

令和 5 年 6 月 5 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2022

課題番号：18K05882

研究課題名（和文）スイゼンジノリの保全に向けた黄金川の湧水量減少原因の解明と流量回復への方策

研究課題名（英文）Elucidation of causes of decrease in spring water volume of the Kogane River and measures to restore discharge for conservation of Suizenjinori (Aphanothece sacrum (Sur.) Okada)

研究代表者

谷口 智之 (Taniguchi, Tomoyuki)

九州大学・農学研究院・助教

研究者番号：00549123

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：福岡県朝倉市を流れる黄金川には、世界で唯一スイゼンジノリが自然条件下で生息している。しかし、近年黄金川の水源である湧水量が減少した結果、スイゼンジノリの生産量は激減し、保全対策が急務である。本研究では、湧水量が減少した原因を明らかにし、流量回復に向けた対策として、上流農地からの地表排水の導入、周辺農地の冬季湛水、太陽光発電を用いた揚水費用削減について検討し、それぞれの効果と課題を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで明らかにされていなかった黄金川の流量減少の原因を、過去の圃場整備や土地利用の観点から科学的に明らかにした。さらに、水動態、地下水涵養、太陽光発電の活用など、スイゼンジノリの保全に向けた複数の対策を検討した。本研究で実施した研究手法や対策は、同様の課題を抱える他の希少生物の保全にも活用できる。また、本研究をきっかけに、スイゼンジノリに関心をもつ研究者や企業と協働で、スイゼンジノリの保全に向けた活動が始まった。行政との情報交換も始まっており、本研究の成果は今後の保全活動に向けた重要な知見となる。

研究成果の概要（英文）：The Kogane River in Asakura City, Fukuoka Prefecture, is the world's only natural habitat for Suizenjinori (Aphanothece sacrum (Sur.) Okada) under natural conditions. However, in recent years, the discharge (amount of spring water) in the Kogane River has decreased, resulting in a drastic decline in the amount of the Suizenjinori production, and the conservation measures are urgently needed.

In this study, the causes of the decrease in the spring water flow were clarified. Moreover, the introduction of surface drainage from upstream farmland to the Kogane River, winter flooding of surrounding farmland, and reduction of pumping costs using solar power generation were examined as measures to restore the flow, and the effects and problems of each measure were clarified.

研究分野：農業農村工学

キーワード：スイゼンジノリ 湧水 希少生物 水動態 圃場整備 太陽光発電

1. 研究開始当初の背景

佐田川左岸水田域を流れる黄金川(福岡県朝倉市)では、世界で唯一、スイゼンジノリが自然条件下で生息している。しかし、近年、黄金川の水源である湧水量が減少した結果、スイゼンジノリの生産量は激減しており、その保全対策が急務となっている。地元の養殖業者は地下水を揚水して黄金川流量を維持してきたが、ポンプ運転費が経営を圧迫し、2013年には廃業寸前に陥った。現在、ポンプ運転費を朝倉市が補助することでスイゼンジノリの生息は維持されているが、補助金が今後も継続されるかは定かではなく、流量回復に向けた対策が急務である。

湧水量の減少については、これまで上流のダムや高速道路の影響が指摘されてきた。しかし、湧水量が減少した年代とそれぞれの建設時期が一致しないなど、その関連性は定かではない。そこで湧水量の予備調査を実施したところ、本地区は扇状地に位置するため歴史的に湧水が多い地区であったが、ダム建設前からそれらが減少傾向にあったとの情報を得た。さらに、現在でも水田湛水期(7~9月頃)には地下水位が上昇し、一時的に湧水が発生することも確認された。これらのことから、特に黄金川上流の山地からの地下水流入量の減少、ならびに、黄金川周辺の圃場整備や畑地化にともなう地下水位の低下が、湧水量減少を引き起こしているのではないかという仮説を立てた。

2. 研究の目的

本研究では、黄金川湧水量の減少原因の解明、周辺農地からの排水による黄金川の流量確保の検討、周辺水田域の冬期湛水による湧水回復の検討という3課題を当初設定し、過去の資料等の分析、流量観測、土地利用調査、アンケート調査によって、スイゼンジノリの生育環境改善に向けた黄金川流量回復の方策を示すことを目的とした。

