# 巻末 資料

# 目次

1.	港灣	変整備!	こおり	けるも	呆全	• 再 <sub>2</sub>	生技	術ℓ	り事	例.	 	 	 	 	 	 	. 1
	1-1.	干潟									 	 	 	 	 	 	. 1
	1-2.	藻場									 	 	 	 	 	 	. 6
	1-3.	サン	ゴ類.								 	 	 	 	 	 	25
	1-4.	カサ	ノリ	• ホ)	ソエフ	ガサ					 	 	 	 	 	 	51
2.	生物	かの生態	態的特	寺性に	こ関っ	するタ	知見				 	 	 	 	 	 	56

# 1. 港湾整備における保全・再生技術の事例

4-1. に記した環境保全措置に適用できる具体的な技術として、干潟、藻場、サンゴ類、カサノリ・ホソエガサの保全・再生に関する国内の既存の事例や研究事例を中心に収集・整理した。

## 1-1. 干潟

干潟の保全・再生に関する既存事例の一覧表を表 1-1に示す。

生物共生型構造物については、県外でいくつか事例が報告されている。軟体類、甲殻類、 多毛類、海藻類、魚類、鳥類など、多様な生物の生息が確認されていることから、生物多 様性の向上に寄与する可能性が示されている。

人工干潟については、県内外で事例が報告されている。とくに県内の事例として、泡瀬 干潟においてクビレミドロやトカゲハゼの保全を目的に、干潟の形状、底質、水深などの 設計条件が検討されている。

# 表 1-1 干潟の保全・再生に関する既存事例

No.**	区分	実施場所等	事例名	時期	対象	仕様·方法等	出典	掲載ページ
1	生物共生型 構造物	横浜港	人工干潟を用いた生物共生型護岸(潮彩の渚)	平成20年	軟体類、甲殻類、 多毛類、海藻類、 魚類、鳥類等	既設の護岸前面に階段状の人工干潟を造成	[1]	p.3
2		堺泉北港	干潟型の生物共生型護岸	平成21年		潮間帯付近に海砂を投入し、水深を変化させた3段の階段状の人工干潟部を造成	[2]	p.4
3		中城湾港	クビレミドロの生育に適した人工干潟の 設計条件の検討	平成17年~平成20年	17P L S S D	現地調査、実験、既存資料からクビレミドロの生育 環境を把握し、人工干潟の設計条件を検討	[3]	p.5
4	中城湾港		トカゲハゼの生息に適した人工干潟の 設計条件の検討	平成16年~平成19年		現地調査、実験、既存資料からトカゲハゼの生息環 境を把握し、人工干潟の設計条件を検討	[3]	-
5		中城湾港	簡易な底質改良工(人力による掘り起こし)	平成18年~	トカゲハゼ	人力で底質を掘削・混合して泥分を表層に移動させ る底質改良によりトカゲハゼの生息環境を維持	[3]	-
6	英虞湾 人工干潟		人工干潟	平成16年~平成17年	多毛類、腹足類、 二枚貝類等	浚渫ヘドロの豊富な有機物を貧栄養な干潟生態系への栄養供給材料として利用する干潟造成技術の 開発	[4]	-
7		尾道糸崎港	人工干潟	昭和59年~	甲殻類、二枚貝 類等	航路整備における浚渫土砂を用いた人工干潟造成	[5][6]	-
8		徳山下松港	大島干潟	平成17年~	二枚貝類	アサリの生息場としての機能を持つ干潟の造成	[7][8]	-
9		熊本港	熊本港親水公園(野鳥の池)	平成14年	多毛類、甲殼類、 魚類等	港の一角に浚渫土砂を用いた人工干潟を造成	[9]	-
10		熊本港	なぎさ線の回復による干潟改善策	平成17年~平成18年		堤防の前面に干潟・なぎさ線を復元し、連続した地 形と生態系の回復・保持	[9]	-

