

第5章 防除技術

5.1 防除手法の検討

被害状況の把握を踏まえ、対策の要否、防除手法とその実施時期の組合せを検討する。

個々の施設の被害状況に対して技術的に適用可能な対策は、対策の実施時期と防除手法により様々な組み合わせが存在する。このため、被害状況把握に基づく結果を踏まえ、技術的・経済的に妥当であると考えられる対策の組み合わせを、検討のシナリオとして複数仮定する。

具体的には、①進行度、②施設の構造、③水利用、④施設の改修計画等を踏まえ、防除手法の検討を実施することである。

【解説】

防除を効果的・効率的に実施するためには、生息状況等に応じて適切な手法を組み合わせ、総合的な対策や、広範囲にわたり同時期に集中して実施する一斉防除の考え方に基づいて実施することが重要である。

被害の実態や進行度等に合わせ、「幼生の着底を未然に防ぐ」ことが必要な場合は、着底できないように水路壁面等を固着防止資材でライニングするか、用水路への幼生の侵入を阻むため取水位置を変更する等、施設工事を伴う対策の検討も必要となる。また、「着底しても大きく成長する前に取り除く」必要がある場合は、非かんがい期等における施設の干出し等の物理的防除、及び塩素等を用いる化学的防除等も考える必要がある。いずれにについても、把握した被害状況や進行度と地区の用水実態等に合わせ、適切な対策を検討することが肝要である。

また、一般的には、被害が進展していない時期ほど防除手法の選択肢は多い。被害の初期段階で簡易な手法により対策が可能となる場合が多いのに比べ、既然大発生した段階では対策が困難または膨大となる場合がある。

対象地区の状況に応じ、適切な防除手法を検討することが重要である。

①進行度

被害状況の進行度を的確に把握し、進行度に応じた対策の実施時期と防除手法を決定することは、重要である。

即時対策を実施すべき箇所には重点的に予算配分し、また、対策実施に期間的に余裕のある地区は、経済的な観点から最も有効となる対策を効率的に実施する時期を見計らうことも考慮に入れる必要がある。

②施設の構造

施設の構造により対策手法が制約されたり、対策の効果や費用に違いが生じる。こ

のため施設の構造を把握することにより、適切な対策を検討することが重要である。

なお、対象となる施設が当該水路系の中で及ぼす影響度も勘案し、対策の時期と手法を定める必要がある。

③水利用

対象となる地域の水利用の形態により、選択できる手法が異なる。

かんがい期と非かんがい期の時期と期間、通年通水の場合は止水できる時期と期間等の情報は、具体的な対策を考える際に重要となる。

例えば、非かんがい期は通水が全くない水路等では、干出しによる貝の殺処分の後、重機を用いた除去が可能である。

④施設の改修計画

対象となる施設の改修計画を把握することは効率的である。

例えば、既に老朽化に対する改修の予定がある場合では、老朽化の対策として行うライニング工事に併せてカワヒバリガイ対策として効果のあるライニング材を検討することも可能である。

その他、地域の特性に応じ、最適な防除手法の検討に有効な事項を抽出して検討する。

なお、被害予測については、カワヒバリガイに関する知見は未だ少なく、被害予測が実施できるまでのデータの蓄積がまだない。よって、現時点では被害予測はできないが、前節 4.5 で述べた情報の保存・蓄積を重ねていくことが、今後、被害予測に基づく対策を可能とするので、対策実施者は情報の保存・蓄積に努めることが大切である。

5.2 防除手法の現地適応性の検証

防除手法の立案と選定に当たっては、カワヒバリガイの生活史、施工性、周辺環境への影響、対策後の維持管理等を考慮し、現地での適応性について十分検証しておく必要がある。

【解説】

現地の状況と防除手法の組合せによっては、必要な時期に通水断面が確保できない等の問題が生じる場合があるので、留意が必要である。

防除手法の立案と選定に当たっては、被害要因に対応した対策を選定した上で、現地での施工性、対策中及び対策後の周辺環境への影響、対策後の維持管理のしやすさ、外来生物法等を考慮し、事前に現地での適応性について十分検証しておく必要がある。

○生活史にあわせた防除技術の選択

浮遊幼生期はカワヒバリガイの拡散が懸念される。カワヒバリガイは嫌光性であり、幼生の水中での鉛直分布が異なることから、取水位を検討。また、夏季の高温時にカワヒバリガイが大量斃死する実態を踏まえ流下してきた死貝の除去等。

