

外来珪藻の発生状況の把握及び防除技術の開発

要 旨

ミズワタクチビルケイソウ (*Cymbella janischii*) の県内分布状況調査を行った結果、51 地点中 9 地点で確認され、県内の北信、東信、中信に侵入していることがわかった。既発生水域である奈良井川において定期的に繁茂状況を調査した結果、繁茂率の減少は水温及び増水に影響を受けている可能性があることがわかった。ミズワタクチビルケイソウの殺藻方法について試験を行った結果、水温 60℃以上、またはエタノール 30%以上、あるいは塩水 5%以上の水に 1 分間浸漬することで完全に死亡することがわかった。雑魚川において上流漁場への侵入を防ぐため、釣り人に対して消毒依頼看板と市販消毒液を入れたハイドスプレーを設置した結果、上流域への侵入は確認されなかった。ミズワタクチビルケイソウが繁茂した漁場において人力で除去するための効率的な方法について検討した結果、ジョレン等及び高圧洗浄機が時間的に速かったが、それぞれ課題があった。

はじめに

近年、ミズワタクチビルケイソウというアメリカ原産の藻類が、アユ漁場等で大量に発生して問題となっている。

2019 年以降、長野県内の信濃川水系、天竜川水系の一部で発見され、今後、県内のアユ漁場等に深刻な影響を与えることが予想される。そこで、県内の分布状況等を把握する。また、ミズワタクチビルケイソウは、釣り人等が発生水域から未発生水域へ移動することにより分布拡大させている可能性がある。そこで、ミズワタクチビルケイソウの分布拡大を防ぐため、殺藻方法を開発する。ミズワタクチビルケイソウが侵入してしまった漁場では、アユ放流前などにミズワタクチビルケイソウを除去することでアユの定着を促す対策が考えられるが、その方法についての知見は無い。そこで、除去方法等に関する試験を行い、ミズワタクチビルケイソウが入り込んでも漁場を維持するための技術開発を行う。

1 発生状況の把握

(1) 県内分布状況の把握

調査方法

ミズワタクチビルケイソウ（以下、本種）の県内分布状況を把握するため調査した。調査は 2021 年 4～12 月に行った。本種は淡褐色の綿状藻類で、増殖すると直径 1～数 cm の塊状の群体を形成することから（久下ら 2019、洲澤,洲澤 2021）、見慣れれば肉眼でも区別が付く（図 1 左）。県内各河川において、観察筒※を用いて河川内の礫を観察し、本種の有無を確認しながら、芦沢,加地 2019 に従い繁茂率を算出した。すなわち、長径 25 cm以上の礫をランダムに 50 個観察し、礫表面の 1 割以上を本種が覆っている礫の割合を繁茂率として算出した。また、これまでに確認されることがない場所で本種が確認された場合は、検体の一部を持ち帰り、顕微鏡で本種かどうかを同定した。同定の際は、殻の形状やサイズ、殻中央部の遊離点、粘液柄の特徴から本種とした（図 1 右）。

※塩ビ管とシャーレを利用して作った箱眼鏡。水産庁「だれでもできる外来魚駆除 3」2021 参照



図1 ミズワタクチビルケイソウ 礫に付着した写真（左）、顕微鏡写真（右）

結果及び考察

6 水系 51 地点を調べ、本種が確認された地点は 9 箇所であった（表 1）。過去の調査結果を加えた県内の確認状況を図 2 に示した。県の北信、東信、中信に侵入していることがわかった。

天竜川の上流域で合流する No.38 横川川では 2019 年に本種が確認され、今回も繁茂が確認されたが、同じ時期にその 23 km 下流の No.43 天竜川（三峰川合流）や 67 km 下流の No.40 天竜川（弁天橋）では繁茂が確認されなかった。上流域で繁茂が確認されても、必ず下流で繁茂するわけではないことがわかった。多摩川においても上流地点で河床を覆いつくすほどに繁茂しているものの、下流地点では繁茂が確認できなかったことが報告されている。その要因について、下流域が窒素及びリン濃度が高濃度であること、水温が高いことが指摘されている（石井ら 2021）。今回、窒素及びリンは測定しておらず、多摩川の事例と比較することは出来ない。水温について、本種の生態学的な最適水温は 12.2℃との報告があるが（Bahls 2007）、調査時の水温は、横川川では 6℃、天竜川では 8℃と、12℃を下回っており、調査時の水温の違いが繁茂を制限しているわけでないと考えられ、天竜川において下流で繁茂していない原因については不明である。