※下線で示された事例は本マニュアル適用範囲の周辺海域における導入実績等を踏まえて選定し、次ページ以降に事例の概略を掲載した。

- [1] 国土交通省関東地方整備局横浜港湾空港技術調査事務所: "潮彩の渚", 国土交通省関東地方整備局横浜港湾空港技術調査事務所HP, 令和2年(2020年), https://www.pa.ktr.mlit.go.jp/yokohamagicho/nagisa/indp.html(令和7年3月28日に利用). を加工して作成
  [2] 近畿地方整備局: "生き物と触れあえ市民に愛される堺泉北井野大生型護岸での取り組みについて", 国土交通省 近畿地方整備局 研究発表会HP, 平成30年(2018年), https://www.kkr.mlit.go.jp/plan/happyou/thesises/2018/03.html(令和7年3月28日に利用). を加工して作成
- [3] 内閣府沖縄総合事務局, 沖縄県土木建築部, 沖縄市東部海浜開発局: "令和4年度第1回中城湾港泡瀬地区環境保全・創造検討委員会 行動計画のとりまとめ(案)(資料-2)", 内閣府沖縄総合事務局那覇港湾・空港整備事務所中城湾港出張所HP, 令和4年(2022年), https://www.dc.ogb.go.jp/nakagusukuwankou/detail.jsp@id=154&menuid=148&funcid=1.html (令和7年3月28日に利用). を加工して作成
- [4] 国分秀樹, 奥村宏征, 高山百合子, 湯浅城之: 英虞湾の浚渫へドロを用いた人工干潟とアマモ場における底質と底生生物の変遷, 海岸工学論文集, Vol.54, pp.1251 1255, 2007.
- [5] 国土交通省中国地方整備局港湾空港部: "広島港湾・空港整備事務所におけるSDGsの達成に資する取組について",中国地方整備局における港湾に関するSDGs達成に資する取組の紹介, 国土交通省中国地方整備局 港湾空港部HP, https://www.pa.cgr.mlit.go.jp/minato-seibi/sdgs.html(令和7年4月18日に利用).
- [6] 国土交通省中国地方整備局広島港湾·空港整備事務所:"競争力のある港づくり干潟整備", 国土交通省中国地方整備局広島港湾·空港整備事務所HP,
- https://www.pa.cgr.mlit.go.jp/hiroshima/kyosoryoku/higataseibi.html(令和7年4年18日に利用).
  [7] 国土交通省中国地方整備局港湾空港部: "事業の取り組み状況(主要事例①: 徳山下松港大島干潟)", 瀬戸内海の環境データベースHP,
- https://www.pa.cgr.mlit.go,jp/suishitu/seto/rest\_008.html(令和7年4月20日に利用).

  [8] 田中順, 阿部賢, 菅高徳, 小林健二: "アサリの住む人工干潟をめざして〜大島人工干潟の維持管理手法の検討〜", 平成21年度国土交通省国土技術研究会:自由課題(一般部門)平成21年度国土交通省国土技術研究会HP, 平成21年(2009年), https://www.mlit.go,jp/chosahokoku/h21giken/program/kadai/ippan.html(令和7年4月18日に利用). を加工して [9] 環境省: "有明海・八代海等総合調査評価委員会報告・まとめ集HP, 平成29年(2017年),
- https://www.env.go.jp/council/20ari-yatsu/report20170331/index.html(令和7年4月18日に利用).

事例名	No.1 人工干潟を用いた生物共生型護岸(潮彩の渚)
目的	湾岸施設と海洋生物の共存可能な構造の実証
実施箇所	横浜港
実施時期	
技術概要	【背景】
	・老朽化した桟橋を補修、補強しつつ、生物生息場や市民利用が可能な海辺の
	創出を目標として竣工した。
	【結果等】
	・棚式の構造で砂浜と礫浜を作ることで、船舶の航行域を狭めず、多様な生物
	の着生させる試みを両立可能にしている。
	・耐震性を向上させるだけでなく、多様な生物の生息場や地域市民にとっての
	環境学習の場となっている。
	奥行き: 約50m H.W.L. +2m
	機場 干潟① +1.0m 機場
	+1.0m +1.0m +3.0m
	機場 +0.5m 干潟② +0.5m +0.5m 幅:20m
	+0.5m == 干潟(2)
	+0.00
	機場 ±0.0m
	図 干潟平面イメージ図(左)と干潟断面イメージ図(右)
	<b>アサリ</b> カミクラゲ ヒザラガイ クロアナゴ
	2019. 7. 18/5
	渚で撮影!
	イシワケ
	マテガイ・イソギンチャク・カルガモ スナガニ
	図 生物共生型護岸で確認された生物たち

出典)「技術概要」における背景や結果等は以下の資料を元に加工して作成。

[1]国土交通省関東地方整備局横浜港湾空港技術調査事務所: "潮彩の渚", 国土交通省関東地方整備局横浜 港湾空港技術調査事務所 HP, 令和 2 年(2020 年),

https://www.pa.ktr.mlit.go.jp/yokohamagicho/nagisa/index.html(令和7年3月28日に利用).

