

令和元年9月12日現在

機関番号：82405

研究種目：基盤研究(B) (海外学術調査)

研究期間：2015～2018

課題番号：15H05126

研究課題名(和文) 持続的水環境保全に向けた中国山西省における生物による水質調査と環境教育への適用

研究課題名(英文) Application of biological water quality research and environmental education for sustainable water environment conservation in Shanxi, China

研究代表者

田中 仁志 (TANAKA, HITOSHI)

埼玉県環境科学国際センター・水環境担当・担当部長

研究者番号：40415378

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、中国山西省の持続的な水環境保全に寄与することを目的として、河川水質の指標生物を選定し、それらを小学校における環境教育への適用を図った。山西省の主要な河川(沁河、桑干河及び汾河)において水生生物を調査した結果、日本の指標生物と同一種又は代替可と考えられる種は、生物学的水質階級：4種、同II：3種、同III：4種、同IV：1種をそれぞれ提案できた。これらの指標生物と河川環境の保全について、楽しく学ぶことができるよう工夫した教材(カードゲーム)を開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

河川環境保全についての理解と関心を深めるために、川の水の汚れの程度を総合的に判定可能な「生物学的水質判定」は日本の小学校等の環境学習に取り入れられている。本研究では、降水量が少なく河川の水質汚濁対策や生態系保全が急務である山西省の河川の水質判定が可能な指標生物を提案すると共に、指標生物と河川環境の保全を学ぶことができる環境学習教材(カードゲーム)を開発した。さらに、山西省太原市の小学校において、環境学習は児童の環境意識の向上に効果が期待できることを実証した。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this work was to select water quality indicator organisms for the rivers in Shanxi province, China, and to study their application for environmental education. Overall, 29 such organisms were selected from Japanese biological water quality classes I to IV. Aquatic organisms inhabiting the Sin he River, the Sang gan he River and the Fen he River, the major rivers of Shanxi province, were investigated. Based on the findings, we propose four species in water class I, three in II, four in III, and one in IV that are considered equivalent to the indicator organisms in Japan. Based on the results of these surveys, we developed a Shanxi Provincial Version of a teaching material (card game) which can be used to learn about water quality indicators and causes of river pollution.

研究分野：環境生物学

キーワード：環境学習 中国山西省 河川環境保全 指標生物 生物学的水質階級 カードゲーム 教材開発 小学校

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

1. 研究開始当初の背景

中国では、近年の急速な経済発展に伴う水利用の増大により、産業や生活由来の排水による水質汚濁や河川生態系の荒廃が深刻化している。特に降雨量の少ない黄河流域では顕著であり、早急な対策が求められている。今日の環境問題に対応するためには、日常生活や事業活動のあり方を見直し、持続可能な社会について学ぶ仕組みが必要である(これからの環境教育・環境学習、中央環境審議会、1999)。日本では、「環境基本法、1993」により環境教育・環境学習を行う必要性が盛り込まれた。そして「環境教育等による環境保全の取組の促進に関する法律、2003」により持続可能な社会を構築する上で、国や地方自治体は環境教育の推進に必要な施策を講ずるものとされている。埼玉県環境科学国際センターにおいても、通年環境教育プログラムを提供しており、水生生物調査に関する教室を開催している。

埼玉県と中国山西省[省都：太原市、人口：3,571万人(2011年11月)、面積：156,266km²]は1982年に姉妹省県の提携を行い、環境分野においても交流を行っている。山西省は黄土高原に位置する内陸省であり、大気汚染や河川汚濁が早急に対応すべき環境問題となっている。埼玉県は山西省の要請により、同省南部の晋城市を流れる黄河支流の沁河と丹河について、山西省環境行政の施策として重要課題に位置づけられている水質の実態把握と水質浄化、生態系修復のための対策技術のメニュー作りに関する技術協力を2013年度より3年間の計画で行っている。日本のみならず中国においても環境行政の重要課題の一つである河川水質保全のためには、河川を住民が身近に感じ、その変化を体感的に評価しやすい水生生物指標の導入と、その調査法を活用した環境教育教材の開発など教育部局との連携が重要であるとの山西省側と共通認識に至った。本研究は我が国で先行する「(指標)生物による水質調査法」と「中国版水環境教育教材の作成」及び「教材向上のための現地小学校における実験的適用」を目標として、友好関係にある中国担当部局と連携することで効率的に遂行するものである。