本種の繁茂率増減の要因として出水等に影響を受ける可能性がある（後述）ことから、今後はそれらに考慮したうえで、継続的な観察を行う必要がある。

表 1 調査地点別の繁茂率

水系	No	調査日	河川名	調査地点	漁協	水温(℃)	繁茂率(%)
信濃川	1	4/7	角間川	星川橋	北信	10.0	0
	2	4/7	横湯川	星川橋	北信	10.8	0
	3	4/15	栗生川	おぐら山荘	南佐久南部	7.6	0
	4	4/15	南相木川	相木川合流	南佐久南部	11.7	100
	5	4/20	雑魚川	大洞橋	志賀高原	-	0
	6	4/20	大倉沢	大洞橋	志賀高原	5.0	0
	7	4/20	ガキ沢	橋の下	志賀高原	4.9	0
	8	4/23	大石川	八千穂漁業横	南佐久南部	13.5	100
	9	5/2	依田川	長瀬橋	上小	12.5	0
	10	5/2	内村川	虚空蔵堂	上小	13.8	0
	11	5/18	雑魚川	大洞橋	志賀高原	9.6	0
	12	7/2	夜間瀬川	星川橋	北信	17.1	2

	13	7/6	北野川	北野橋	高水	14.7	0
	14	7/6	樽川	平和橋	高水	15.1	2
	15	7/6	鳥居川	平成大橋	北信	17.7	0
	16	7/6	宇原川	宇原橋	千曲川	16.7	4
	17	8/3	千曲川	大望橋	更埴	25.0	0
	18	8/3	裾花川	あやとり橋	犀川殖産	28.2	0
	19	8/3	楠川	綾瀬橋	裾花川	23.4	0
	20	8/3	鹿島川	鹿島大橋	北安中部	15.9	0
	21	8/3	農具川	下花見橋	北安中部	25.7	0
	22	10/22	丸切沢	簡易魚道	犀川殖産	9.7	0
	23	11/2	三間沢川	いちいの里	奈良井川	10.2	0
	24	11/15	薄川	舟付橋	犀川	6.1	42
	25	11/15	梓川	梓川橋	波田	9.5	0
	26	11/15	島々谷川	島々橋	安曇	6.4	0
	27	11/15	梓川	島々橋	安曇	9.5	0
	28	11/15	奈川	郵便局	安曇	7.1	0
	29	11/15	烏川	富田橋	犀川	9.2	0
	30	11/15	拾ヶ堰	富田橋	犀川	10.2	0
	31	11/19	三川川	三川橋	南佐久南部	6.8	100
姫川	32	8/3	姫川	大出吊橋	姫川	20.0	0
	33	8/3	松川	白馬大橋	姫川	15.2	0
富士川	34	12/6	釜無川	釣り堀センタ ー	釜無川	7.0	0
	35	12/6	砥川	木落坂	諏訪湖	4.7	0
	36	12/6	上川	運動公園	諏訪東部	6.1	2
	37	12/6	宮川	青柳駅	諏訪東部	6.1	0
	38	12/6	横川川	徳本水	天竜川	6.2	22
天竜川	39	12/10	飯田松川	上溝橋	下伊那	6.8	0
	40	12/10	天竜川	弁天橋	下伊那	8.0	0
	41	12/10	太田切川	太田原橋	天竜川	7.4	0
	42	12/10	三峰川	天竜川合流	天竜川	8.6	0
	43	12/10	天竜川	三峰川合流	天竜川	8.9	0
	44	12/14	阿智川	長塚橋	下伊那	4.4	0
	45	12/14	和知野川	浪合小	浪合	2.9	0
	46	12/14	遠山川	かぐらの湯	遠山	6.4	0
矢作川	47	12/14	柳川	道の駅	平谷村	3.6	0
	48	12/14	根羽川	大杉	根羽川	3.7	0
木曽川	49	10/6	木曽川	源流の里	木曽川	16.1	0
	50	10/6	黒川	林業大学上	木曽川	15.4	0
	51	10/6	西野川	太陽の丘公園	木曽川	16.1	0

※ミズワタクチビルケイソウが確認された地点を網掛け

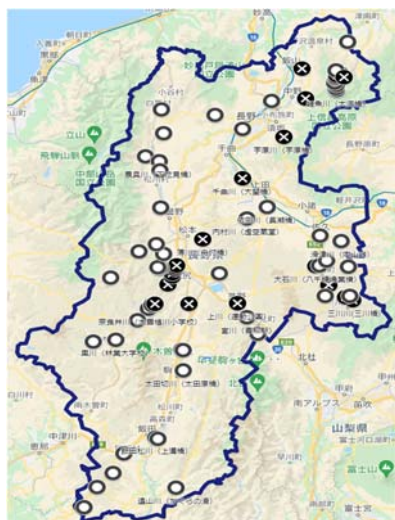


図 2 ミズワタクチビルケイ
ソウの長野県内確認状況
(○：未確認 ×：確認)

