

5.1.5 工事を実施するにあたっての配慮事項

● 中城湾内で工事を行う事業者の取り組み姿勢

事業者は、年間を通じて4章4.2.1「開発を行う事業者の役割」に基づいて対応を行う。

- ・ 事業者が事業規模に関わらず、事業に伴う環境対策としてトカゲハゼ保全に取り組むこととし、その際には本指針を参考に事業場所・規模・事業実施時期に応じ、保全対策やモニタリングの実施など、トカゲハゼの保全に関する取り組みについて検討を行った上で、事業を実施する。

● トカゲハゼの生活史を踏まえた配慮事項

本指針においては、旧計画および旧計画策定以降の運用方針を見直し、中城湾全体で一律に海上工事をできるだけ行わない期間を設けるのではなく、下記に示すとおりトカゲハゼの生活史を踏まえた配慮事項を示した。今後は主に事業者が4～6章に示すトカゲハゼ保全に関する取組みを適切に実施しながら事業を進めることで、トカゲハゼとその取り巻く環境の保全と、湾内・沿岸地区における開発・整備の調和を図ることができると考えられる。下記で示す配慮事項を踏まえ、実際に事業を実施する際の参考資料としてトカゲハゼ保全の取り組みに関する検討の具体例(資料編4)を記載している。

<繁殖期(求愛):3～5月>

- (A) 生息地の直接改変については、トカゲハゼへの影響が大きいと考えられるため、工事ごとに適切な環境保全対策を講じる必要がある
- (B) 生息環境(潮流・波浪、底質等)への影響を小さくするため、工事箇所と生息地を800m以上隔離する

<繁殖期(産卵):4～6月>

- (A) 生息地の直接改変については、トカゲハゼへの影響が大きいと考えられるため、工事ごとに適切な環境保全対策を講じる必要がある
- (B) 生息環境(潮流・波浪、底質等)への影響を小さくするため、工事箇所と生息地を800m以上隔離する
- (C) 陸上の騒音・振動については、特に生息地近傍における工事を実施する場合は配慮する

<分散期:4～6月>

- (D) 水の濁りの影響を小さくするため、汚濁防止膜を展張する
- (E) 仔稚魚の移動への影響を可能な限り小さくするため、移動経路として80m程度の水路の幅を確保する(移動経路を塞ぐような汚濁防止膜の展張はしない)

<浮遊生活期:4～7月>

- (D) 水の濁りの影響を小さくするため、汚濁防止膜を展張する

<移動・着底期:5～7月>

- (D) 水の濁りの影響を小さくするため、汚濁防止膜を展張する
- (E) 仔稚魚の移動への影響を可能な限り小さくするため、移動経路として80m程度の水路の幅を確保する(移動経路を塞ぐような汚濁防止膜の展張はしない)

<着底生活期(着底):5~7月>

- (A) 生息地の直接改変については、トカゲハゼへの影響が大きいと考えられるため、工事ごとに適切な環境保全対策を講じる必要がある
- (B) 生息環境(潮流・波浪、底質等)への影響を小さくするため、工事箇所と生息地を800m以上離隔する

<着底生活期(成魚):通年>

- (A) 生息地の直接改変については、トカゲハゼへの影響が大きいと考えられるため、工事ごとに適切な環境保全対策を講じる必要がある
- (B) 生息環境(潮流・波浪、底質等)への影響を小さくするため、工事箇所と生息地を800m以上離隔する

5.2 トカゲハゼ保全に向けた対策の事例

これまでトカゲハゼの保全に向けて実施されてきた対策事例を示す。
事業を検討する際のトカゲハゼに対する対策として、参考にされたい。

5.2.1 保全対策事例(1):既存生息地の保全

トカゲハゼの生息が確認されている生息地(既存生息地)を保全する上で、トカゲハゼが生息しやすい底質環境を維持することは重要である。例えば、既存生息地でも、粘土・シルト分の流出や底質の砂礫化により、局所的に泥質干潟環境が保たれている場所にトカゲハゼが生息し、それ以外の場所では生息しない場合がある。したがって、トカゲハゼの保全では、トカゲハゼが生息するのに適した泥質干潟を維持・管理するために、試験造成地を含め、底質の改修・改良を施す必要がある。

(1) 既存生息地の底質の現況確認

1) 底質管理における基礎条件の調査

底質等の調査で行う項目を表 5-2 に示す。底質改良を行う際、底質の軟らかさを表す指標として、せん断強度・貫入深度を計測するほか、泥質の評価として粒度組成の分析と、トカゲハゼの生息しやすい環境の目安として、外観変化(1cm 程度の浅い水たまり)を調査する。