2. 研究の目的

本研究は、日本で普及している生物による水質調査法を、水質の悪化が深刻な中国の河川に導入するために必要な科学的知見を得る。その情報を基に「中国版生物による水質調査法」を開発し、環境教育教材として地元小学校の協力を得て実験的に利用し、専門的分類能力が無くても図版と見比べることにより、大まかな評価を可能とするレベルの実用的な完成度を向上させるものである。日本では人と近い環境である川を理解し、良くするための手段として小学生を始め、誰でも利用可能な川の生き物調査法(川の生き物を調べよう - 水生生物による水質判定 -、環境省・国土交通省編、2012)が作成されている。中国においても、生物調査は河川保護の実践を動機付ける手法として有用と考えられる。ただし日本の生物による水質調査法は河川の有機汚濁を想定したものであり、中国河川の汚濁特性を踏まえた「中国版水質調査法」を開発する必要がある。そこで、前述「川の生きものを調べよう」を参考にして、)中国山西省の河川をモデルとした「山西省版生物による水質調査法」の開発、)の水質調査法を導入した水環境教育教材を現地小学校の協力を得て作成・充実するものである。

3. 研究の方法

山西省における水生生物の河川環境指標化調査

- 河川環境調査

2015年から2018年にかけて、山西省の主要河川(沁河、汾河及び干桑河)において、原則、水深約30cm、河床は主にこぶしや頭大の石で構成される地点を選定し、計15地点を調査した(図1)。河川環境を把握するため、調査地点の水深及び流速、水温及び溶存酸素は水質計により、pH、COD(生物化学的酸素要求量)、硝酸態窒素及びアンモニア態窒素はパックテスト(株式会社 共立理化学研究所)による簡易検査を行った。児童が河川で野外学習を実施可能な候補地点選定に際して衛生面も考慮するため、衛生指標として大腸菌(3MTM ペトリフィルムTM 大腸菌測定用プレート (SECプレート))を調査した。また、BOD(生物学的酸素要求量)は河川用セット(株式会社 共立理化学研究所)を用いた調査法を検討した。

- 水生生物の生息調査

水生生物の調査は、環境省・国交省編「川の生き物を調べよう」に準拠した。同時に魚類調査も実施し、投網、モンドリ及び長柄網を併用して採取した。採集した生物は、現地で写真等に記録した。現地で種まで同定できなかった場合は、帰国後、写真を基に日本で入手可能な図鑑等を用いて同定した。

山西省における水環境保全のための環境教育教材作成及び実験的実施

- 環境教育教材の開発

山西省の河川で採取された水生生物と水質の関係を解析し、山西省の河川へ適用可能な4つ



図1 山西省調査河川図
調査地点：

の生物学的な水質階級ごとの指標生物を選定した。それらの指標生物の名前を覚え、河川環境の改善や悪化につながる行為を楽しく理解できるような環境教育教材（カードゲーム「仲間を見つけて！」）を開発した。

- 環境学習の実験的实施

太原市桃園小学校(太原市迎泽区桃园北路 90 号)の協力を得て 5 年生又は 6 年生を対象にした環境学習を計 4 回(第 1 回 2015 年 10 月 23 日、第 2 回 2016 年 10 月 17 日、第 3 回 2017 年 10 月 13-14 日、第 4 回 2018 年 11 月 22 日)視聴覚ホールにおいて実施した。第 3 回環境学習は 2 日間にわたって実施し、10 月 13 日の室内学習に加え、10 月 14 日にはスクールバスで汾河の河原(太原市)に移動し、河川現場におけるフィールドワークを行った。環境学習の前後でアンケートを実施し、環境学習の効果を評価した。

4. 研究成果

山西省における水生生物の河川環境指標化調査結果

- 河川環境調査

2015 年 5 月、沁河の調査結果では、調査最上流の地点 G1 から最下流地点 G4 までの COD は 4 ~ 18mg/L、DO は 7.4 ~ 9.0mg/L であった(図 2)。G1 と G2 の間に支流の沁水河が合流するが、合流前の地点 Q は、COD 15mg/L、DO は 8.8mg/L であった。地点 G1 から地点 G3 に流下する過程で COD が最も大きく、地点 G4 で最小値を示した。G2 地点は支流からの負荷の影響を受けていることが推察された。なお、全地点で十分な溶存酸素が測定できた。日本の生物学的な水質階級を当てはめると、地点 G3 は水質階級 ~ であるが、他の地点は水質階級 ~ に相当する結果となった(表 1)。COD と生物調査の結果はいずれも、地点 G3 の上流側に汚濁発生源の存在を示しているとともに、その下流、地点 G4 までの流下過程で水質が浄化されたことを示唆した。