<ul> <li>海砂を投入し、水深を変化させた階段状の干潟型護岸を設置した。         【結果等】         ・平成 22 年以降のモニタリングにより、様々な生物の加入が認められ、特に重要種であるニホンウナギやアユなどの幼稚魚の一時的な生息機能が見られた。         ・市民に対しての多様な海岸環境の観察の場を提供している。         「本数数件         「大数数件         「大数数件         「大数数件         「大数数件         「大数数数分、全身         「大数数数分、全身         「大数数数分、全身         「大数数数分、全身         「大数数数分、全身         「大数数数分、全身         「大数数数数分、全身         「大数数数数分、全身         「大数数数分、全身         「大数数数分、全身         「大数数数分、全身         「大数数数数数数数数数数数数数数数数数数数数数数数数数数数数数数数数数数数数</li></ul>		
実施箇所 堺泉北港 実施時期 平成 21 年 技術概要 【背景】 ・海砂を投入し、水深を変化させた階段状の干潟型護岸を設置した。 【結果等】 ・平成 22 年以降のモニタリングにより、様々な生物の加入が認められ、特に 重要種であるニホンウナギやアユなどの幼稚魚の一時的な生息機能が見られ た。 ・市民に対しての多様な海岸環境の観察の場を提供している。 「一番型選集イメージ図と実際の様子 「選問を表現など表現を含まる。」 「「「「「「「「「「「」」」 「「」」 「「」」 「「」」 「「」」 「	事例名	No. 2 干潟型の生物共生型護岸
実施時期 平成 21 年 技術概要 【背景】 ・海砂を投入し、水深を変化させた階段状の干潟型護岸を設置した。 【結果等】 ・平成 22 年以降のモニタリングにより、様々な生物の加入が認められ、特に重要種であるニホンウナギやアユなどの幼稚魚の一時的な生息機能が見られた。 ・市民に対しての多様な海岸環境の観察の場を提供している。 ・市民に対しての多様な海岸環境の観察の場を提供している。 ・市民に対しての多様な海岸環境の観察の場を提供している。 ・市民に対しているを考えられる 図 干潟型護岸イメージ図と実際の様子	目的	生物の生息環境の形成
技術概要 「背景」 ・海砂を投入し、水深を変化させた階段状の干潟型護岸を設置した。 「結果等」 ・平成 22 年以降のモニタリングにより、様々な生物の加入が認められ、特に重要種であるニホンウナギやアユなどの幼稚魚の一時的な生息機能が見られた。 ・市民に対しての多様な海岸環境の観察の場を提供している。 ・市民に対しての多様な海岸環境の観察の場を提供している。 ・市民に対しての多様な海岸環境の観察の場を提供している。 ・市民に対しての多様な海岸環境の観察の場を提供している。 ・市民に対しての多様な海岸環境の観察の場を提供している。 ・市民に対しての多様な海岸環境の観察の場を提供している。 ・市民の場合と対象に対していると考えられる。 ・ 市民の場合と考えられる ・ 「おります」 ・ 「よります」 ・	実施箇所	堺泉北港
<ul> <li>海砂を投入し、水深を変化させた階段状の干潟型護岸を設置した。         【結果等】         ・平成 22 年以降のモニタリングにより、様々な生物の加入が認められ、特に重要種であるニホンウナギやアユなどの幼稚魚の一時的な生息機能が見られた。         ・市民に対しての多様な海岸環境の観察の場を提供している。         ・市民に対しての多様な海岸環境の観察の場を提供している。         「日本の職業の場を提供している。         「日本の職業の場を提供している。         「日本の職業の場を提供している。         「日本の職業の場を提供している。         「日本の職業の観客の場を提供している。         「日本の職業の場を提供している。         「日本の職業の場を提供している。         「日本の職業の観客の場を提供している。         「日本の職業の観客の場を提供している。         「日本の職業の場合と実際の様子」         「日本の職業の場合と表表の情報を表現を表現を表現を表現を表現を表現を表現を表現を表現を表現を表現を表現を表現を</li></ul>	実施時期	平成 21 年
<ul> <li>「結果等】</li> <li>・ 平成 22 年以降のモニタリングにより、様々な生物の加入が認められ、特に重要種であるニホンウナギやアユなどの幼稚魚の一時的な生息機能が見られた。</li> <li>・ 市民に対しての多様な海岸環境の観察の場を提供している。</li> <li></li></ul>	技術概要	【背景】