表 5-2 底質改良等における底質等調査¹¹

調査項目		測定・分析方法
現地測定	外観	目視観察、写真撮影による水たまりの分布等を記録。
	柱状採泥	パイプを用いて海底面下30cm付近までの底質を採取し、性状等の記録。
	底質のせん断強度	ハンドペーンを用いて測定。
	土壌の柔らかさ	貫入計を用いた貫入試験により測定。
室内分析	粒度組成	JIS A 1204
砂面変動		各改良区の北東位置にある杭の高さを、6月～翌3月までの毎月一回測定。

注) 室内分析は底質改良区5地点、生息地、生息地外周2地点の計8地点で実施。生息地外周については、外観や貫入試験等の結果をもとに5地点のうち2地点を選定した。



図 5-12 調査概要¹¹

¹¹ 出典: 沖縄県土木建築部、令和5年度中城湾港生物調査業務 報告書

(2) 底質改良手法

1) 底質改良工

手順を図 5-13 に示す。人力でスコップを用い、深さ 20~30cm 掘削し、底質の混合を行う。比較的砂層が厚い場合においては、下層の泥質層を表層側に置き換えるとともに転石を取り除き周囲に配置する。次に、干潟面の滲出水が、改良工実施区域内を流れ、トカゲハゼの活動に重要な浅い水溜りの形成があるか確認を行う。

改良工実施時期として、トカゲハゼ稚魚の着底最盛期(5月下旬から7月下旬)を過ぎた時期に実施することが望ましい。

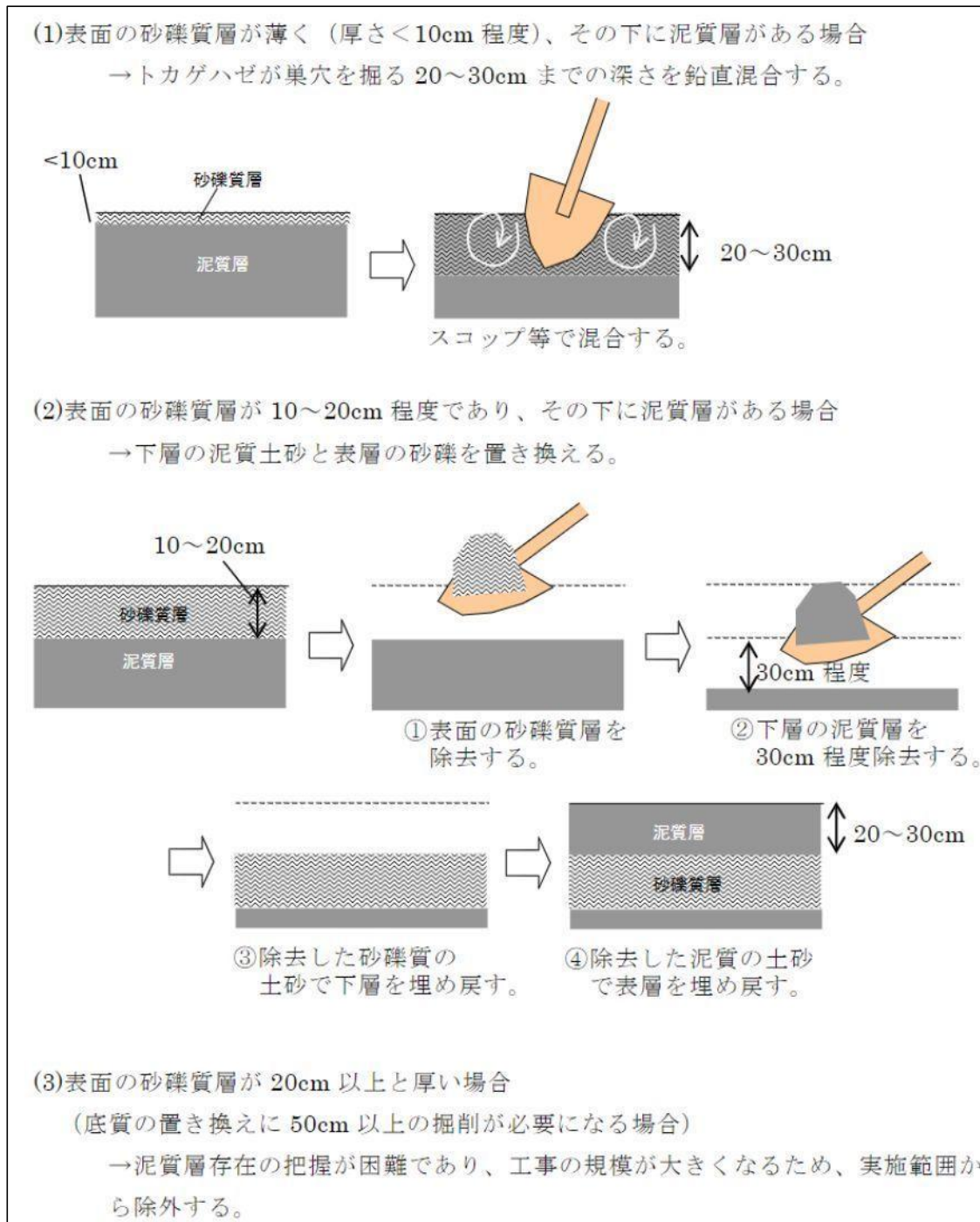
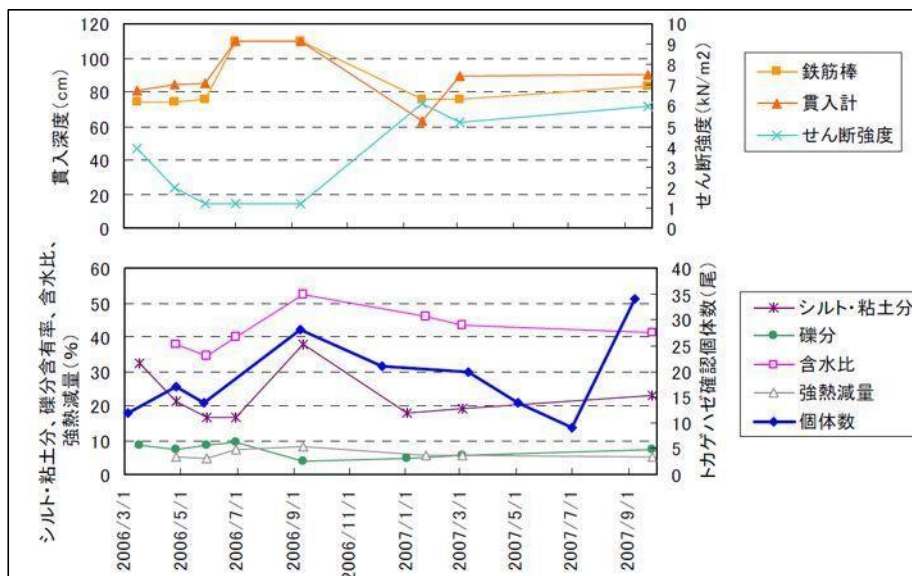