(2) 既発生水域における繁茂状況の把握

調査方法

本種が既に発生している奈良井川において、定期的に観察を行い、その動態を把握した。奈良井川の 24km 区間に 7 か所の定点を設け、月に一度程度、繁茂率の調査を行った(図 3)。奈良井川では、II福沢橋より下流で2019年に本種を確認している。調査の際は水温を測定した。補足データとして長野県松本建設事務所がインターネット上に公開しているV琵琶橋における河川水位を収集した。なお、本調査区間では 2020 年 8 月から繁茂率調査を実施しているため、合わせてデータを載せる。

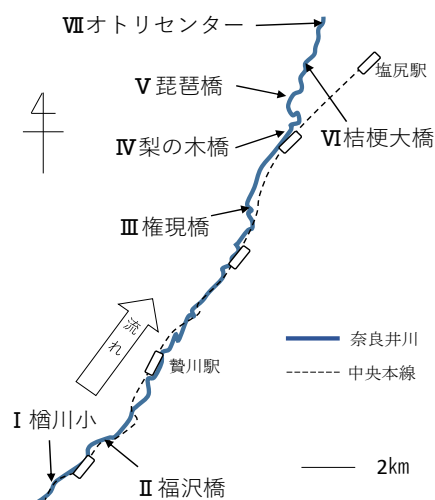


図 3 奈良井川調査地点

結果及び考察

I檜川小では、2021 年 12 月に礫表面の 1 割以上は覆わず繁茂率は 0%であるが、本種の繁茂を初めて確認した。I檜川小を除いた繁茂率の推移を水温(左図)、河川水位(右図)とともに図 4 に示した。繁茂を確認した調査定点の平均水温は 9.6℃(1.6~20.7℃)であった。一方、繁茂を確認しなかった定点の平均水温は 13.7℃(0.9~23.1℃)であったが、統計的に有意な差は無かった(マンホイットニ検定 n.s.)。

2020 年 12 月の繁茂率はII福沢橋が 22%、V琵琶橋が 58%となったが、2021 年 2 月にはそれぞれ 2%、10%に低下した。この時期には水位の上昇は見られなかった。洲澤,洲澤 2021 は本種は上流部の低水温環境を好むと考えられるが、過度な低水温は好まない可能性があることを指摘している。繁茂率が低下した地点の水温は 1.6~4.0℃であり、低水温が繁茂率の低下をもたらした可能性がある。

2021 年の春から夏にかけてはIII権現橋、IV梨の木橋、VI桔梗大橋、VIIオトリセンターで増減を繰り返し、2021 年 8 月 30 日の調査では全ての定点で繁茂率が 0%になった。山梨県の荒川や東京都の多摩川では春から夏にかけて水温の上昇と共に、本種の衰退が報告されている(芦澤,加地 2019、石井ら 2021)。一方、本調査では 2021 年 5 月 21 日に+49cm、8 月 15 日に+95cm に水位が上昇し、その後繁茂率が低下していた。また、

2021 年 4 月には東信地域の大石川では大雨の後、養魚場の取水口に河川から流れ込んだ本種が詰まり、対応に苦慮した事象が確認されている（図 5）。春から夏にかけての水温上昇による繁茂の衰退に加え、水位上昇による流出が繁茂率の低下の一因となることがわかった。