水質調査において、BOD は有機汚濁の指標として重要であったが、暗所 20 で 5 日間の培養を必要とすることから、測定が困難であった。本研究では、2018 年 5 月、汾河 3 地点の河川水を用いて、河川用セットによる BOD 値を公定法の結果と比較した。BOD 値は、河川用セットが 0.8 ~ 1.2mg/L、公定法が 1.5 ~ 1.9mg/L となり、河川用セットは公定法より 0.5 ~ 0.6 倍低い値となった。この原因は培養条件や測定精度が影響した可能性がある。しかし、十分な分析装置が整っていない環境において BOD 簡易測定方法として検討すべきと考えられた。

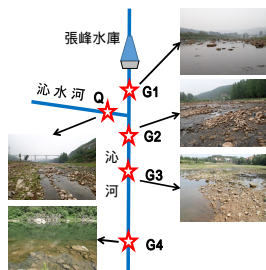


図 2 沁河(晋城市)調査地点位置図

表 1 沁河の水質と生物学的な水質階級 (2015 年 5 月調査)

地点記号	COD (mg/L)	DO (mg/L)	生物学的な水質階級
G1	7	7.4	I ~ II
G2	12	8.9	I ~ II
G3	18	8.4	II ~ III
G4	4	9.0	I ~ II
Q	15	8.8	I ~ II

- 水生生物の生息調査結果

山西省の主要河川(沁河、汾河及び干桑河)における水生生物の生息状況調査の結果、日本の水質階級ごとの指標生物と同種又は同等と提案できる種類は、次のとおりである。水質階級では 4 種[爬虫虫(ヘビトンボ)、舌石蛾属(ヤマトビケラ類)、澤蟹(サワガニ・日本と異種)、三角渦虫(ナミウズムシ)]、水質階級では 3 種[小紋石蛾(コガタシマトビケラ類)、箭蜓科(サナエトンボ科)、河蜷(マシジミ)]、水質階級では 4 種[田螺(タニシ類)、石蜷科(シマイシビル)、椎実螺(モノアラガイ)、水蠅子(タイコウチ)]、水質階級では 1 種[搖蚊属(ユスリカ類)]であった。さらに指標生物ではないものの、水質階級 ~ の比較的きれいな河川で見られる生物が 3 種[等蜉属(チラカゲロウ)、扁蜉属(タニガワカゲロウ類)、梭氏角石蛾(ヒゲナガカワトビケラ類)]を採取できた(図 3)。水質階級の指標種は、日本では 5 種[ユスリカ類、エラミミズ、チョウバエ類、サカマキガイ、アメリカザリガニ]であるのに対し、山西省の河川では 1 種[ユスリカ類]のみ提案することができた。この要因として、本研究で水生生物を調査した山西省河川の 15 地点すべてが、生物学的な水質階級では比較的きれいな水と評価される地点であったことによると考えられる。なお、アメリカザリガニは、日本では水質階級の指標生物であると共に、「我が国の生態



図 3 中国山西省河川の水質指標生物(案)

系に被害を及ぼすおそれのある外来種リスト」(環境省、2018)の緊急対策外来種に指定されている。しかし、本研究では、全調査地点においてアメリカザリガニは未確認であり、現地点では山西省の河川に侵入していない可能性がある。今後更に調査を行う際には、水質階級と判断される調査地点数を増やすことにより、山西省版水質指標生物(図3)の精度が向上すると考えられる。魚類は、ギンブナ(鯽)、モツゴ(麦穂魚)、シマモロコ(中国名不明)、タイリクバラタナゴ(高体鯿)、カワイワシ(白条魚)、ハス(馬口魚)、アムールイデ(瓦氏雅羅魚)、ツチフキ(棒花魚)、コブクロカマツカ類(中国語名不明)、コウガカマツカ(黄河鮰)、ドジョウ(泥鰌)、カラドジョウ(大鱗副泥鰌)、コウゲンドジョウ類(a,b)(高原泥鰌)、ナマズ(鯰)、ヨシノボリ(褐吻鰕虎魚)、ゴクラクハゼ(子陵吻鰕虎魚)、計17種類が採集できた。ギンブナ、モツゴ及びナマズなど日本でも馴染みのある種他、コウゲンドジョウなど湧水等を好むと考えられる、日本に生息しない魚種も確認できた。これらの種は、写真等と比べることにより小学校の児童による同定は容易であることから、それぞれの魚種の生態を理解することにより、生息環境の総合的指標として利用できると考えられる。