<ul> <li>・ 平成 22 年以降のモニタリングにより、様々な生物の加入が認められ、特に重要種であるニホンウナギやアユなどの幼稚魚の一時的な生息機能が見られた。</li> <li>・ 市民に対しての多様な海岸環境の観察の場を提供している。</li> <li>・ 市民に対しての多様な海岸環境の観察の場を提供している。</li> <li>・ 下展型課件</li> <li></li></ul>		・海砂を投入し、水深を変化させた階段状の干潟型護岸を設置した。
重要種であるニホンウナギやアコなどの幼稚魚の一時的な生息機能が見られた。 ・ 市民に対しての多様な海岸環境の観察の場を提供している。  「		【結果等】
<ul> <li>市民に対しての多様な海岸環境の観察の場を提供している。</li> <li>「中国型機・イメーン図</li> <li>「東京3 階段状の干渉</li> <li>「東京4 日本の東京4 日本の</li></ul>		
・市民に対しての多様な海岸環境の観察の場を提供している。		
Table   Ta		
図 干湯型護岸イメージ図   写真-3 階段状の干渇   図 下湯型護岸イメージ図と実際の様子   選集を一時的な生態域として		・市民に対しての多様な海岸環境の観察の場を提供している。
写真-3 階段状の干渉   写真-3 階段状の干渉   写真-3 階段状の干渉   図 干湯型護岸イメージ図と実際の様子   返場を一時的な生態域として   利用していると考えられる   日本   15		干渴型競岸
写真-2 干傷の様子    写真-2 干傷の様子   写真-2 干傷の様子   「		<b>東庭時本位</b>
写真-2 干遇の様子    写真-2 干遇の様子   写真-2 干遇の様子		<b>干海岭水</b> 鱼
写真-2 干傷の様子    写真-2 干傷の様子   写真-2 干傷の様子   「		
写真-3 階段状の干渇  図 干潟型護岸イメージ図と実際の様子  浅場を一時的な生息域として 利用していると考えられる  D		図-1 干潟型護岸イメージ図
写真-3 階段状の干渇  図 干潟型護岸イメージ図と実際の様子  浅場を一時的な生息域として 利用していると考えられる  D		
写真-3 階段状の干渇  図 干潟型護岸イメージ図と実際の様子  浅場を一時的な生息域として 利用していると考えられる  D		
写真-3 階段状の干渇  図 干潟型護岸イメージ図と実際の様子  浅場を一時的な生息域として 利用していると考えられる  D		
写真-3 階段状の干潟 図 干潟型護岸イメージ図と実際の様子    浅場を一時的な生息域として		
写真-3 階段状の干潟 図 干潟型護岸イメージ図と実際の様子    浅場を一時的な生息域として		
図 干潟型護岸イメージ図と実際の様子    浅場を一時的な生息域として   利用していると考えられる   距離(m)   20   25   30		写真-2 干潟の様子
図 干潟型護岸イメージ図と実際の様子    浅塩を一時的な生息域として   利用していると考えられる   距離(m)   20   25   30		
図 干潟型護岸イメージ図と実際の様子    浅塩を一時的な生息域として   利用していると考えられる   距離(m)   20   25   30		
図 干潟型護岸イメージ図と実際の様子    浅塩を一時的な生息域として   利用していると考えられる   距離(m)   20   25   30		
図 干潟型護岸イメージ図と実際の様子    浅塩を一時的な生息域として   利用していると考えられる   距離(m)   20   25   30		
浅場を一時的な生息域として   利用していると考えられる   距離(m)   0   5   10   15   20   25   30   25   25   25   25   25   25   25   2		写真-3 階段状の干潟
満場を一時的な生息域として 利用していると考えられる   距離(m)   20   25   30   30   30   30   30   30   30   3		   図 干潟型護岸イメージ図と実際の様子
### ### ### ### #####################		
2 コウロエンカワヒバリガイ・コウロエンカワヒバリガイ・ 付着性で、干出や低塩分に 対性のある種類が優占 対性のある種類が優占 対性のある種類が優占 できなどの対権魚を採集 プラナガゴカイ、ヤマトスピオ 少し深い所に イトグサ属が マウレイボヤが多く付着 などが多く生意 ヤマトシジミも生息		利用していると考えられる 距離 (m)
2 などの幼稚魚を採集 ヨーロッパフジッボが多く付着 耐性のある種類が優占		4
で 1 アシナガゴカイ、ヤマトスピオ、		
(E) -2 ドロクダムシ属、ドロソコエピ属 オトクサ高が ユウレイボヤが多く付着 などが多く生意 ヤマトシジミも生息		
Caca		で 1 アンナカコカイ、ヤマトスヒオ、
		The state of the s
十湯の登備により、海底の表面		干潟の整備により、海底の表面 夏季に下層で貧酸素の影響が
-8 - や底質に潜って生活する種類が 優占 <b>強く、死滅すると考えられる</b>		假占
-10 <u>干潟</u> 搶石(傾斜)		-10
図 工泊刑議農の先続仕自保和		図 干潟型護岸の生物生息状況
	1	