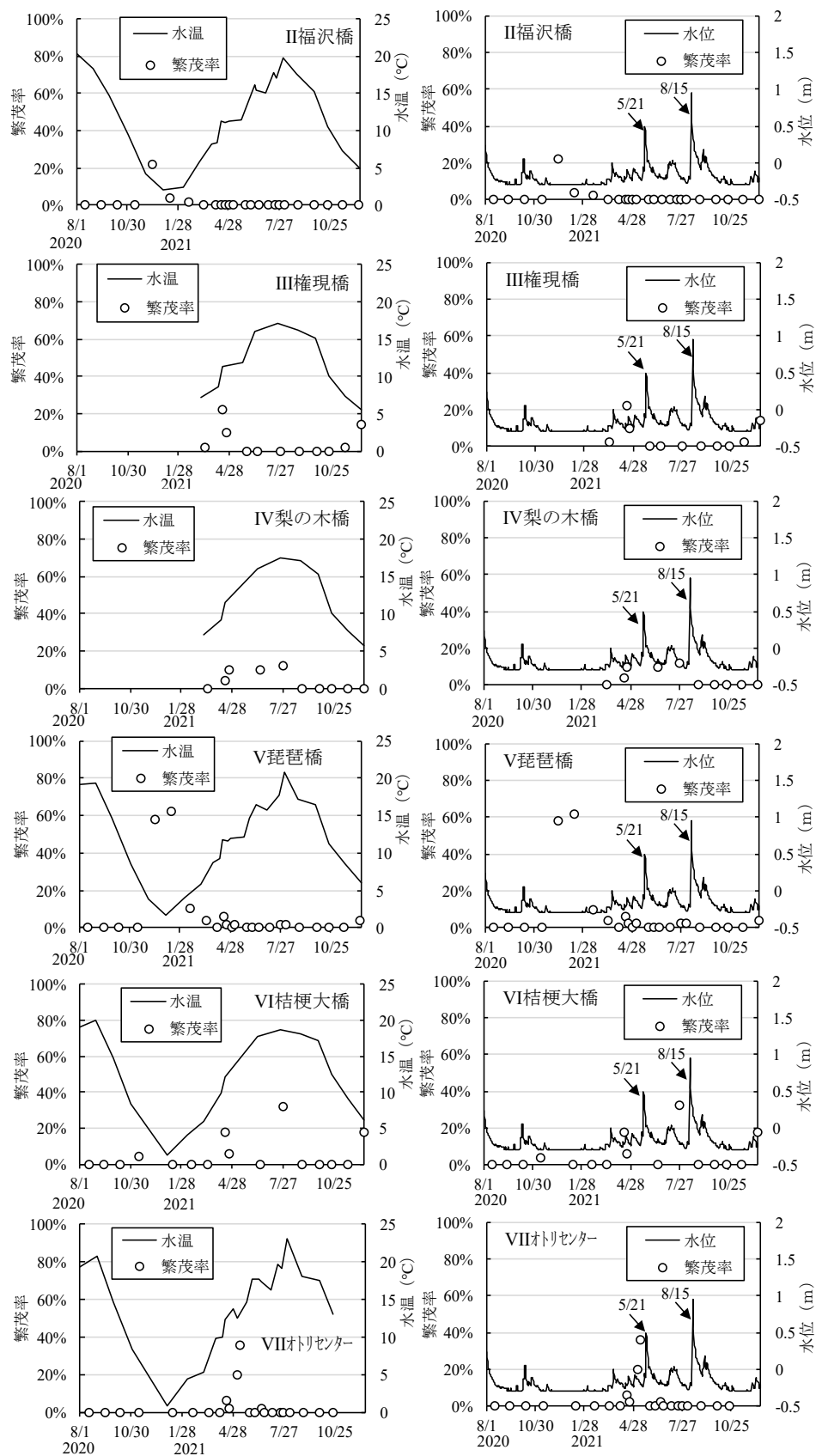


図 4 奈良井川定点別繁茂率の推移（左列：水温と繁茂率、右列：水温と水



図5 養魚場のスクリーンに詰まるミズワタクチビルケイソウ（2021年4月）

2 防除技術の開発

(1) ーア殺藻試験

調査方法

本種に対する水温、エタノール等の殺藻効果を検証し、釣人に対する消毒方法の提案を行う。

【試験①：1分間で殺藻する水温、濃度】

試験には長野県水産試験場敷地内の水路壁に付着している本種を用いた。群体をピンセットで採取し、標本瓶に入れ、試験に用いるまで 15℃のインキュベーター内で保管した。本種を供試液（表 2）に 1 分間浸漬した際、どの程度死亡するかを調べるため、ニュートラルレッド（以下、NR）による染色を行った。NR 染色は生きた植物プランクトンは赤色に染色される（鋤崎,海野 2013）。まず、本種を 0.02～0.04g 取出し、各水温、濃度に調整した供試液 100ml に 1 分間浸漬した。浸漬後、試料に付着した供試液を洗浄するため、水道水を 100ml 入れた容器に入れ、1 分間浸漬した。その後、最終濃度 5×10⁻⁴%w/vol になるように調整した NR 溶液 20ml に、試料を 20 分間浸漬した。NR 溶液に浸漬後、水道水約 100ml に 1 分程度入れ、試料周囲の NR 溶液を洗浄した。なお、浸漬の際は各液をゆっくり攪拌した。洗浄後はスライドガラスの上に載せ、光学顕微鏡で検鏡した。検鏡の際は×200 又は×400 の倍率で観察し、細胞内に赤色色素が確認されたものを「染色」、そうで無いものを「非染色」として判断した。細胞を 500 個観察し染色率を算出した。生存対照区として供試液の代わりに 15℃の水道水に浸漬した区を、死亡対照区として 100℃の水道水 1 分間浸漬した区を設けた。NR 染色を実施した本種は、死亡対照区であっても、赤色に染色される細胞が数%現われる。そこで、試験区間でボンフェローニの多重比較検定を行い、死亡対照区と差が無い区を殺藻率 100%と判定した。

【試験②：塩水 3%で殺藻する時間の確認】

試験方法及び評価方法は試験①と同様としたが、供試液は塩水 3%とし、本種を 1, 3, 5, 7 分間浸漬した際の染色率を求めた。

表 2 供試液及び試験濃度等

供試液	生存対照区	死亡対照区	試験区		
水道水	15℃水道水	100℃水道水	40℃	60℃	
エタノール	15℃水道水	100℃水道水	30%	50%	70%
塩水	15℃水道水	100℃水道水	1%	3%	5%