さらに、本研究を進める中で、太陽光発電によるポンプ運転費用削減効果の検討という追加の課題を立て、それによるポンプ運転費用の削減効果を経済的に評価した。

3. 研究の方法

3-1 黄金川湧水量の減少原因の解明

湧水量が多かった時代の周辺農地の土地利用ならびに水路系統を含めた水動態については、過去の文献、古地図、報告書(水資源機構等)、航空写真(国土地理院)をもとに整理した。また、現在の土地利用状況を現地踏査とドローン、地下水位(井戸水位)の変化を自記水位計で把握した。

3-2 周辺農地からの排水による黄金川の流量確保の検討

黄金川に水位・EC計を設置し、流量(ポンプ揚水量も含む)を連続観測した。さらに、既往研究(内平ら、2013)を参考に、スイゼンジノリの生育に関係すると予想される水温、pH、DO、EC、NO₃⁻、PO₄³⁻、Mg²⁺、Ca²⁺、SO₄²⁻の9項目を多項目水質計ならびにパックテストを用いて把握した。これらの結果から、スイゼンジノリの生育に求められる用水条件を量的、質的に把握した。

また、対象地域周辺の主要な表面流入と表面流出を自記水位計で連続観測し、特に佐田川への地表排水と黄金川流量の大小関係を比較した。さらに、周辺農地を流れる用・排水の水質(上記の水質9項目)を定期的(毎月)に観測し、黄金川の水質と比較検討した。以上の結果をもとに、周辺農地から黄金川への排水導入の可能性を検討した。

3-3 周辺水田域の冬期湛水による湧水回復の検討

周辺水田では冬期に畑作を行っており、冬期湛水による地下水位上昇の効果を実際に検証することができない。そこで、田植え前の初期湛水と刈り取り前の落水期における周辺水田の湛水状況と、湧水地点の地下水位変動を観測することで、周辺水田の冬期湛水による湧水発生の可能性を検討した。黄金川のポンプ井戸に水位・EC計を設置し、地下水位を連続観測した。あわせて、周辺水田の湛水・落水時期における湛水状況をドローンで観測することで、周辺農地の湛水と地下水位変動の関係を把握し、冬季湛水に湧水回復の可能性を検討した。

3-4 太陽光発電によるポンプ運転費用削減効果の検討

地下水ポンプの運転に関わる消費電力量データを入手し、ポンプの月平均消費電力量を求めた。さらに、対象地域内の日射量を観測し、太陽光パネルの単位面積あたりの期別の発電量(ポテンシャル)を推定した。これらの大小関係から、黄金川流量を維持するために必要な太陽光パネルの設置面積(発電システム容量)を算出した。また、日中の余剰電力を売電する場合と蓄電する場合の2パターンを想定し、ポンプ運転費用の削減効果を評価した。パネルの耐用年数を20年と仮定し、費用については初期設置費用に加えて、パネル設置用地のための毎年の借地料を考慮した。

さらに、周辺住民に対してアンケート調査を実施し、周辺住民が黄金川に対して感じている価値を把握することで、太陽光パネル設置などの対策の課題を把握した。

4. 研究成果

4-1 黄金川湧水量の減少原因

黄金川水源のポンプ井戸の水位は、水田灌漑が始まると地表面近くまで上昇し、灌漑期間中には湧水が発生している（水位が黄金川の河床高よりも高くなる）ことが確認された、また、落水期になると水位は次第に低下した。すなわち、現在の湧水は、主に周辺水田からの浸透水由来であり、黄金川流量は水田湛水の有無に強く影響されている。

一方、地元住民への聞き取り調査によると、かつての黄金川は河床一面から湧水し、周辺にもレンコン畑や湧水池が多数存在するなど、冬場にも地表水が見られた。しかし、現在ではその様子はほとんど確認できない。また、地元業者によると、黄金川流量を確保するため、現在では水田灌漑期である7～9月以外は常にポンプ稼働しているが、かつては3～11月で湧水が発生していたので揚水の必要はなかったとのことであった。このことは、過去の黄金川周辺には水田からの浸透水以外の流入（地下水涵養）があったことを示唆している。1975年と2009年に撮影した空中写真を比較したところ、1975年の空中写真では黄金川上流に池（地元で「石淵」と呼ばれる）があり、そこを通じて黄金川と上流農地の水路が接続していた（図1）。本地区では1985年に圃場整備が行われ、それを機に上流農地から黄金川への水動態が変化したと考えられる。さらに、圃場整備によって用・排水路が分離されたことで、上流農地では畑地化も進行した。このような水路系統や土地利用の変化が、地域の地下水動態に影響し、湧水量の減少を引き起こしたと考えられる。