図 5-13 底質改良工の手法

【事例】泡瀬地区における底質改良

泡瀬地区は、トカゲハゼの生息環境としては例外的に底質粒径が粗い。トカゲハゼは、その中でも比較的泥分の多い場所に局所的に生息している。トカゲハゼの生息が見込めるのは、現存の生息環境の周辺のみであるが、かつて生息地背後にあった湿地がほとんど消失し、残存する比屋根湿地とも県道で隔たれているため、泥の供給が少なくなり、生息地周辺では砂礫化や硬質化が生じ課題となっていた。

そこで既存のトカゲハゼの生息環境を維持することが目的とし、トカゲハゼの既往生息地周辺において規模(10m×10m)として底質の改良試験を平成17年度に実施した。その際、底質改良による他の干潟生物への影響を可能な限り低減するため、人力による掘り起こしを行った。その結果、簡易な底質改良工(人力による掘り起こし)がトカゲハゼの生息環境を整える手法の一つとして有効であると確認された。事業者によってこれまでに平成18年3月(試験)、平成20年10月、平成24年3月、平成25年3月、平成30年11月、令和3年11月、令和4年10月に実施されており、改良後は場所によるばらつきはあるものの数個体のトカゲハゼ成魚が一定期間確認されてきている(図 5-14、図 5-15)。

図 5-14 泡瀬地区の底質改良工の実施¹²図 5-15 トカゲハゼ個体数と各指標の関係(既存生息地)¹³

¹² 出典:平成20年度中城湾泡瀬地区環境保全・創造検討委員会第1回人工島環境整備専門部会 トカゲハゼ既存生息地の保全に関する調査・検討

¹³ 出典:平成19年度中城湾泡瀬地区環境保全・創造検討委員会第2回人工島環境整備専門部会 トカゲハゼ生息干潟の整備に関する検討(底質改良試験の効果の検証)