結果と考察

【試験①】供試液別の染色率を図 6 に示した。死亡対照区と有意差が無い供試液は水温：60℃、エタノール：30、50、70%、塩水：5%であった。

【試験②】染色率を図 6 に示した。死亡対照区と有意差が無い時間は、5 分、7 分であった。

本試験の結果から、水道水であれば 60℃以上、エタノールであれば 30%以上、塩水であれば 5%以上の濃度で 1 分間で殺藻率が 100%となることが分った。

本種の分布拡大を防ぐため、釣人に対し釣り道具の消毒を依頼する際、消毒する対象物に応じた提案が必要である。すなわち、タモ網や竿の消毒にはエタノール 70%以上含有した市販の消毒スプレーを吹きかければ、表面に付着した本種を殺藻できる。一方、フェルト底のウェーダー等は水分を多く含むため、市販の消毒スプレーにより表面だけを消毒しても不十分と考えられる。コンテナ等に 5%塩水であれば 1 分以上、3%塩水であれば 5 分以上、ウェーダーのフェルト底を浸けることで殺藻することができる。また、帰宅時等には 60℃以上のお湯を溜め、ウェーダーを浸けることでも殺藻効果がある。

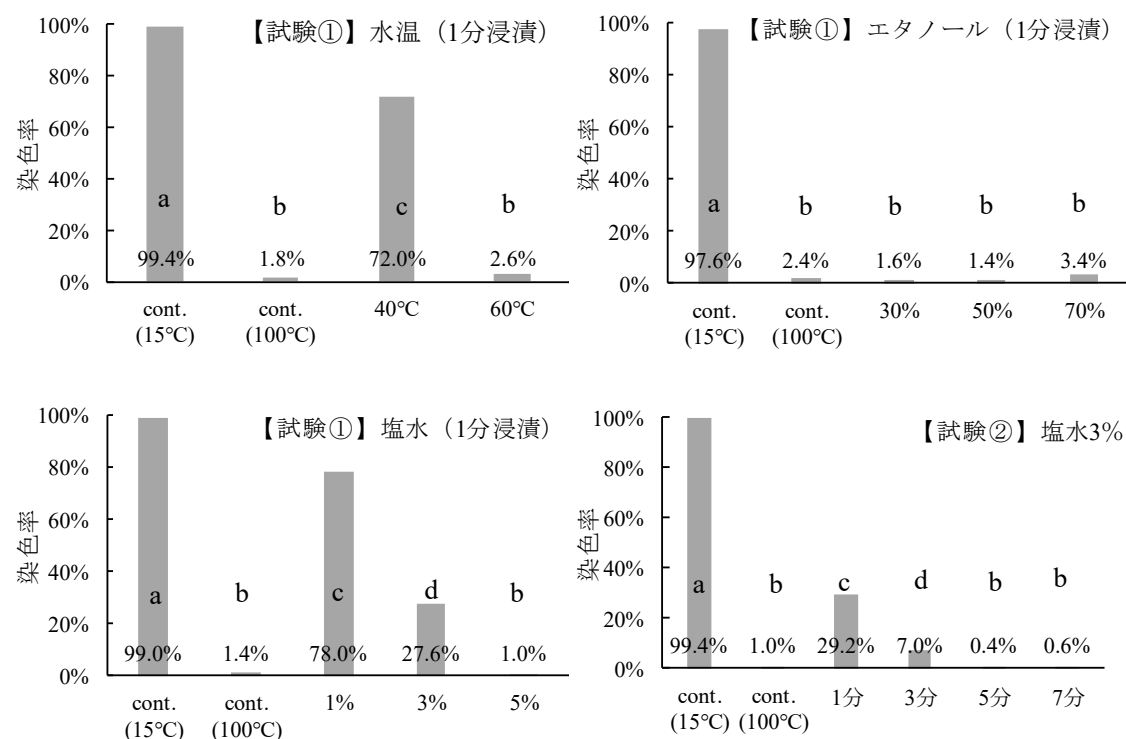


図 6 ミズワタクチビルケイソウの各供試液別染色率

※異なる符号間で有意差あり $p < 0.01$

調査方法

また、釣り人の本種への認知度等を知るために、調査の際に出会った釣り人に対し、以下の設問を聞き取った。設問1 ミズワタクチビルケイソウを知っているか。設問2 消毒啓発看板を知っているか。設問3 消毒したか。



図7 調査河川図



図8 消毒依頼看板(左：全体、右：文面)