※生活史については、「2.2 カワヒバリガイの生態」を参照

※水温によって生活史が変化するため留意が必要（本書では、日本国内の関東、中部、近畿を標準とした生活史を用いている。）

○施工性

工事中の通水条件、用地上の制約、死貝の処分方法、実施時期（寒中施工、暑中施工）や工期の制約等。

○周辺環境への影響

対策実施中の騒音や廃棄物の発生、対策後の生態系への影響等。

○維持管理

維持管理作業の手法、頻度、難易度、費用等。

5.2.1 「幼生の着底を未然に防ぐ」対策

5.2.1.1 固着防止資材による対策

付着貝類は日本ではこれまで海域に生息するものしか存在していなかった。そのため、固着防止資材による対策の歴史は、海域での需要によるもの、例えば船底や海洋構造物等に使用される防汚塗料等が主であった。これまでの固着防止資材は、重金属系と呼ばれる塗料から重金属イオンが溶出し、その薬理作用が付着生物の幼生に作用して付着させない効果を示すものであった。しかし、近年は、環境保全のためにこれら重金属系塗料から重金属を含有しない無公害防汚塗料へと推移している。¹⁾

淡水域で生息する付着貝類であるカワヒバリガイを対象とした場合、固着防止資材の選定に当たっては、農産物の安全性や水路を中心とした閉鎖的な水域であるということから、人の健康や周辺環境に影響を与える懸念がないようにとの観点も含めて選定することが必要である。シリコン系資材の中にはシリコンオイルを溶出させ生物の付着を防ぐものもあることから、導入に当たっては注意が必要である。

固着防止資材による対策を実際に行う場合は、各資材について、実験室内では固着を防止する効果が認められるものの、海水での知見では流速による効果の変化、一定期間での再塗装の必要性が知られており、淡水中では現場実証が未だ少ない状況にあることから、施工事例及び効果に関する情報収集が重要である。また、必要に応じて現地試験等も有効である。

また、5.3で経済比較について後述するが、費用面の制約から水路の全面への塗布が経済的でない場合も想定されるため、効率的に防止効果が発揮できるような対応が必要である。例えば、水流が緩やかなため幼生が着底・成育しやすく、再生産の場となり発生源ともなりえる調整水槽等や、管理上除去が難しく固着防止資材以外に対策がとれないトンネル等、まずは効果の期待できる箇所で試験施工から進めることが望ましい。

参考までに固着防止資材の代表的な施工性について表2のとおり示す。なお、シリコン系資材の場合、塗膜厚の均一性や塗膜面の平滑性が効果の大小に影響するため、施工箇所は人が直接塗装できる範囲とされている。

関西地方の水道事業では、抗菌シールコートを採用し施工された事例がある。ここでは、銀をシールコート剤に添加し内面モルタルライニング表面に塗布することで、0.01m³当たりの管内銀溶出濃度が1 μ g/l（溶出時間：24時間）以上で、生物付着防止効果があると考えられている。このように人体に無害、長期間にわたり付着生物の付着・育成を防止するとともに施設材質の防食性も維持できることが特徴とされている。²⁾

また、配管を銅素材にすることにより、塩化ビニルやステンレス配管よりもカワヒバリガイの固着を抑制できるという試験結果もでている。³⁾

表2 効果が期待される固着防止資材の施工性

	施工場所	工 程	塗 料	塗装回数 (回)	塗装膜厚 (μm)	標準使用量 (g/m^2)		塗装間隔 (20°C) 最短～最長
						はけ及び ローラ	エアレス	
シリコン系塗料 A	現場	素地調整	1) 突起物やレイタンス層を除去する。 2) 旧塗膜は除去する。 3) ケレン粉塵、異物を除去する	[1]				48時間 (塗装条件 23°C)
		第1層	S P サーフェーサー	1	—	100	120	
		第2層	S P プライム	1	200	500	680	
		第3層	シグマグライド 790	1	150	220	250	
		第4層	シグマグライド 890	1	120	260	220	
シリコン系塗料 B	現場	第1層	エコマックスBI	1				
		第2層	エコマックスBi	1	250			12時間～10日
		第3層	バイオクリン S P G	1	75			5時間～7日
		第4層	バイオクリン S P C	1	75			6時間～7日
シリコン系塗料 C	現場	素地調整	電動工具による旧塗膜等の除去	[1]				
		下塗1	ニッペスリークプライマー	1	50		250	16時間～7日
		下塗2	ニッペスリークプライマー	1	50		250	16時間～7日
		上塗	ニッペスリーク A F - II	1	150		300	5時間～

【備考】 1 B, Cはシリコンオイルを溶出して付着防止
2 Aは水道法の基準に適合

参考文献

- 1) 斎藤憲一他：無公害防汚塗料の防汚効果、付着生物研究 第8巻 第1/2号 (1990)
- 2) 奈良猛他：取水管路の更正工事における技術的特徴—耐震継手の改良とカワヒバリガイ対策—、水道協会雑誌 第75巻 第4号 (2007)
- 3) 小林卓也：銅によるカワヒバリガイ付着抑制作用に関する研究、財団法人日本工業振興会研究助成による研究成果報告会 (2011)