出典)「技術概要」における背景や結果等は以下の資料を元に加工して作成。

[2]近畿地方整備局: "生き物と触れあえ市民に愛される堺泉北港生物共生型護岸での取り組みについて", 国土交通省 近畿地方整備局 研究発表会 IIP, 平成 30 年(2018 年),

https://www.kkr.mlit.go.jp/plan/happyou/thesises/2018/03.html (令和7年3月28日に利用).

事例名	No.3 クビレミドロの生育に適した人工干潟の設計条件の検討
目的	クビレミドロ生育圏の保全
実施箇所	中城湾港(泡瀬地区)
実施時期	平成 17 年~平成 20 年
技術概要	【省基】

- ・中城湾港(泡瀬地区)における埋立計画区域内に分布しているクビレミドロ を保全するため、クビレミドロの生育に適した人工干潟について検討された。 【結果等】
- ・人工干潟を創出するため、設計条件として外力、地盤高、底質、水質等の観 点から検討され、それぞれ以下の通り条件がとりまとめられた。なお、令和 7年現在、実際に人工干潟を創出するまでには至っていない。

## <外力条件>

- ・砂の移動抑制の環境条件として、砂れんが形成されない程度。
- ・小型海草で砂の移動(卵の分散)を抑制する場合、被度5~10%以上が目安。
- ・クビレミドロ生育場所の波浪条件として、通常波浪時(エネルギー平均波) の底面せん断応力は  $\tau < 0.8 (N/m^2)$ 、高波浪時 (Effective wave height) の 海浜流速は U < 0.1 (m/s)。

### <地盤高条件>

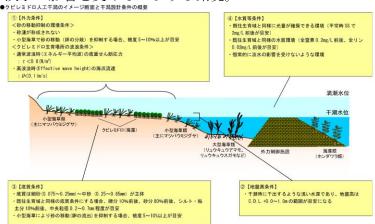
・C.D.L+0.0~1.0mの範囲が目安(干潮時に干出するような浅い水深)。

### <底質条件>

- ・細砂 (0.075~0.25mm) ~中砂 (0.25~0.85mm) が主体。
- ・既往生育域と同様の底質条件の場合、礫分 10%前後、砂分 80%前後、シルト・ 粘土分 10%前後、中央粒径 0.2~0.7mm 程度。