2) 外来種駆除後の細根除去による底質改良

底質の変化の要因の一つとして、マングローブ類が挙げられ、分布拡大による地盤高の上昇や底質の硬化が課題となりやすい。新港地区では、過去にヒルギダマシが繁茂し、保全対策として伐採が行われてきた(新港地区における外来種(ヒルギダマシ)の駆除については、5.2.2 参照)。伐採後再びトカゲハゼの生息が確認された生息地がある一方で伐採から5年経過した後も生息が確認されていない生息地(試験造成地G・H)も存在する。これは、泥質干潟に伐採後残存しているマングローブの細根により、トカゲハゼが好む泥質環境の条件に戻らないためであると考えられている。

そこで、トカゲハゼの生育をヒルギダマシの伐採根が影響を与えているかどうか調べるため、令和4年度より試験が始まり、試験造成地H(令和4、5年度)、G(令和6年度)で細根除去試験が実施され効果の検証が行われている(図 5-17)。試験造成地Hでは、図 5-16 に示す細根除去手法について、図 5-17 に示す改良区それぞれについて検証を行った。



図 5-16 底質改良実験で検証された手法¹⁴

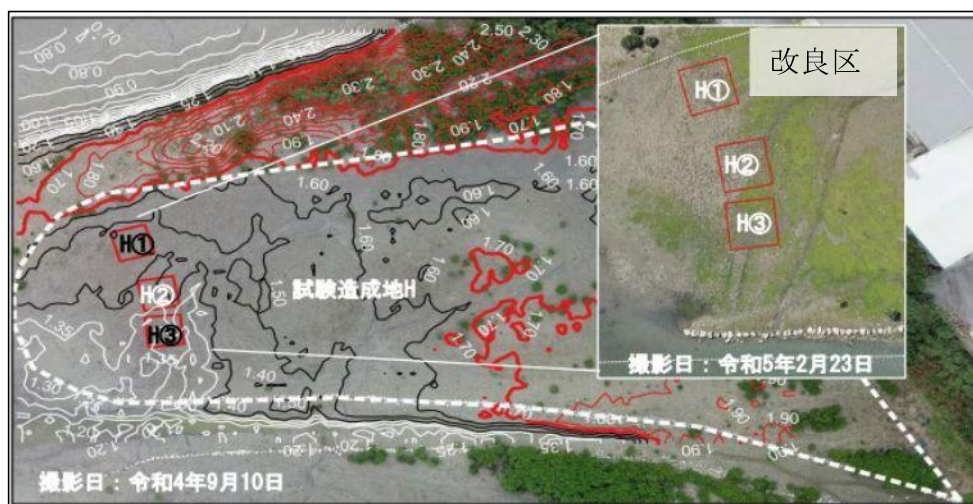


図 5-17 試験造成地 H の細根除去試験が行われている改良区
(改良区 H①: 手法①、改良区 H②: 手法②、改良区 H③: 手法③)¹⁵

¹⁴ 出典: 沖縄県土木建築部、令和6年度中城湾港生物調査業務 報告書より作成。

¹⁵ 出典: 沖縄県土木建築部、令和5年度中城湾港生物調査業務 報告書

(3) 留意事項

底質改良を行う際は、以下に留意する必要がある。

- ・ 改良工事を行う際は、現地踏査により着底幼稚魚、成魚の生息状況やその他干潟生物の生息状況や底質を確認する。また実施後は、水たまり等の経過を観察する。
- ・ 底質改良時には、底質改良を行う場所に干潟生物等がいる場合は、事前に改良対象地から離れた場所に移動するなど、干潟生物への影響を可能な限り低減することが望ましい。

5.2.2 保全対策事例(2)：外来種(ヒルギダマシ)対策

中城湾では、2002 年前後に新港地区で初めて移入が確認され、2007 年以降分布面積が急速に拡大した。トカゲハゼの生息地でもヒルギダマシが確認された。ヒルギダマシの放射状に広がる呼吸根の密集により、開放的かつ柔らかい泥質の底質環境が失われ、トカゲハゼの生息数が減少し始めた。そこで、ヒルギダマシの駆除と泥質干潟の回復方法の実験・検討が行われてきた。