山西省における水環境保全のための環境教育教材作成及び実験的实施

- 環境教育教材の作成

作成したカードゲーム「仲間を見つけて!」は、1グループ4~6人で行い、1人5枚配られたカードをルールに従って捨てていき、手元のカードが無くなれば終了となる。カードは4つの水質階級の色帯と指標生物が印刷された生物カードと水質階級を変える指示が印刷されたかく乱(イベント)カードからなっている。残りのカードは1枚を表にして残りは中央にふせておき、中央のカードと同じ階級のカードを順番に出していくが、イベントカードの指示で階級が変わり、以降、変更後の階級の生物カードを出す。上級者には、水質階級を示す色帯がない、指標生物のみの生物カードを使ってゲームを行う。本研究により、山西省版と日本版のカードゲームを作成した。日本と中国では、生活様式が異なり、水質汚濁発生源が異なることが想定されたため、イベントカードの内容に配慮した。山西省版のイベントカードは、桃園小学校の児童が描いた「川が汚れる原因や川をきれいにする行動」の絵を用いた(図4)。



図4 日中の生活習慣に配慮して開発したカードゲーム「仲間を見つけて!」において川が汚れるイベントを示すかく乱カードに用いた図

左側5枚:中国山西省版かく乱カード、右側5枚:日本版かく乱カード

- 環境学習の実験的实施

2015年~2018年にかけて計4回、太原市桃園小学校5~6年生を対象にして、水の汚れについての理論的学習と水をきれいにする実験やカードゲームによる室内学習を实践した。2017年は、室内学習に加え、6年生(34名参加)を対象に太原市内を流れる汾河河川敷にスクールバスで移動し、野外学習(水深、流速、水温、透視度およびCODパケットテストの測定実習、タモ網による水生生物調査)を実施した。調査地点の大腸菌数は2017年10月に実施し300 CFU/100ml(26 CFU/100ml、2018年5月、特定酵素基質培養法で実施)であった。野外学習は、水深、流速、水温、透視度及びCOD簡易試験の測定実習及び水生生物調査を体験した(図5)。環境学習の実施にあたっては、事前事後アンケートによりその効果の検証を行っている。2017年10月の野外学習の際に行ったアンケートでは、中国の小学生においても体験学習の重要性が示される結果となった。「あなたにとって川は大切な存在ですか?」の設問について、事前アンケートでは、「大変大切だ」24人、「少し大切」4人、「あまり大切ではない」1人、「大切ではない」0人、「わからない」3人であった。前日の室内学習受講後であったためと考えられるが、75%の児童は「大変大切だ」と回答している。事後アンケートでは、「大変大切だ」30人、「少し大切」1人、「あまり大切ではない」0人、「大切ではない」0人、「わからない」1人のように、94%の児童が「大変大切だ」と回答し、川での体験効果と考えられる。また、「川の中に生物がたくさん住めるようにするにはどんな状態が必要と考えますか?」の設問は、事前アンケートでは、「ゴミが落ちていない」7人、「水のおいが臭くない」4人、「水が濁っていない」3人、「川の中に入りやすい」0人、「水の流りが緩やか」2人、「汚水が流れ込んでいない」5人、「川の水量が適切に保たれる」10人、「その他」1人であった。事後アンケートでは、「ゴミが落ちていない」8人、「水のおいが臭くない」3人、「水が濁っていない」2人、「川の中に入りやすい」2人、「水の流りが緩やか」0人、「汚水が流れ込んでいない」6人、「川の水量が適切に保たれる」11人、「その他」0人であった。調査当日の河川は、前日の降雨により、増水して濁

た状況で、行動範囲も岸沿いに限られたものの、モツゴ、ヨシノボリ、テナガエビなど様々な水生生物を採集することができた。こうした体験を反映し、事後アンケートでは、「水の流れが緩やか」を回答する児童は0人となり、「川の中に入りやすい」を2人が回答した。

環境教育では体験学習が重視され、水環境保全において、日本では水生生物調査が河川水質評価や学習に長く役立てられてきた。一方、山西省では河川の水質汚濁や生態系保全に対応が求められているものの、水環境分野の学習プログラムや教材が不足している。本研究により太原市桃園小学校において実践した環境学習プログラムや教材は、児童の環境意識の向上に効果があることが明らかとなった。そして、本研究で実施した4年間の環境学習が評価され、桃園小学校建校60周年記念誌に取り上げられることになった(図6)。今後も本研究成果を活用し、継続的に実施することにより、山西省の持続的な水環境保全に貢献することが期待できる。



図5 太原市桃園小学校による汾河における野外学習の様子(2017年10月)

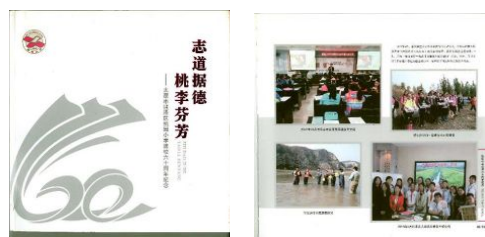


図6 本研究による環境学習活動が紹介された太原市迎澤区桃園小学校建校60周年記念誌、pp.89(2018)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計13件)