～コラム１～ 固着防止資材の室内試験

固着防止効果を評価するため、固着防止効果が期待される撥水性資材の有効性を単純条件下（室内試験）で試験した事例を紹介する。

供試貝等の採集は10月からの断水時に幹線水路から行い、11月～12月に試験片の作成・養生等を行い、1月から試験を開始した（なお、試験に際しては、環境省の外来生物法に係る特定外来生物の飼養許可を受け実施した）。

試験片の作成・養生等に当たっては、お椀状の発泡容器の内側（直径10cm、モルタル厚さ1cm程度）にモルタルと試験塗料を塗布しそれぞれ10個ずつの試験片を準備した。供試貝は、水路で1cm程度の貝を採取し、水路の水とともに室内に持ち帰り速やかに室内試験に供した。また、採集から10日間以上経過した貝は使用しなかった。

試験片に貝1個体を中央に静置させ、足糸数の増加が収束する時間を調査し7日間で固着力の指標として足糸数を実体顕微鏡下で計数した。



貝の固着状況

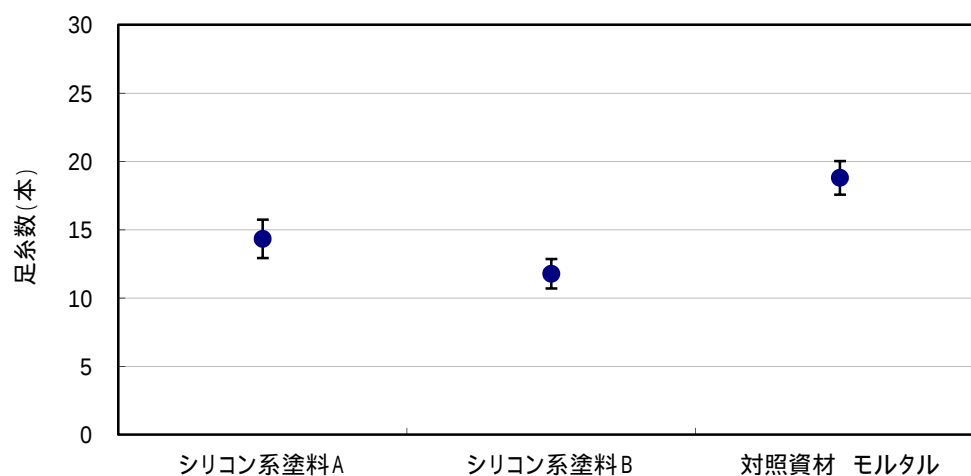


実体顕微鏡による足糸の計数作業



シリコーン系塗料 足糸

試験の結果としては、シリコーン系塗料を塗布した場合が、対象資材であるモルタルよりも足糸数が少なかったことから、カワヒバリガイの付着力及び忌避性に対し効果があると想定される。



※ エラーバーは標準誤差

～コラム２～ 固着防止資材の現地試験

用水機場等のスクリーンや配管への生貝の固着や死貝による閉塞により通水障害が発生している。それを防ぐための対策として「幼生の着底を未然に防ぐ」対策が提案されている。幼生の着底を未然に防ぐ対策として、農業水利施設に固着防止の効果を有する塗料資材を塗布し、カワヒバリガイの固着を防ぐ対策の実用性等を確認した事例を紹介する。

○水路での試験事例

幹線水路において、カワヒバリガイの固着防止性が期待される塗装資材（３種）を水路壁に試験塗装し、塗装部、未塗装部における固着個体数を計測し、塗装資材の固着防止の効果を確認する調査を実施した。

表３ 調査の概要

項目	内容
調査内容	カワヒバリガイの固着防止性が期待される塗料を水路壁面に試験施工し、塗装面における固着状況を確認する。
調査実施状況	幹線水路の両壁面において、付着生物の固着防止塗料であるシリコン系塗料２種類と防水性塗料であるエポキシ樹脂系塗料の計３資材を塗装し、カワヒバリガイの固着個体数を計測した。  水路への試験施工後の様子
調査時期	【塗装】 平成 26 年 11 月 【効果検証】 平成 27 年 9 月、平成 28 年 9 月
調査方法	【塗装資材】シリコン系塗料（２種類）、エポキシ樹脂系塗料 【効果検証】資材塗装及び未塗装の水路壁面において、コドラート（25cm×25cm）内の固着数を計測。なお、平成 27 年度調査後に、塗装面及び未塗装面の洗浄を実施。

資材塗装面と未塗装面のカワヒバリガイ固着個体数を比較すると、全ての資材において未塗装面よりも固着個体数が少なく（図 41）、資材の塗装により固着が防止されることが確認された。

