下水の滞留時間と酸緩衝機能によって説明した。具体的には、浸透速度が速く、溶脱が顕著な砂礫層では湧水の水質が酸性で溶存物質が少ないが、浸透の速度が緩やかで風化されていない部分を多く持つ変成岩体では湧水の水質が中性となり、酸緩衝機能によって溶存無機イオン濃度が高くなることがわかった。

#### 4.4. 令和3年度(2021年度)

名古屋市千種区の近接する3つの湧水と雨水を対象にして、2015年から2017年にかけて調査した水質の季節変化を記載し、それらに及ぼす人間活動の影響を調べた。続いて、この調査結果を教材として用いて、小学校理科の教育実践を行った。湧水の起源となる雨水の水質は、pH 4.4~5.3、電気伝導度 2mS/m、溶存無機態窒素濃度(DIN) 470ugN/Lであった。湧水の水質は、人間活動の影響が無い金明水では、pH 5.1~5.5、電気伝導度 2mS/m、DIN 13ugN/Lであったが、都市部の本山ではpH 5.8~6.5、電気伝導度 10mS/m、DIN 2000ugN/L、椋山小学校では6.3~9.5、24mS/m、5000ugN/Lとなり、都市中心部に近い湧水ほど、水質は弱酸性から中性および弱アルカリ性へと変化し、電気伝導度と溶存無機態窒素濃度が高い値を示した。したがって、都市部の人間活動は、湧水の水質を大きく変えていることが明らかになった。

教育実践は、小学校第5学年理科の河川の授業で行った。授業の主題は、「身近にある川のはじまり - 椋山小学校から川のはじまり」とし、ねらいは、「1 川は斜面から湧出する湧水からはじまり」、「2 湧水の水質には人間活動が大きな影響を及ぼす」の2点を設定した。授業には、地理院地図の3D機能を用いた地形解析と、本格的な手法による亜硝酸態窒素濃度の比色分析を組み込んだ。この教育実践で、生徒の印象に残った内容は、1位が亜硝酸態窒素濃度の分析、2位が湧水は川のはじまりであった。これらの生徒の評価は、授業のねらい1と2に関係することから、湧水は理科教材として有用である可能性が示唆された。教材の質を高める今後の研究課題としては、都市部の湧水で高い濃度を示す溶存無機態窒素の起源解明、教育効果の測定、教科教育への位置付け、災害教育における教材化の4点を挙げた。

#### 4.5. 令和4年度(2022年度)

2022年度もCOVID-19の感染拡大防止のため、学校現場における実践研究の遂行が制限されていた。そこで、これまでの成果を発表するために刷り上がり30頁となる大きな論文を作成し、日本湿地学会の学術雑誌「湿地研究」に発表した。さらに、この論文で確立した教育手法を用いて、体験型の市民講座を実践し、その成果を論文にまとめ投稿した。ここでは、2022年に発表した論文の内容を紹介する。都市部では、災害時に飲料水、生活水の確保が特に困難である。それを回避する1つの方法として、都市部に存在する湧水の仕組みや性質を理解し、非常時にはそれが水資源に成り得ることを市民に認識させることが重要である。本研究を行った愛知県名古屋市は、北部に丘陵部を抱え、起伏に富んだ地形を持つ。かつて谷津の源頭部であった場所も、その大部分が都市化されているが、現在でも湧水として維持されていることも多い。そこで、そのような湧水の1つである小学校のピオトープを用いて、水質の特性を調べ教材化し、第5学年理科の単元「流水の働き」において授業実践を行った。

名古屋市を含む愛知県は、湧水や地下水の研究が乏しく、その水質の特徴や形成過程は不明であった。例えば、湧水のpHは4~5程度の酸性を示すことが多いが、その理由については解析されていなかった。本研究の結果、名古屋市の湧水は、砂礫層から湧出し、強い風化を受けている砂礫層では、イオン交換による酸緩衝作用が機能せず、雨水の低いpHがそのまま浸透し湧出していることがわかった。それとともに湧水には溶存無機態窒素が大量に含まれていることがわかり、人間活動の影響が大きく作用していることがわかった。教育実践では、ピオトープの湧水の水質が地層と人間活動に影響されていることを理解させるために、やや本格的な水質分析を組み込み、児童の満足度を大いに高めた。児童たちは身近な湧水の価値を認識した。