図 5-18 試験造成地(G、H)におけるヒルギダマシの繁茂状況¹⁶

(1) ヒルギダマシの生態的特徴

ヒルギダマシ(*Avicennia marina*)は、クマツヅラ科の常緑低木のマングローブ植物である。自然分布では宮古島を北限としており、個体数が限られているため、環境省では絶滅危惧Ⅱ類(VU)、沖縄県では準絶滅危惧種(NT)に指定されている。自然分布しない沖縄島においては、人為的に植えられたものが繁殖しており、国内移入種となる。

形態は図 5-19 に示す。根は泥地内を水平に走り、多数の呼吸根が泥土上にタケノコ状に直立する。葉は対生で、長さ4～8cm 長楕円形の全縁、表面は無毛で光沢があるが裏面は粒状毛が密生して灰白色になる。黄色い数個の花を頭状につける。果実は卵円形で長さ 1.5～2.5cm、灰白色に熟す。¹⁷



図 5-19 ヒルギダマシの形態の特徴

¹⁶ 出典：沖縄県(H26)平成 25 年度中城湾全体におけるトカゲハゼ保全対策報告検討会 ヒルギダマシに関する報告

¹⁷ 出典：沖縄県(H30)「改訂・沖縄県の絶滅のおそれのある野生生物 第3版 —レッドデータおきなわ— 菌類・植物編」p259

(2) ヒルギダマシの防除

トカゲハゼの生息しやすい開放的かつ柔らかい泥質の環境を維持するためには、ヒルギダマシの駆除および防除が必要である。以下では、これまで沖縄県で取り組まれた手法を紹介する。

1) 断幹処理

断幹処理とは、ヒルギダマシを切り倒し、切断面を海水に曝すことで枯死をさせる手法である。幹を切断する際の基準は、小潮時に切断面が潮で浸かる高さ(中城湾新港地区の事例では、地上高約 30cm 以下)とする。これは、切断により生じた切断面が水没する時間・頻度を長くするためである(図 5-20)。



図 5-20 ヒルギダマシの断幹処理(30cm で断幹・枯死個体)¹⁸

2) ヒルギダマシの新規加入個体(実生株)抜き取り

トカゲハゼ生息地に新たに加入したヒルギダマシ(実生株)は、株の抜き取りをする。これまでの調査において、抜き取り駆除が実施されている(図 5-21)。



図 5-21 除去した実生個体

3) 残存する細根の底質への影響

試験造成地のうち、GとHでは伐採5年が経過しても個体数が回復しなかった。そこで令和4年より、伐採根のトカゲハゼの生息への影響を確認するため、底質改良試験が実施されている(詳細は 5.2.1 を参照)。

(3) 留意事項

ヒルギダマシは繁殖力が旺盛であるため、トカゲハゼ調査や県直轄の管理作業、周辺での工事および調査において発見された場合は、継続的なヒルギダマシの生育確認と駆除を行う必要がある。