繁茂率の調査結果を表 3 に示した。調査期間中、⑦雑魚川橋、⑧雑魚川堰堤以外は本種の繁茂は確認されなかった。志賀高原漁協によると消毒液の補充は週 1 回の監視の際に行い、今期の補充量は 20L であった。消毒スプレーの破損が 2 回あったが、スプレーや看板が盗まれることはなかった。

- 27 -

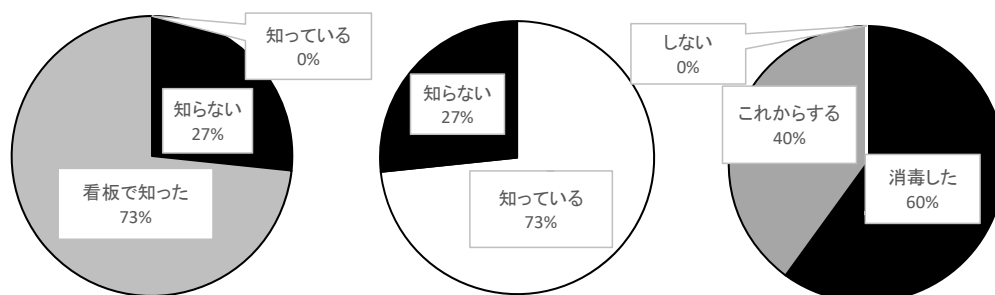
知った人が 73%であった。設問 2 の回答で消毒看板を知っていた人も 73%いたことから、消毒液の看板を見て、本種の存在を知った人がほとんどであると考えられた。設問 3 の消毒の有無について、既に実施済みが 60%で、これからするが 40%、実施しないと回答した人はいなかった。

今回、消毒液としてエタノール 70%を含有する消毒液を用いたが、上流への広がり確認できなかった。殺藻試験の結果では、エタノール 70%は 1 分間で 100%本種を殺藻する。タモ網やウェーダーの表面に付着した本種には十分な効果があると考えられる。一方で、ウェーダーのフェルトには水分が多く含まれており、スプレーで表面だけ消毒しても十分な殺藻効果は得にくいことから、消毒する対象物により消毒方法を考慮する必要がある。

消毒啓発看板により本種の存在を知った人がほとんどであったので、釣り人への啓発に効果があったと思われる。また、消毒をしないと回答した人はいなかったことから、消毒液を設置しておけば多くの釣り人から協力は得られると考えられる。単一漁場内での拡大防止には、消毒液の設置が有効であるが、漁場間における拡大を防ぐには、帰宅時における消毒の啓発が必要である。

表 3 定点別ミズワタクチビルケイソウ繁茂率 (%)

No.	河川名	地点名	調査日				
			6/10	7/13	8/25	9/24	10/11
①	雑魚川	大洞橋	0	0	0	0	0
②	雑魚川	駐車スペース	0	0	0	0	0
③	雑魚川	大沢漁場図	0	0	0	0	0
④	雑魚川	熟平橋	0	0	0	0	0
⑤	雑魚川	天然産卵場	0	0	0	0	0
⑥	雑魚川	巨礫駐車スペース	0	0	0	0	0
⑦	雑魚川	雑魚川橋	38	24	60	42	46
⑧	雑魚川	雑魚川堰堤	2	50	6	12	50
⑨	満水川	満水上流	-	-	0	0	0
⑩	満水川	満水下流	-	0	0	0	0



設問 1 ミズワタクチビルケイソウを知っているか

設問 2 消毒啓発看板を知っているか

設問 3 消毒したか

図 9 釣り人 15 名への聞き取り調査結果

(2) アー アユ漁場における防除調査方法

山梨県において本種の繁茂率が 40%以上になるとアユの生息量が減少したことが報告されている(芦沢,加地 2019)。そこで、石表面の本種を除去することでアユの定着向上が図られるか調査した。調査は奈良井川で行った(図 10)。A 福沢橋、B オトリセンターに各 200mの調査区域を設定し(表 4)、区域内を 8 区間に分け、1 区間を 25m とした。2021 年 4 月から本種の繁茂状況を確認し、区域内の繁茂率が 40%を超えた場合、1 区おきに本種を除去することとした。繁茂率調査は 4~8 月に実施した。5 月に漁協及び水産試験場が調査区域にアユ種苗を放流した(表 4)。アユの定着状況を確認するため、6~8 月に 2 回/月の頻度で潜水目視による観察を行った。1 区あたり長さ 25m、幅約 2m の範囲を下流から上流に向けて観察し、その範囲にいるアユの尾数を計測し、生息密度 ($\text{m}^2/\text{尾}$) を求めた。