一方、平成 27 年度（施工後 1 年目）と平成 28 年度（施工後 2 年目）の固着個体数を比較すると、全ての資材において平成 28 年度に固着個体数が増加した。施工後 2 年目の塗装面において汚れやざらつきが確認される等、塗装後の供用期間による影響が固着防止の程度に影響している可能性が考えられ、実際の対策に当たっては留意する必要がある。

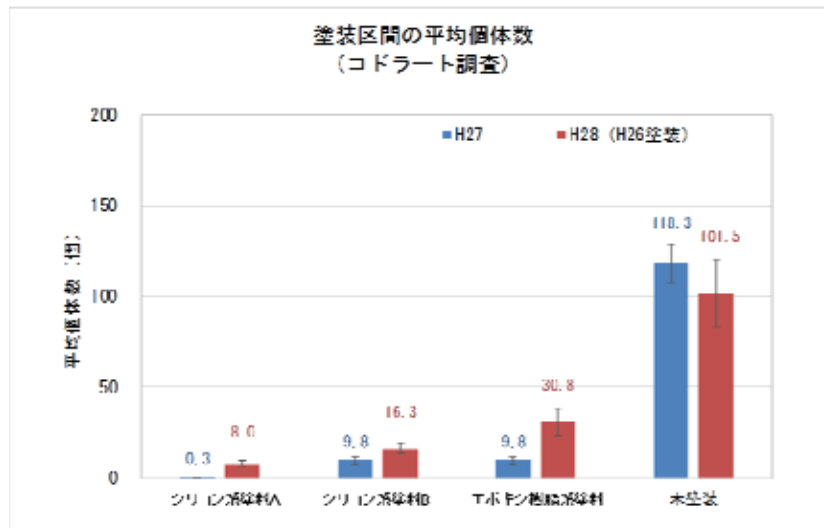


図 41 塗装区間における水路壁面への固着個体数



未塗装区間



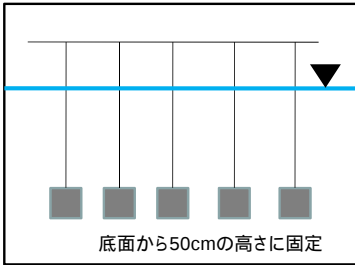
塗装区間

図 42 施工後の未塗装区間と塗装区間の状況

○ファームポンドでの試験事例

カワヒバリガイの固着防止性が期待される資材塗装コンクリートをファームポンドに設置し、固着個体数を計測することでその効果を確認した。

表 4 調査の概要

項目	内容
調査内容	カワヒバリガイの固着防止が期待される塗装資材を 30cm 角コンクリート板に塗装し、固着状況を確認する。
調査実施状況	6 種類の固着防止資材をそれぞれ塗装したコンクリート板と未塗装のコンクリート板を、ファームポンドの内壁に沿って設置し、カワヒバリガイの固着個体数を計測した。   底面から50cmの高さに固定
調査時期	平成 22 年度～平成 28 年度のかんがい期
調査方法	【塗装資材】シリコン系塗料（4 種類）、エポキシ樹脂系塗料、ウレタン系塗料 【効果検証】コンクリート板を引き上げ、劣化状況とカワヒバリガイの固着状況を目視と写真により確認・記録。

無塗装のコンクリート板においては、カワヒバリガイの固着が毎年度確認された(図 43)。一方で、固着防止資材を塗装したコンクリート板においては、無塗装のコンクリート板と比較して固着数が少なく、特に、平成 24 年度、平成 26 年度～平成 27 年度の 3 ヶ年は固着が認められなかった。