### <水質等条件>

- ・平常時 SS で 2mg/L 前後、全窒素 0. 2mg/L 前後、全リン 0. 02mg/L 前後。
- ・ 恒常的に淡水の影響を受けないような環境。



クビレミドロ人工干潟のイメージ断面と干潟設計条件の概要

出典)「技術概要」における背景や結果等は以下の資料を元に加工して作成。

[3]内閣府沖縄総合事務局,沖縄県土木建築部,沖縄市東部海浜開発局:"令和4年度第1回中城湾港泡瀬地 区環境保全・創造検討委員会 行動計画のとりまとめ(案)(資料-2)", 内閣府沖縄総合事務局那覇港湾・空 港整備事務所中城湾港出張所 HP, 令和 4 年(2022 年),

https://www.dc.ogb.go.jp/nakagusukuwankou/detail.jsp@id=154&menuid=148&funcid=1.html(令和7 年5月12日に利用).

## 1-2. 藻場

藻場の保全・再生に関する既存事例の一覧表を表 1-2 に示す。

移植については、海草類を対象とした事例として県外でのアマモ移植事例が多数報告されている。県内ではリュウキュウスガモ等の熱帯性海草類を対象とした事例が報告されている。移植に際して、浅海域の選定や底質の安定化に留意する必要があり、その手法として低天端堤の設置が試みられている。海藻類については、岩礁域に適切な基質があれば自然に付着することから、移植よりも環境改善や着生促進、食害防止といった観点での事例が多い。

生物共生型構造物については、海藻類を対象とした事例がほとんどで、とくに大型種を対象とした事例が県外において多く報告されている。県内では、県外の既存事例の対象種の分布が限られており、保全・再生の実績は乏しい。浦添ふ頭地区に出現する海藻類は小型種が多く、ホンダワラ類やオキナワモズクは低密度にとどまる。

陸上栽培については、熱帯性海草類の種苗生産技術が開発されており、専用施設が必要となるものの、親株の採取を最小限に抑えられることや、移植時期の調整が可能であることが利点とされる。