山田一裕ら、水生生物調査・学習のためのカードゲームの考案、第21回日本水環境学会シンポジウム講演集、215-216(2018)

山田一裕ら、中国山西省太原市内の小学校における水の学習の実践と日中比較、日本環境教育学会大会研究発表要旨集 Vol.29th Page.87(2018)

田中仁志ら、中国山西省太原市内の小学校における持続的な水環境保全を目的とした環境学習の実践、第52回日本水環境学会年会講演集、232(2018)

田中仁志ら、中国山西省における水生生物の水質指標化に向けたBODの簡易測定、第83回日本陸水学会大会講演要旨集、32(2018)

木持謙ら、中国・山西省と日本における河川環境と水生生物の比較、第83回日本陸水学会大会講演要旨集、31(2018)

木持謙ら、魚類を通して見る中国における環境教育の可能性、第51回日本水環境学会年会講演集、195(2017)

山田一裕ら、児童の「水」に対する意識の日中比較に関する研究、日本水環境学会第5回東北支部研究発表会(2017)

木持謙ら、中国・山西省における河川の管理・構造と生息魚類の状況、日本水処理生物学会誌 別巻 No.36、67(2016)

山田一裕ら、中国山西省における水環境教育の導入への試行、日本環境教育学会第27回年次大会研究発表要旨集、52(2016)

木持謙ら、中国山西省沁河における河川環境と魚類等の生息状況、第50回日本水環境学会年会講演集、615(2016)

田中仁志ら、埼玉県と姉妹友好省中国山西省との水環境保全モデル事業の概要及び沁河における水生生物調査、第80回日本陸水学会大会講演要旨集、167(2015)

渡邊圭司ら、環境教育教材の作成を目的とした中国山西省沁河における水質調査、第80回日本陸水学会大会講演要旨集、166(2015)

山田一裕ら、水辺の環境教育、日本環境教育学会第26回年次大会(2015)

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

- 科研費研究成果報告会 in 浦和「持続的水環境保全に向けた中国山西省における生物による水質調査と環境教育への適用」(浦和コミュニティセンター第 14 集会室、さいたま市、平成 31 年 2 月 27 日)の新聞記事掲載
- ・日本経済新聞、平成 31 年 3 月 2 日付朝刊、35 面掲載
- ・埼玉新聞、平成 31 年 3 月 5 日付朝刊、4 面掲載

学術報告、中国山西農業大学、2018.5.24

- ・田中仁志、「日本の水環境の概況及びその保護対策」

○山西農業大学セミナー、中国山西農業大学、2016.10.19

- ・田中仁志、「埼玉県環境科学国際センターの役割と持続的水環境保全に向けた中国山西省における国際共同研究」
- ・渡邊圭司、「日本の水環境における新たな衛生指標：大腸菌について」
- ・山田一裕、「日本の環境教育の動向と水環境保全」
- ・木持 謙、「中国・山西省と日本国・埼玉県に共通する河川環境と生息魚類」

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：木持 謙

ローマ字氏名：(KIMOCHI, yuzuru)

所属研究機関名：埼玉県環境科学国際センター

部局名：水環境担当

職名：担当部長

研究者番号(8桁)：50415379

研究分担者氏名：渡邊圭司

ローマ字氏名：(WATANABE, keiji)

所属研究機関名：埼玉県環境科学国際センター

部局名：水環境担当

職名：専門研究員

研究者番号(8桁)：50575230

研究分担者氏名：王 効拳

ローマ字氏名：(OH, kokyo)

所属研究機関名：埼玉県環境科学国際センター

部局名：自然環境担当

職名：担当部長

研究者番号(8桁)：20415392

研究分担者氏名：山田一裕

ローマ字氏名：(YAMADA, kazuhiko)

所属研究機関名：東北工業大学

部局名：工学部

職名：教授

研究者番号(8桁)：30250723

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：袁 進

ローマ字氏名：(YUAN, jin)

研究協力者氏名：李 超

ローマ字氏名：(LI, chao)

研究協力者氏名：惠 曉梅

ローマ字氏名：(HUI, xiao mei)

研究協力者氏名：李 莹

ローマ字氏名：(LI, ying)

研究協力者氏名：何 泓

ローマ字氏名：(HE, hong)

研究協力者氏名：程 紅艷

ローマ字氏名：(CHENG, hong yan)

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。