また、平成 22 年度にコンクリート板に固着防止資材を塗装して以降、平成 28 年度まで、塗装面の剥離等の劣化は認められなかった。

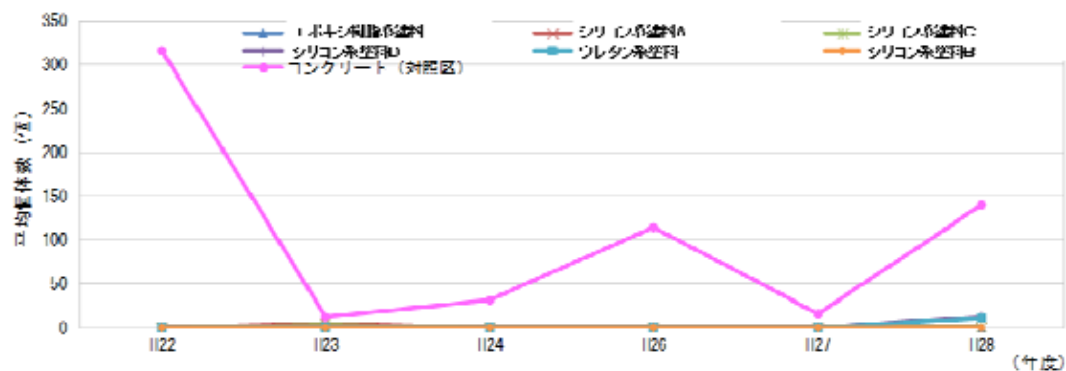


図 43 ファームポンドにおける資材ごとの固着個体数

5.2.1.2 取水の際に行う対策

効率的な被害対策として、取水の際に幼生の下流域への分散を防止または軽減することによって、被害の発生または拡大を防ぐことが有効である。

近年、既設ダム等を新たに選択取水が可能な構造にすることによって、農産物の品質向上（稲の高温障害回避等）や、下流域の生態系への配慮、清流回復を図る事業も増えてきているため¹⁾、カワヒバリガイ対策単独、または、これらの目的と併せて、選択取水が可能となるよう対策を実施することも有効である。

①取水位の選択による対策

これまでの幼生の深度分布の調査から、表層において幼生は少ない傾向にある。このことから、このカワヒバリガイ幼生の生態的特徴を利用し、表層からの取水を選択することで下流域への幼生の拡散を防止することが期待される。

水深別の選択取水が可能な取水施設の例は図44のとおりである。老朽化等により改修が必要となった場合等では、併せて多孔式ゲートや可動式取水塔等の改修を検討することも有効と考えられる。なお、ダムの性質により条件が異なることから、本対策を検討する場合は幼生の分布状況等について十分な調査を行う必要がある。

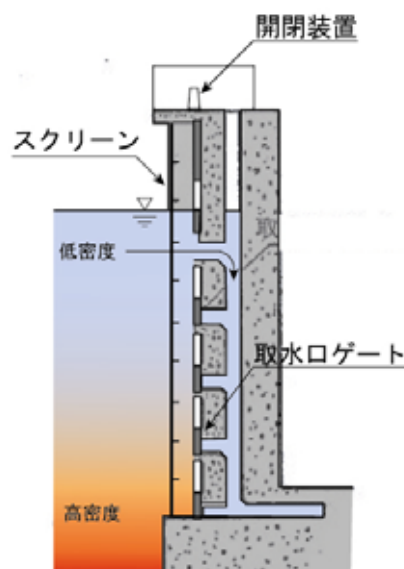


図44 取水施設（多孔式ゲート）

②取水場所でのフィルター利用により防止する対策

末端調整池のポンプ吸込口のスクリーンに、細かい目のフィルターを設置することで、幼生の流出や拡散を防止する対策が考えられる。これまでに、主目的は底泥流入防止を目的とした除塵フィルター（フィルターの目の細かさは $100\mu\text{m}$ ）で、併せてカワヒバリガイの幼生への効果を持たせた事例がある。

留意点としては、フィルターの目が細かいため、揚水量が多い機場では、吸水障害を来さないよう、ピーク流量以下の時期での活用や、吐水槽の拡幅等の工事が必要となる。また、フィルターの目が $100\mu\text{m}$ 程度のものが一般的であるため、 $100\mu\text{m}$ より小さい幼生はフィルターを通過してしまうことや、フィルターにカワヒバリガイが固着するため、フィルターの干出し、清掃が必要である。

参考文献

- 1) 谷口祐豪他：既設ダムへの選択取水設備の新設、こうえいフォーラム第12号（2004）

5.2.2 「着底しても大きくなる前に取り除く」対策

5.2.2.1 除去による対策

除去による対策の一般的なプロセスを図 45 に示す。これを参考に、被害状況の把握からはじめ、必要な情報や手続きが抜けることのないよう適切なプロセスで対策を検討することが重要である。