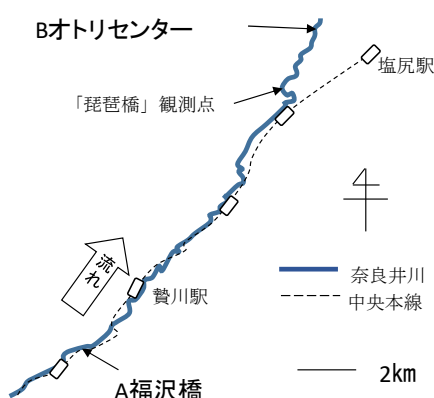


図 10 調査河川図

表 4 調査区域概要及びアユ放流尾数

	A 福沢橋	B オトリセンター
区域長 (m)	200	200
平均河川幅 (m)	15.8	15.1
調査区面積 (m^2)	3,156	3,022
水量 (L/秒)	4,855	4,546
アユ放流 (尾)	漁協 5/14 Av.8g	—
	水試 5/24 Av.5.3g	5,000
	計	5,000
	11,250	

結果及び考察

繁茂率の推移を図 11 に示した。A 福沢橋における調査期間中の繁茂率は 0%であった。一方、B オトリセンターでは 5 月 12 日に繁茂率が 36%になったが、5 月 21 日の増水後に 0%になった。結果的に両調査区域とも繁茂率が 40%を超えることはなかった。

潜水目視の調査結果を図 12 に示した。アユ漁解禁前から生息密度は低く、A 福沢橋の 6 月下旬、B オトリセンターの 8 月初旬に一部の区で生息密度が上がっているが、これは群れアユを確認したもので、縄張りアユを確認したものではない。

調査期間を通して繁茂率は 40%を超えなかったことから、本種を除去することは出来ず、除去によるアユの定着状況を確認するための調査を行うことはできなかった。アユの生息密度が低かった原因としては、調査区間の上流において災害復旧河川工事が 3 か所行われており、工事の濁りが頻発し、アユが漁場に定着しなかったためと考えられた。

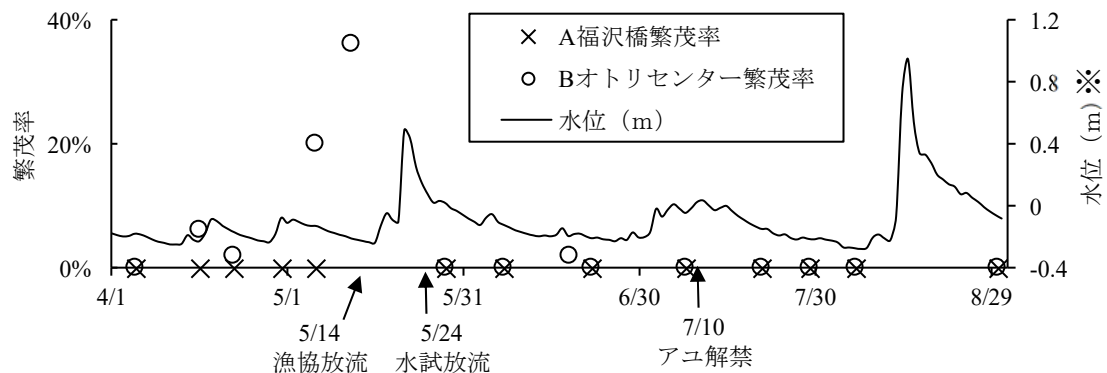


図 11 調査区域内繁茂率及び水位変動

※松本建設事務所：奈良井川「琵琶橋」観測所における水位データ

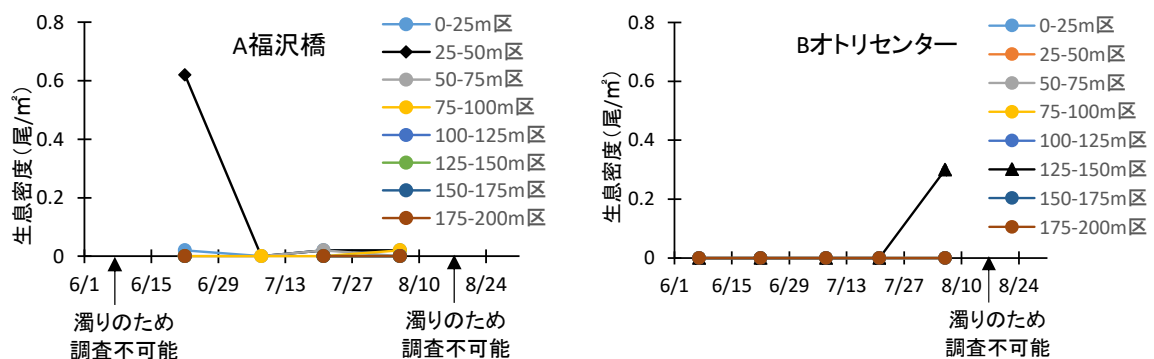


図 12 潜水目視によるアユの生息密度

(2) ーイ 効率的な除去方法の検討

調査方法

本種が繁茂したアユ漁場では、本種を除去すればアユの定着率が上がると考えられる。本種の除去方法として、重機を使って河床を攪拌し礫表面の本種を洗い流すことが考えられるが、費用負担が大きい。そこで、人力で除去することを想定し、3種類の方法で本種の除去を行い、それに掛かる時間等を比較した。調査は奈良井川で行った。本種の繁茂率が100%である水域において、1m²のコドラートを設置し、以下3種類の方法で本種を除去するのにかかる時間を計測した。なお、除去前にコドラートの四隅及び中心部の水深と中心部の流速を測定した。1つの方法につき4箇所実施した。