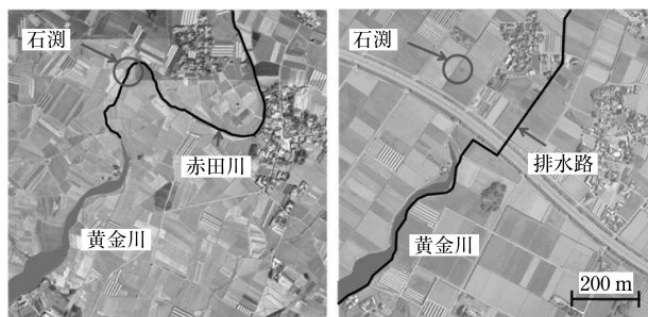


図1 黄金川周辺の空中写真（左：1975年、右：2009年）
（国土地理院の空中写真を加工）

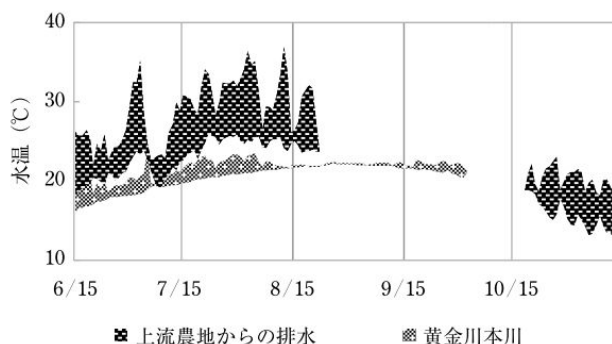


図2 上流農地からの排水と黄金川の水温変化

4-2 周辺農地からの排水による黄金川の流量確保

黄金川流量は年間を通じて $0.03 \sim 0.15 \text{ m}^3/\text{s}$ で推移した。スイゼンジノリの生育を維持するためには、非灌漑期間中（ポンプ稼働期間中）の流量である $0.03 \text{ m}^3/\text{s}$ 程度が最低でも必要であると考えられる。一方、上流農地からの排水量は、冬作期間である10月下旬以降を含むほとんどの期間で $0.03 \text{ m}^3/\text{s}$ を上回っており、水量的には用水を確保できることが明らかになった。

一方、黄金川と上流農地からの排水の水質を比較したところ、いくつかの水質項目が黄金川の水質の条件を満たしていないことが明らかになった。特に水温については、地下水を水源とする黄金川が $16 \sim 24 \text{ }^\circ\text{C}$ で比較的安定していたのに対して、地表水である上流農地からの排水は、日較差と別期変化がともに大きく $11 \sim 37 \text{ }^\circ\text{C}$ で変動した（図2）。既往研究（椋田ら、2005）でもスイゼンジノリの生育の指標となる水温は $15 \sim 25 \text{ }^\circ\text{C}$ とされており、上流農地からの排水を黄金川に導水した場合、スイゼンジノリの生育に悪影響を与える可能性が高いことを明らかにした。

4-3 周辺水田域の冬期湛水による湧水回復

2020年において、6月19日に農業用水の通水が開始すると地下水位は徐々に上昇し、湧水が発生した6月28日以降にポンプが停止した。刈り取り期になると、9月10日から地下水位が低下し、ポンプが再稼働した後、11月3日には灌漑開始前と同程度まで地下水位は低下した。ドローン撮影の結果から、周辺農地では6月19日から湛水田が徐々に拡大し、7月2日にすべての水田が湛水した。落水は9月10日頃から始まり、その後始まった刈り取り作業は11月5日まですべての水田において終了した。周辺農地の湛水・落水進行と地下水位変動はほぼ一致しており、現在の黄金川の湧水は広範な農地からの浸透による地下水位上昇によって発生していることが示唆された。

仮に冬期湛水によって湧水を回復させるためには、少なくとも本調査範囲（約30ha）のすべての水田で湛水する必要があると考えられる。しかし、多くの水田では裏作が行われているため、冬季湛水を実施する場合にはその補償が発生する。補償額とポンプ運転費を比較した場合、現在の揚水による流量確保が現状では合理的な対応であるという結論が得られた。