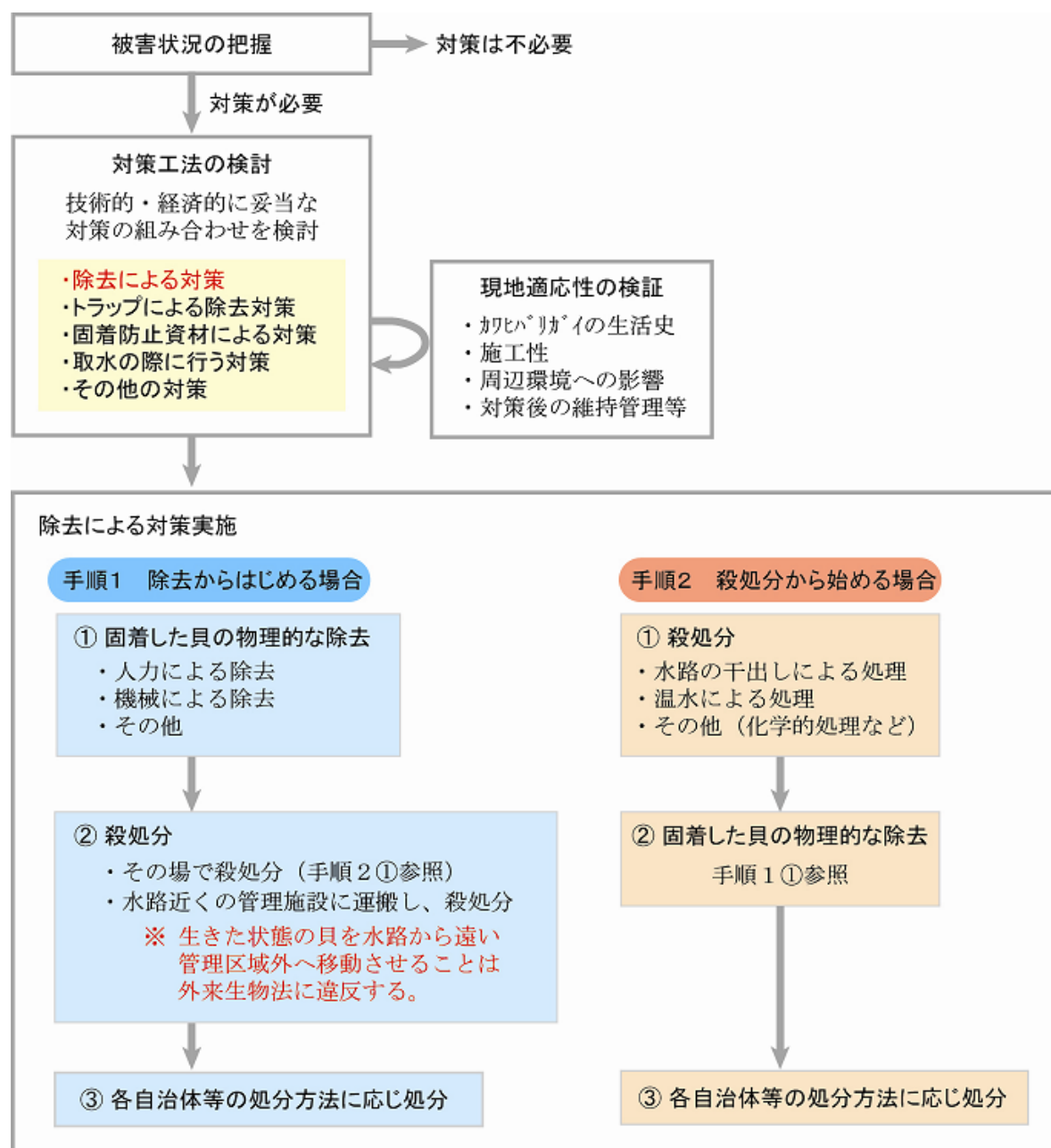


図 45 除去のプロセス

①固着した貝の物理的な除去（人力）

除去による対策のうち、最も一般的な方法としては、固着した貝を人力で物理的にそぎ落とし、除去する方法があげられる。

物理的な除去に当たっては、通常の施設管理の際に用いられる器具のほか、効率的にカワヒバリガイを除去できた実績のあるコンクリート型枠清掃用の道具を用いる¹⁾等の方法が考えられる（図46）。

また、スクリーン内に固着したものは、ヘラ（スクレーパー）で除去した事例がある。

物理的な除去を試みて失敗した事例としては、火炎放射器があげられるほか、角形スコップでは作業効率が悪かったという事例がある。

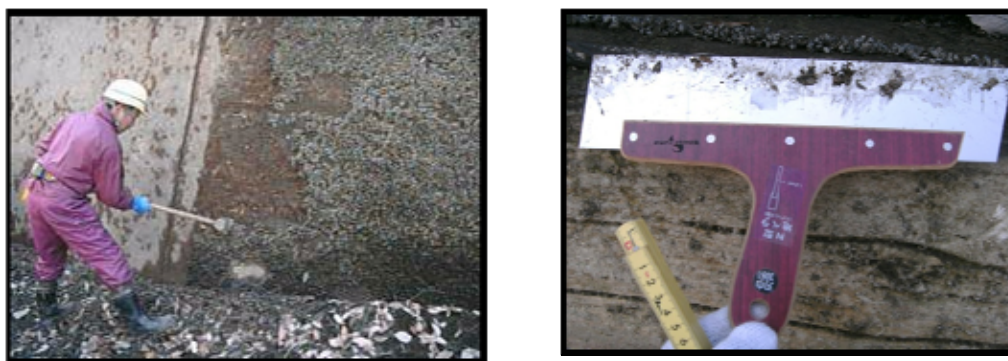


図46 コンクリート型枠清掃用の道具等

【参考】カワヒバリガイの付着力

ライニング材によってカワヒバリガイの付着力が異なるという結果もある。報告ではエポキシ系資材で付着力が1.37N、シリコン系資材で0.10Nという結果であった。¹⁾