# 表 1-2 藻場の保全・再生に関する既存事例

No.**		実施場所等	事例名	時期	対象	仕様・方法等	出典	掲載ページ
2		那覇空港 クビレミドロの移植		平成26年	クビレミドロ	クビレミドロが繁茂した底泥ごと移植	[10]	-
			海草類の移植:栄養株移植(手植え移植)	平成14年~平成22年	リュウキュウスガモ等	手植え移植	[3]	p.8
3		中城漆洪	海草藻場の生育場の保全・創出	平成13年~14年	リュウキュウスガモ、リュウキュウアマモ、 ベニアマモ、ボウバアマモ他	機械化移植工法	[11]	-
4		中城湾港	海草藻場の生育場の保全・創出	平成17年度~平成19年度	主にリュウキュウスガモ、リュウキュウア マモ	袋型根固工により低天端堤を設置し、その 背後に移植した海草が生育しやすいよう、 盛砂を実施	[3]	p.9
5		糸満市南浜地先	海草類の移植	平成9年	ベニアマモ、ボウバアマモ、リュウキュウ スガモ	手植え移植	[12]	-
6	移植	石垣市新川地先	海草類の移植	平成8年	リュウキュウアマモ	手植え移植	[12]	-
2		英虞湾	海草類の移植(アマモ移植)	平成16年度	アマモ	播種・株植を行わないマットを用いたアマモ 移植工法	[13]	p.10
<u>8</u>		阪南港	垂下式のアマモ栽培試験	令和元年度~令和3年度	アマモ	垂下式アマモ場造成	[14]	p.11
9		広島市宇品海岸地先	海草類の移植	平成21年度~平成23年度	アマモ	石炭灰造粒物によるアマモの定着、増殖特性	[15]	-
10		鳴門市櫛木浜地先、 周防大島逗子ヶ浜地先	海草類の移植	平成10年度~平成14年度	アマモ	鋼製マットを使用したアマモ場造成工法	[16]	-
11		両津港	環境共生型被覆ブロック	平成22年度	大型海藻類・魚類・大型底生動物	通常よりも稜線部や開口部の多い構造の 被覆ブロックを設置	[17]	-
12		焼津港 イオン溶出型藻類増殖ガラス 3		平成14年度	大型海藻類	海藻の生長に必要な鉄やリン等を水溶性 ガラスにしてモルタルプレート表面に埋め込み、消波ブロックに張り付ける	[17]	-
13		関西国際空港	西国際空港 緩傾斜石積護岸の藻場造成		緑藻植物、小型褐藻植物、大型褐藻植 物など海藻全般	海面に対して緩やかな勾配で護岸を造成	[18][19]	p.12
14	生物共生型 構造物	西ノ浦港 自然調和型防波堤による薬場造成		平成14年度~平成16年度	ホンダワラ類、カジメ、ワカメ	既存防波堤を改修し、藻場造成機能と海水 交換機能を付加	[20]	p.13
15		神戸空港	戸空港 緩傾斜石積護岸		緑藻植物、小型褐藻植物、大型褐藻植 物など海藻全般	消波ブロックなどを用いた緩傾斜石積護岸 による生態系の創出	[18]	-
16		島根県松江市	人工リーフ併用防波護岸	平成19年~	クロメ・ホンダワラ	人工リーフ設置による藻場形成の促進	[18]	-
17		須崎港	防波堤基部の腹付工における藻場造成	平成27年度~令和4年度	南方系ホンダワラ類、テングサ属(マクサ)	防波堤基部の腹付工の補強により創出さ れた浅場に藻場を造成	[21][22]	p.14
18		名護市済井出	海草類の新規栽培手法の検討	令和5年	リュウキュウスガモ	人工基質による海草類の栽培	[24]	p.15
19	陸上栽培	本部町大浜	海草類の種苗生産	平成15年度	リュウキュウスガモ等	陸上水槽において栽培条件を管理し、種子 から親株を生産	[25]	p.16
20		英虞湾、御殿場海岸	御殿場海岸 アマモの種苗生産 平成20年~平成21年 ア		アマモ	陸上水槽において栽培条件を管理し、移植 用のアマモ種苗を生産	[26]	p.17
21		浦添市西洲地先	海草藻場と地下水との関連性に関する検討	令和5年	主にリュウキュウスガモ	現地調査等	[27]	p.18
22		野底海岸	アオウミガメによる海草類の食害防止	令和6年	ウミショウブ	食害防止枠の設置 (保護区域は環境省「自然共生サイト」に認 定)	[28]	-
23		崎山湾、網取湾	アオウミガメによる海草類の食害防止	令和元年~令和3年	ウミショウブ	採食防止枠および網等の設置	[29]	-
24		君津市沿岸	嵩上げと藻礁人工石材の設置による環境改善	平成23年~	ワカメ	嵩上げと藻礁人工石材の設置による環境 改善	[18]	p.19
<u>25</u>		周南市大島地区	人工干潟造成による環境創造	平成17年度~平成24年度	アマモ、コアマモ	人工干潟造成によるアマモ場の形成	[30]	p.20
26	その他	津田湾地先	離岸堤背後域のアマモ場造成	平成16年~	アマモ	離岸堤設置によるアマモ場の形成	[31]	p.21
27	須崎市沿岸		ウニの除去	平成21年~平成23年	南方系ホンダワラ類	ダイバーらによるウニ類の除去	[33]	-
28		須崎港	鉄鋼スラグを使用した海藻の着生基盤	平成27年度~令和4年度	南方系ホンダワラ類、テングサ属	鉄鋼スラグを使用した海藻着生基盤の効果 検証	[21][23]	p.22
29		新宮町相島沿岸	オープンスポアバッグ設置による種苗生産	平成28年~令和元年	小型海藻類・大型海藻類	オープンスポアバッグの設置による海藻種苗供給	[32][33]	p.23
30		佐世保市浅子地区	ウニフェンスの設置による磯焼け対策	平成25年~	ホンダワラ	ウニフェンスの設置及びウニの駆除活動に よる磯焼け対策	[33]	p.24
31		大島漁港	植食性魚類による海藻の食害防止	平成21年	ノコギリモク	エックスブロックに植食性魚類の摂餌、侵 入を防ぐ防御材を設置	[34]	-