¹⁸ 出典：沖縄県土木建築部、平成 25 年度中城湾港生物調査 報告書

(4) ヒルギダマシの駆除実績

トカゲハゼ生息地におけるこれまでの駆除実績を図 5-22 に示す。

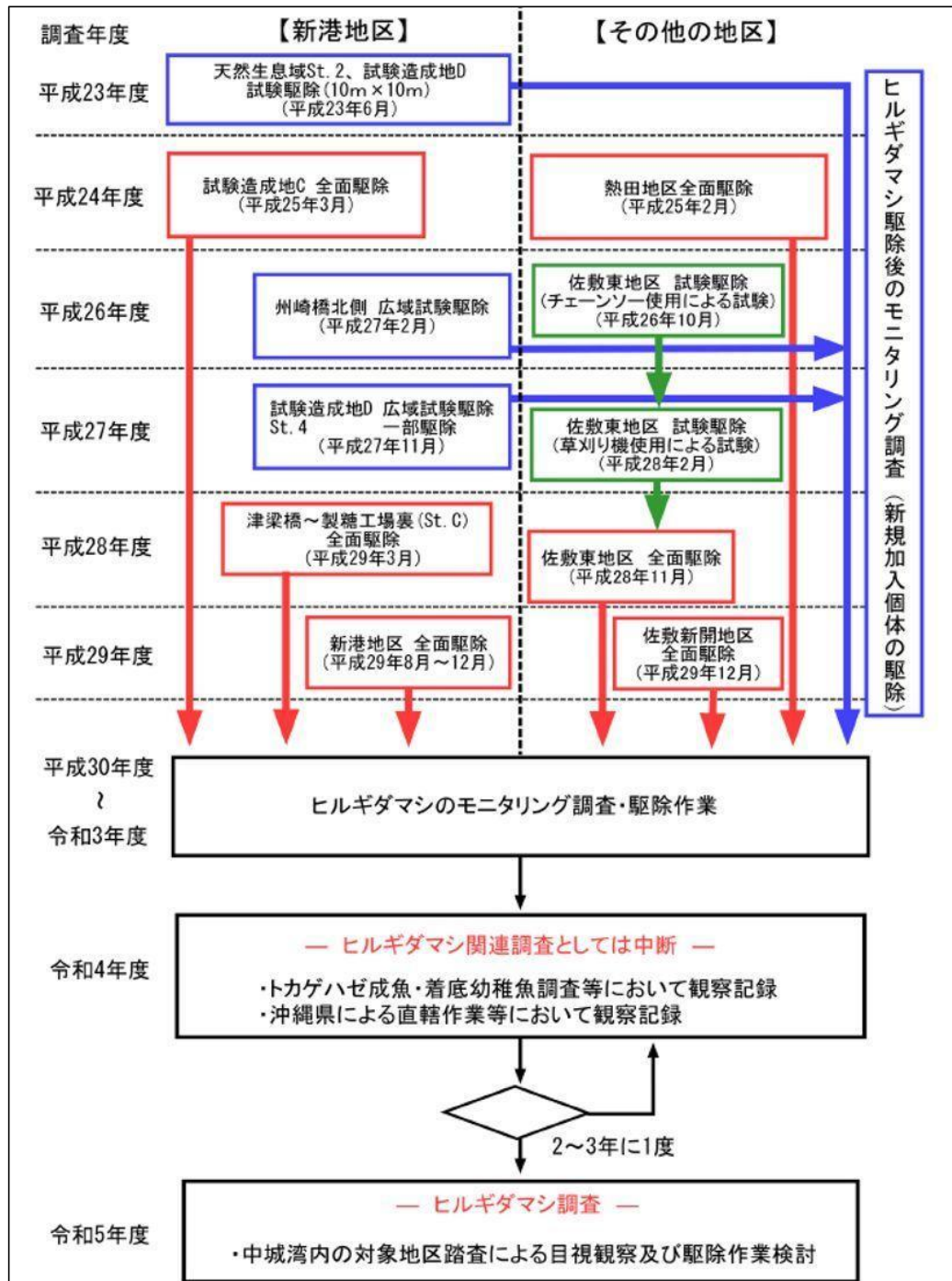


図 5-22 ヒルギダマシのモニタリング・駆除実績¹⁹

¹⁹ 出典: 沖縄県土木建築部、令和5年度中城湾港生物調査業務 報告書

【事例】新港地区のヒルギダマシ駆除

新港地区の試験造成地(5.2.4 参照)では、事業実施以前では生息が確認されていなかった。しかし2007年より、低い地盤にて生育するヒルギダマシが繁茂しているのが確認され始めた。ヒルギダマシは、生育範囲を急激に拡大し、初確認から約10年でほぼ全域に広がった。その結果、ヒルギダマシが繁茂している試験造成地では、それ以前に比べトカゲハゼの生息数が大幅に減少していることがわかった。

そこで、平成23年度から毎年、試験造成地や州崎橋等でヒルギダマシの駆除が始まった。平成30年のヒルギダマシ全面駆除まで、新港地区の着底幼稚魚数は概ね1000尾以下で推移していた。駆除により、試験造成地や天然生息地ではトカゲハゼの個体数が回復傾向にある。近年はヒルギダマシの分布が縮小し駆除量も減少したため、モニタリング頻度を試験的に隔年実施が行われている。また、新たに確認された泡瀬地区の内陸水路のヒルギダマシ駆除が検討されている(図 5-23、図 5-24)。その他にも、ヒルギダマシにより変化した底質や残存する細根の影響を取り除くべく、改良試験が行われている(5.2.1 (2) 2) 参照)。



図 5-23 (左)平成 30 年度ヒルギダマシ伐採前の景観(試験造成地H)²⁰
(右)令和3年度ヒルギダマシ伐採後モニタリング時の景観(試験造成地H)²⁰



図 5-24 新港地区ヒルギダマシ生息範囲(平成 26 年時)と着底幼稚魚生息地(令和5年)²¹

²⁰ 出典：沖縄県土木建築部、令和3年度中城湾港生物調査業務 報告書

²¹ 出典：沖縄県土木建築部、令和5年度中城湾港生物調査業務 報告書

5.2.3 保全対策事例(3)：人工増殖技術と放流による個体数の回復

事業実施に伴い、これまでには、新港地区の埋立事業完了時までの生息数の回復・維持を目的として、種苗生産技術の確立と種苗放流が行われてきた。さらに、資源利用の一環として、佐敷東地区の着底幼稚魚の移送放流も行われてきた。