物理的な除去の際には、対象となる付着場所の材質や老朽化度合い（平滑性）によって付着力に違いがあることに留意する必要がある。

参考文献

- 1) 湯浅晶・松井佳彦・真柄泰基・山本浩之・国包章一・長屋圭治：カワヒバリガイの付着・脱離特性に関する研究 岐阜大学流域環境研究センター報告 第3号（1998）

②固着した貝の物理的な除去（機械）

物理的な除去を行う場合、固着貝量が膨大である場合は、機械を用いて除去する方法が有効である（図 47 及び図 48）。

この場合、当該対象地区に非かんがい期があり通水しない時期がある、または、一時的な点検等による断水を行う時期の設定が可能でなければならない。また、水路内を走行及び作業可能であることが必要である。

また重機を用いる場合でも、樹脂製アタッチメント¹⁾やゴム製クローラー等、水路構造物への負荷を軽減している事例もみられる。



図 47 樹脂製アタッチメントとゴム製クローラーを装着した重機による駆除



図 48 重機の侵入が困難な場所等に適用可能な高圧放水機

参考文献

- 1) 中部電力等の共同開発 特許出願中（特許庁公開特許公報 特開 2012-2011）

③水路の干出しによる駆除

水路を干出すことにより、水路内環境を乾燥状態とし、カワヒバリガイを駆除することが可能である。

室内試験結果によると、気温が高いほど、また、湿度が低いほど、干出しによる駆除の効果が高いことが分かった（図 49）。このため、営農上水利用が少ない時期に干出しを行うことが可能な水路では、有効な駆除方法ということができる。

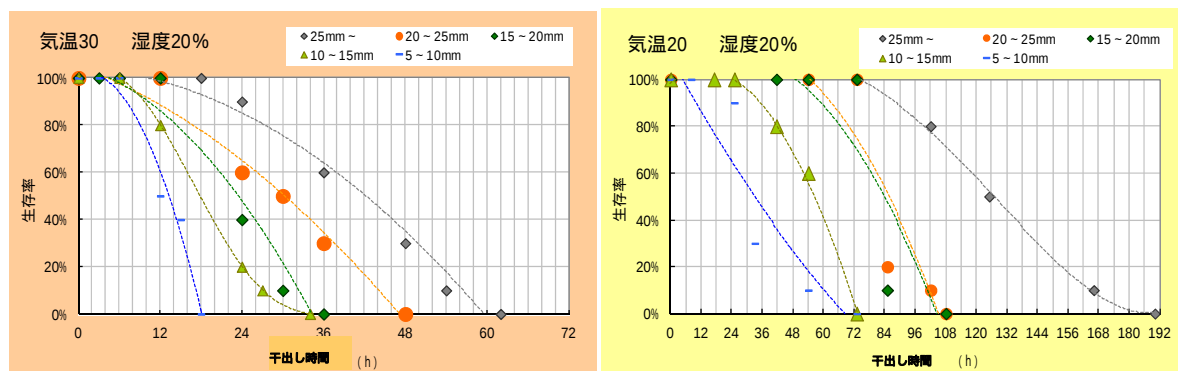


図 49 室内試験での異なる環境下での干出し時間と致死率（貝長別）

このことは、現地での実証試験でも実証され、一般的に非かんがい期となる 10 月に愛知県内で干出し実証をした結果、完全な乾燥化では 1 週間程度でカワヒバリガイが全滅したことがわかった。ただし、湿度が高く乾燥状態とならない暗渠内では、2 週間経過後も生存しているカワヒバリガイが多数みられ、暗渠ではかならずしも絶対的な駆除方法とはならない可能性が示唆されている（図 50）。