デッキブラシ区：柄付きのデッキブラシで石表面の本種をこする。

ジョレン等区：ジョレン、バールや手を使用して石をひっくり返し、底面を上に向ける。

高圧洗浄機区：エンジン式高圧洗浄機（HONDA、WS1513）のノズル先端を水中に入れ、石表面の本種を吹き飛ばす。

結果及び考察

各試験の水深及び流速の測定結果を表5に示した。3種類の区間で水深、流速ともに

統計的に有意な差は無かった（クラスカル・ウォリス検定、n.s.）。1m²の面積を処理するのに掛かった平均時間は、デッキブラシ区は245秒、ジョレン等区は126秒、高圧洗浄機区は144秒であった（図13）。処理時間について3区の平均値を比較した結果、処理区の種類によって処理時間に差があることがわかった（クラスカル・ウォリス検定、 $p<0.05$ ）。デッキブラシ区は最も時間がかかったものの、石の脇なども丁寧に除去できた。ジョレン等は石をひっくり返すことで、表面はきれいになったものの、横に付着している本種は残ったままであった（図14）。高圧洗浄機は、疲労度が少なく、石の表面だけでなく脇の繁茂も除去できた。しかし、よく観察すると表面にうっすらと本種が残っている場合があった（図15）。除去したあとの復活状況も観察し、それらの方法を評価する必要があると考えられた。

表5 試験区別水深及び流速の平均値

試験区	箇所数	水深 (cm)		流速 (cm/秒)	
		平均	(最小～最大)	平均	(最小～最大)
デッキブラシ	4	33	(24～42)	6.5	(4.0～9.2)
ジョレン等	4	30	(25～37)	9.7	(4.9～15.3)
高圧洗浄機	4	34	(26～36)	7.2	(3.8～11.9)

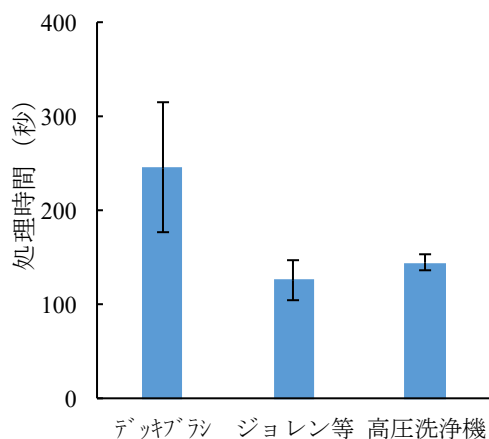


図13 試験区別処理時



図14 ジョレン等区は石の横は除去できていない



図15 高圧洗浄機区は表面にうっすら残っている

引用文献

- 久下敏宏，山下耕憲，新井肇，栗原暁，鵜木（加藤）陽子．群馬県内におけるミズワタクチビルケイソウの分布．群馬県水産試験場研究報告 2019；25：1-3.
- 洲澤 譲，洲澤多美枝．酒匂川（神奈川県）で採集された外来種ミズワタクチビルケイソウ．神奈川県自然誌資料 2021；42：87-93.
- 芦澤晃彦，加地弘一．ミズワタクチビルケイソウが放流アユの定着に与える影響．山梨

- 県水産技術センター事業報告書 2019 ; 46 : 34-38.
- 石井裕一, 増田龍彦, 安藤晴夫, 山崎孝史, 清沢弘志. 外来付着珪藻 *Cymbella janischii* の多摩川水系での分布と季節消長. 水環境学会誌 2021 ; 44(2) : 51-57.
- Bahls,L.L. *Cymbella janischii*—Giant endemic diatom of the Pacific Northwest : Morphology, ecology and distribution compared to *Cymbella mexicana*.Northwest Science 81(4):284-292.
- 鋤崎俊二, 海野圭祐. バラスト水処理装置の性能試験に適用する植物プランクトンの生死判別技術. 日本プランクトン学会報 2013 ; 60(1) : 35-40.
- 洲澤 譲, 洲澤多美枝. 外来種ミズワタクチビルケイソウ拡大防止のお願い. 水生昆虫懇話会緊急報告 2018.