個体数分布や生態特性に関する調査研究は、平成元年3月以降、沖縄県、沖縄市、西原町、与那原町および佐敷町(現、南城市)により行われたことで、成魚および仔稚魚の分布・生態、種苗生産技術については多くの知見が得られてきた。

以下では実際の手法の事例を示す。

(1) 種苗の生産

種苗生産の技術開発および生産管理技術に対する取り組みは平成5年～平成17年に行われた。

平成3年度の仔稚魚の形態を把握する飼育実験結果をもとに、平成5年から平成8年までは中間育成技術の開発と中間育成種苗の試験放流、平成9年から平成17年までは人工種苗生産技術の開発が行われた。これにより、卵から10～50%の生残率を示す手法を確立することができた。

また、平成5年から平成10年にかけてトカゲハゼ生息地の試験造成が行われたことに伴い、中間育成種苗および人工種苗の放流が実施された。

1) 中間育成(天然採取卵よりふ化・育成後放流)

中間育成手法では、天然採取卵をふ化・育成し、着底稚魚の段階で放流をした。

①天然卵の採取

天然卵を採取する。

②幼魚採集

生息数の多い佐敷地区干潟より着底幼稚魚を採集する。

③幼魚飼育

天然卵から得られた着底稚魚ははじめ屋内大型水槽で飼育し、幼魚段階になった場合は屋外の大型水槽で養成する。屋外水槽においては、干潟部を設置し、人工的に潮の干満を再現することで、天然生息個体に近い種苗を育成する。この際に種苗のへい死を防ぎ優良に育てるため、飼料の吟味と低密度の分散飼育に留意する。その際優良な種苗かについて、第一背びれの伸長を指標とする(表 5-3 参照)。

④放流と追跡調査

養成飼育した個体を干潟域に放流し、その後の減耗等を追跡調査して放流効果を確認する。

2) 人工種苗の育成

① 採卵

- ・天然卵の採卵

※人工産卵床における採卵:これまでの知見より産卵誘導は困難であるとされる。天然下・人工飼育下で、人工産卵床への産卵は稀である(積算水温、照度等によって月齢を識別して、産卵日が決まると考えられている)。

② 幼魚の飼育・放流

- ・5.2.3 (1) ① ②・③と同様。

表 5-3 飼育実験手法²²

項目	方法
ろ過	
飼育水槽	
水温	<p>仔魚・着底稚魚：26～28℃</p> <p>幼魚～成魚：屋外の自然水温</p>
餌	<p>仔魚：タイ型ワムシ、S型ワムシ、配合飼料、アルテミア幼生</p> <p>着底稚魚：アルテミア幼生、配合飼料、冷凍アカムシ</p> <p>幼魚～成魚：原海水に含まれる甲殻類幼生、微小底生生物、付着藻類</p>

²² 出典:沖縄県観光商工部企業立地推進課、平成19年度中城湾港新港地区トカゲハゼ生息状況等監視調査委託 総合報告書

(2) 種苗の放流

中城湾港新港地区においては、平成9年度から平成17年度にかけて、資源回復のための放流種苗を安定的に生産し、試験造成地への種苗放流を継続して行われた。

また、新港地区では平成25年より、佐敷東地区では平成30年から着底幼稚魚の移送放流が行われ、個体の回復が図られている。

1) 人工種苗の放流

平成26年度は潮が高い状況で行ったが、対象の造成地に確実に定着するか不確実だったため、平成27年度以降は干潮時に行っている。

平成9年度以降安定した人工種苗の生産と併せて天然から採取した種苗の育成により、毎年500～1,200尾のトカゲハゼ幼魚の放流を実施した(表5-4)。中間育成した天然産稚魚と人工増殖種苗を放流し、各年度末に約10～50%の生残率を得た。これによって、平成11年3月の時点で平成2年当時と同等の生息数(約550尾)まで回復させることができた。さらに、その後の種苗放流と生息地順応的管理により、自然状態での増加も含めて約1,000尾の生息数が維持されており、比較的安定した状態にあるといえた。