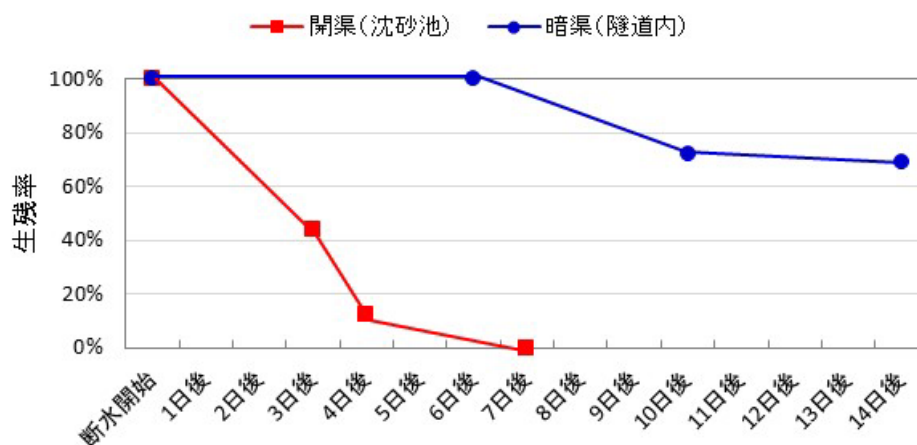


図 50 現地での実証試験結果

一方、12月の干出し実証の結果は、気温が低く効果的な駆除ができなかったことから、なるべく気温の高い時期に干出しをすることが望ましい。

また、貝が小さい程、干出しの期間が短くても駆除が可能であり、水路等からのそぎ落としも容易である。さらに、貝が小さいと死貝が流下した場合でも目詰まりの危険度が減少することから、既にカワヒバリガイの生息が確認されている地区においては、毎年、水路等の干出しを実施し、貝が大きくなる前に駆除することが効果的である。

なお、水路以外の施設における取組例として、伊藤（2016）に調整池での干出しの事例が報告されている。¹⁾

④温水による駆除

カワヒバリガイをその場で殺処分する必要があり、かつそぎ落としではない方法で短時間で処理しなくてはならない場合、高温の水に生貝を曝して駆除することも可能である。

⑤廃棄処分

干出し等により殺処分した後、死貝となったカワヒバリガイを運搬して廃棄物として処分することは問題ない（廃棄は自治体の処分方法に応じて行う）。これまでの処分方法としては、水路または付帯の管理施設用地で埋設処分したり、管理施設用地で天日乾燥し重量・体積を減少させ産業廃棄物として処分する等の事例があげられる。

なお、生貝を運搬することは外来生物法では原則禁止されている（環境省地方環境事務所へ許可申請が必要）。したがって、捕獲した生貝のカワヒバリガイを、管理施設外へ持ち出してはいけない。

参考文献

-
- 1) 伊藤健二：那珂川水系における特定外来生物カワヒバリガイの侵入状況、保全生態学研究 21 巻 1 号 pp. 67-76 (2016)

～コラム～ 温水による駆除

＜室内試験＞

室内試験の結果によると、50℃の温水では 60 秒の曝露で 20mm 未満の個体はほぼ完全に駆除が可能であり、70℃の温水では 10 秒の暴露で完全な駆除が可能であった（図 51）。

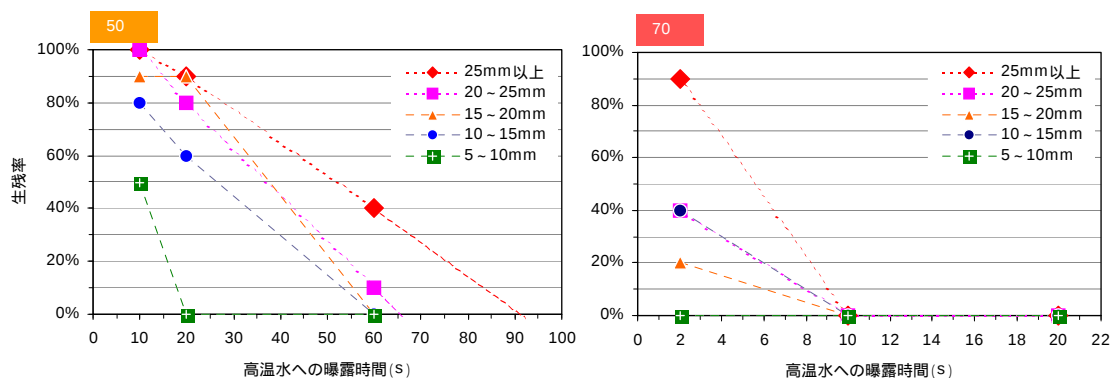


図 51 高温水で駆除するのに必要な時間

＜高圧温水機を用いた除去対策＞

清掃のために水位を下げた吐水槽において、カワヒバリガイがまとまって付着しているコンクリート継ぎ目部分を中心に、高圧温水機を用いて、壁面温度 70℃以上となるように温水（73℃）を 1 箇所当たり 20 秒間連続噴射し、効果を検証した。



壁面の貝の付着状況

付着の
多い箇所



高圧温水機による噴射作業

○作業時間と高圧温水噴射による貝の死亡率

高圧温水噴射作業時間は 0.05m² で 10 分（200 分/m²）を要したが、付着貝が残り、全てを除去することはできなかった。

また、高圧温水噴射による貝の死亡率を把握するため、任意に抽出した生貝 75 個体を並べて、上記壁面除去と同じ条件（73℃の温度で 20 秒間の噴射）で高圧温水噴射を行ったところ、全体で死亡率は 96%（死亡貝 72 個体、生存貝 3 個体）となり、生存貝が残る結果となった。