#### 4.6. 令和5年度(2023年度)

2023年度は、本研究課題の成果を用いて、都市部の河川を対象とした体験型の市民講座を3回実施した。この講座は、筆者が幹事を、そして愛知県自然環境課が事務局を務める「東部丘陵生態系ネットワーク協議会」が主催する「あいち自然再生カレッジ(年4回)」に位置付け、3つの自治体と連携して開催した。第1回目は、7月29日に春日井市との共催で、同市高蔵寺付近の庄内川(土岐川)を対象とした。事前調査から得た河川横断面の流速、地形、水質の不均質性と生物の分布との関係について講義し、地域の自然愛護団体の方との協働で簡便な水質分析と水生生物に触れる実践を行った。第2回目は、9月2日にみよし市との共催で、境川を対象とした。この講座では、河川水質と細菌数が、上流から下流に向かい人間活動の影響を強く受けることを主題とした。事前調査では境川の源流から河口域まで8地点で観測を行い、その流れ変化を河川の自浄作用と絡めて講義を行った。第3回目は、9

月 23 日に名古屋市生物多様性センターとの共催で、植田川を対象とした。この講座では、有機物分解者としての細菌の流程変化に着目し、大腸菌群数が人間活動の影響によって劇的に増加する一方で、下水処理場からの処理水の合流により希釈され、増減を繰り返すことを示した。いずれの講座においても、まとめとして、近い未来に発生が想定されている「東南海地震」「南海トラフ地震」の際には、都市部の河川を緊急的な水源として利用できること、利用の際に注意すべき点を強調した。以上 3 回の講座には毎回 30 名程度の市民が参加された。特に子どもと保護者の参加が目立ち、次世代市民教育としての意義も感じた。本研究課題では、自己水源が脆弱な都市部において、身近な湧水や河川水を緊急時の水源として利用可能であることを、自らの観測から作成した教材を用いて、小学校および市民講座において知らしめることができた。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 11件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 11件）

1. 著者名 野崎健太郎・松本嘉孝	4. 巻 12
2. 論文標題 都市部の近接した湧水における水質と人間活動との関係：小学校理科教材としての可能性	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 湿地研究	6. 最初と最後の頁 43-72
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.24785/wetlandresearch.WR012003	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 野崎健太郎	4. 巻 26
2. 論文標題 籠川下流域と矢作川中流域における一般細菌数および大腸菌群数の季節変化	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 矢作川研究	6. 最初と最後の頁 47-52
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 野崎 健太郎, 渡邊 明香里, 松本 嘉孝	4. 巻 11
2. 論文標題 尾張丘陵南部の変成岩体における湧水の湧出量, 水温および水質の季節変化 愛知県日進市の岩崎御岳山における事例研究	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 湿地研究	6. 最初と最後の頁 59-73
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.24785/wetlandresearch.WR011007	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 野崎健太郎	4. 巻 24
2. 論文標題 河川におけるダムの有無と石面付着物の強熱減量との関係 - 矢作川, 豊川, 宇連川での事例研究 -	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 矢作川研究	6. 最初と最後の頁 23-34
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 野崎健太郎・白金晶子	4. 巻 23
2. 論文標題 矢作川中流における浮遊珪藻 <i>Asterionella formosa</i> Hassallと <i>Fragilaria crotonensis</i> Kittonの細胞数の季節変動	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 矢作川研究	6. 最初と最後の頁 13-27
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 野崎健太郎・森和久	4. 巻 14
2. 論文標題 名古屋市の市街地における学校ビオトープの湧水を用いた 体験型市民講座の実践	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 湿地研究	6. 最初と最後の頁 61-68
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3件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 野崎健太郎
2. 発表標題 都市部の学校ビオトープに設置された人工湧水湿地の水質変動 - 科学教材としての利用可能性 -
3. 学会等名 日本湿地学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 野崎健太郎
2. 発表標題 近接する湧水における水質の違いと人間活動との関係 名古屋市千種区での事例研究
3. 学会等名 日本陸水学会東海支部会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 野崎健太郎
2. 発表標題 近接する湧水における水質の違いと人間活動との関係 - 名古屋市千種区での事例研究 -
3. 学会等名 日本湿地学会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 日本陸水学会東海支部会	4. 発行年 2022年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 168
3. 書名 身近な水の環境科学 第2版	

1. 著者名 井上 幹生、中村 太士（編）	4. 発行年 2019年
2. 出版社 講談社	5. 総ページ数 448
3. 書名 河川生態系の調査・分析方法	

〔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

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------