表 5-4 トカゲハゼの試験放流実施概要 ²³より作成

No	放流期日	飼育方法	放流数 (尾)	放流地点	放流参加者
1	平成7年11月22日	屋内水槽飼育(人工増殖群)	302	試験造成地 D	事業関係者
2	平成9年9月2日	屋内水槽飼育(人工増殖群)	100	試験造成地 A	事業関係者
		天然産(佐敷東地区より採集)	100	試験造成地 B	
3	平成9年11月14日	屋内水槽飼育(人工増殖群)	206	試験造成地 F	勝連町立 南原小学校
		屋外大型水槽飼育(人工増殖群)	102	試験造成地 D	
4	平成10年9月24日	屋内水槽飼育(人工増殖群)	300	試験造成地 E	事業関係者
		天然産(佐敷東地区より採集)	200	試験造成地 B	
			200	試験造成地 F	
5	平成10年11月18日	屋外大型水槽飼育(人工・天然混成群)	600	試験造成地 E	沖縄市立 美東小学校
6	平成11年12月13日	天然産(佐敷東地区より採集)	200	試験造成地 B	具志川市立 高江洲小学校
7	平成11年12月14日	天然産(佐敷東地区より採集)	170	試験造成地 G	事業関係者
		屋外大型水槽飼育(人工増殖群)	180	試験造成地 H	
8	平成12年11月29日	屋外大型水槽飼育(人工増殖群)	400	試験造成地 G	勝連町立 南原小学校
		天然産(佐敷東地区より採集)	200	試験造成地 H	
9	平成13年12月4日	屋外大型水槽飼育(人工増殖群) +	100	試験造成地 B	佐敷町立 佐敷小学校 勝連町立 南原小学校
			200	試験造成地 D	
		天然産(佐敷東地区より採集)	300	試験造成地 F	
10	平成14年11月21日	屋外大型水槽飼育(人工増殖群)	206	試験造成地 F	勝連町立 南原小学校
		天然産(佐敷東地区より採集)	106		
11	平成17年11月18日	屋外大型水槽飼育(人工増殖群)	200	試験造成地 F	うるま市 南原小学校
		天然産(佐敷東地区より採集)	220		
合 計			4,592	-	-

²³ 出典：沖縄県観光商工部企業立地推進課、平成19年度中城湾港新港地区トカゲハゼ生息状況等監視調査委託 総合報告書

こうした種苗放流は、環境学習会の一環として、近隣小学校においても実施された。



図 5-25 トカゲハゼの試験放流実施状況²⁴

2) 移送放流

移送放流とは、着底しても成魚まで成長できないと考えられる場所に着底した幼稚魚について、継続的に成魚と着底稚魚の確認される場所に移送し、放流することで、トカゲハゼ個体群の保全を図るものである。中城湾では、平成 26 年に佐敷東地区の減耗が予想される着底稚魚について、トカゲハゼの資源利用の一環として、新港地区試験造成地 E、F に移送したのを皮切りに開始され、継続して実施されている。

① 放流地の選定

放流場所は、成魚が多く生息し、繁殖の中心と考えられている佐敷東地区やトカゲハゼ保全のために設置された新港地区試験造成地を検討する。

放流の優先順位は近年のトカゲハゼの生息状況等を勘案して検討する。

② トカゲハゼ着底用稚魚の採取

移送放流する着底稚魚を採取するにあたり、トカゲハゼの個体数が継続的に確認されている佐敷東地区における過去の調査結果を確認し、成魚が確認されず着底稚魚のみが確認されているエリアを選定する。

着底稚魚は、網で採集し、バケツに収容する。採集数の計数を行い、放流場所ごとに着底稚魚を分けて、冷房(28℃程度)を施した室内のエアレーションを付した容器で畜養し、移送・放流をする。なお、放流時は、車両で運搬し、アイスボックス等に個体を収容して極端に水温が上昇しないようにするとよい。

(2) 留意事項

放流や種苗生産を実施する上での留意事項を以下に示す。

- ・ 中城湾のトカゲハゼは遺伝的に単一な集団を形成している²⁵と考えられるため、脆弱な個体群であること。
- ・ 放流効果を高める上で、既存生息地の保全や試験造成地の維持管理を併せて行うことが望ましい。

²⁴ 出典：沖縄県観光商工部企業立地推進課、平成 19 年度中城湾港新港地区トカゲハゼ生息状況等監視調査委託 総合報告書

²⁵ 出典：中城湾におけるトカゲハゼの遺伝学的集団解析(中村他、平成 14 年度日本水産学会大会講演要旨集)