4-4 太陽光発電によるポンプ運転費用削減効果

固定買取価格（FIT）制度に認定されない場合（研究実施時、売電価格7円/kWh）、システム容量1,400kW以上で収支がプラスとなった。また、このために必要なパネル面積は約0.7haと推定された。一方、FIT制度に認定された場合（同、10～12円/kWh）、システム容量はおおよそ1/3の380kW以上で収支がプラスになり、必要なパネル面積は約0.19haとなった（図3）。一方、蓄電池の導入についても検討したが、蓄電池初期費用が高額であることに加えて、蓄電容量を超過する余剰電力を放電することで売電収入が得られないため、現在の蓄電池価格では蓄電池を

設置してもコスト削減に繋がらないことが明らかになった。

黄金川周辺の地域住民に対するアンケート調査によると、「環境保全活動や野生動物の保護に興味関心がある」と回答した住民の割合が80%である一方で、「黄金川の景観に美しさを感じている」と回答した住民の割合も75%と高かった。また、景観に美しさを感じる回答者は、相対的に生物の価値を低く評価している傾向が見られた。太陽光パネルの設置によってポンプ運転費用が削減できたとしても、景観を損なうと地域住民が黄金川から得ている価値を大きく毀損する恐れがある。本対策を実施する際には、地域住民からの理解が得られるような景観配慮が不可欠であるという結論に至った。

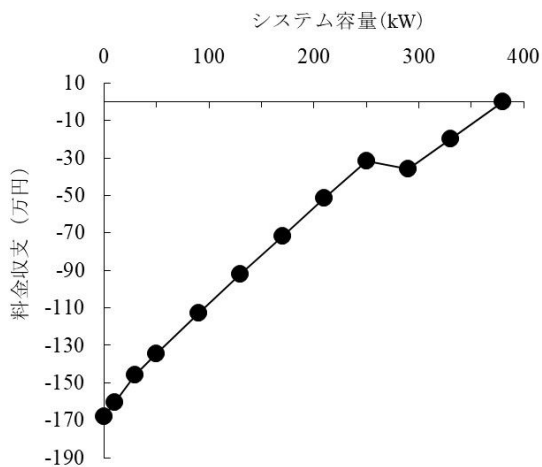


図3 発電システム容量と料金収支の関係

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 谷口智之, 今田舜介, 村井隆人, 凌祥之	4. 巻 87(6)
2. 論文標題 豪雨時の水田地域における農業用排水路の水位変化と溢水	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 水土の知 (農業農村工学会誌)	6. 最初と最後の頁 7-10
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 野宮岳人, 今田舜介, 谷口智之, 金子慎一郎, 大城 香, 一宮睦雄	4. 巻 13/14(1)
2. 論文標題 淡水性シアノバクテリアスイゼンジノリ(Aphanothece sacrum)の自生地, 移植地および養殖地の変遷	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 不知火海・球磨川流域圏学会誌	6. 最初と最後の頁 17-48
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 今田舜介, 谷口智之, 凌祥之	4. 巻 86(2)
2. 論文標題 スイゼンジノリの保全対策としての農地排水の導入の可能性	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 水土の知 (農業農村工学会誌)	6. 最初と最後の頁 7-10
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 谷口 智之, 今田 舜介, 村井 隆人, 凌 祥之
2. 発表標題 水田地域の特徴を活かした豪雨時における雨水貯留と今後の対策
3. 学会等名 2019年度農業農村工学会大会講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 谷口 智之, 今田 舜介, 凌 祥之
2. 発表標題 スイゼンジノリ保全のための農地排水導入の可能性
3. 学会等名 平成30年度農業農村工学会大会講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 谷口智之, 今田舜介
2. 発表標題 九州北部豪雨と平成30年7月豪雨における朝倉市水田地域内の用排水路水位変化の比較
3. 学会等名 平成30年度農業農村工学会九州沖縄支部大会講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 河内誠志郎, 谷口智之, 凌祥之, 和泉晴日
2. 発表標題 スイゼンジノリ保全に向けた冬期湛水による湧水回復の可能性と地元住民の意識調査
3. 学会等名 2021年度農業農村工学会大会講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 飯田菜々, 谷口智之, 凌祥之
2. 発表標題 スイゼンジノリの持続的保全に向けた雨水貯留と太陽光発電による地下水ポンプ運転費の削減効果
3. 学会等名 2022年度農業農村工学会大会講演会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔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
---------	---------