※下線で示された事例は本マニュアル適用範囲の周辺海域における導入実績等を踏まえて選定し、次ページ以降に事例の概略を掲載した。

- [3] 内閣府沖縄総合事務局,沖縄県土木建築部,沖縄市東部海浜開発局: "令和4年度第1回中城湾港泡瀬地区環境保全・創造検討委員会 行動計画のとりまとめ(案)(資料-2)", 内閣府沖縄総合事務局那覇港湾・空港整備事務所中城湾港出張所HP, 令和4年(2022年), https://www.dc.ogb.go.jp/nakagusukuwankou/detail.jsp@id=154&menuid=148&funcid=1.html(令和7年3月28日に利用). を加工して作成
- [10] 照屋雅彦, 鈴木真也, 宇江城菜乃:那覇空港滑走路増設事業における貴重藻類の移植について, 国土交通省国土技術研究会論文集, pp.245 248, 2014.
- [11] 照屋雅彦, 酒井洋一, 具志良太, 與儀成也, 坂井隆行, 池田宗平, 加地智彦, 細谷誠一: 熱帯性海草類の生育場創出による藻場造成実証実験, 土木学会論文集B3(海洋開発), Vol.67, No.2, pp.I.298 I.303, 2011.
- [12] 酒井洋一,赤倉康寛,三宅光一,小早川弘,高橋由浩,笠原勉,三島京子:手植え法による熱帯性大型海草移植技術の確立について,海岸工学論文集, Vol.52, pp.1211 1215, 2005.
- [13] 高山百合子, 上野成三, 前川行幸: 播種・株植が不要なアマモ移植工法の現地実証実験, 土木学会論文集B, Vol.64, No.3, pp.180 191, 2008. を加工して作成
- [14] 金澤剛, 横山隆司, 久保忠義, 奥田毅, 小塚海奈里, 酒井大樹, 藤原敏晴:港域における垂下式アマモ場造成に関する現地実験, 土木学会論文集, Vol.79, No.18, 23-18051, 2023. を加工して作成
- [15] 越川義功, 日比野忠史, 吉岡一郎, 出路康夫: ヘドロが堆積した港湾における石炭灰造粒物を使ったアマモ生育基盤, 土木学会論文集B3(海洋開発), Vol.68, No.2, pp.1.1262 1.1267, 2012.
- [16] 森口朗彦, 高木儀昌, 山本潤, 大村智宏, 吉田吾郎, 寺脇利信, 棚田教生, 山野井秀夫:アマモ場造成のための底質安定工法「鋼製マット」の開発, 水工技報, 28, pp.41 65, 2006.
- [17] 国土交通省中部地方整備局名古屋港湾空港技術調査事務所: "第24回民間技術交流会 消波根固ブロックによる水産協調技術―当社の取り組みのご紹介―(株式会社不動テトラ)", 国土交通省中部地方整備局名古屋港湾空港技術調査事務所HP, 令和3年(2021年), https://www.meigi.pa.cbr.mlit.go.jp/event/3020/46/2859/index.html(令和7年3月28日に利用).
- [18] 環境省:"我が国におけるブルーカーボン取組事例集~藻場干潟の保全・創出によるCO:吸収源対策~", ブルーカーボンに関する日本の取り組みHP, 令和5年(2023年), https://www.env.go.jp/earth/ondanka/blue-carbon-jp/materials.html#case(令和7年4月18日に利用)を加工して作成
- [19] 尾崎正明, 伊藤利加, 奥田泰永, 二宮早由子: 関西国際空港島護岸の藻場造成による環境創造効果について, 海岸工学論文集, Vol.47, pp.1196 1200, 2000. を加工して作成
- [20] 環境省: "「豊かな海」を目指した取組の事例集(番号10)", 環境省HP, 平成27年(2015年), https://www.env.go.jp/water/heisa/yutakanaumi.html(令和7年4月18日に利用). を加工して作成
- [21] 壹反田正好:「四国技報 第38号 「港湾における鉄鋼スラグを活用した生物共生型港湾構造物の取り組みについて」,国土交通省四国地方整備局四国技術事務所HP,令和2年(2020年), https://www.skr.mlit.go.jp/yongi/menu/summary/02-1gihou/MOKUJI.html(令和7年10月14日に利用). を加工して作成
- [22] 国土交通省四国地方整備局港湾空港部:令和4年度 四国地方整備局記者発表資料"「みなと」で海の森が創出!~須崎港で藻場が創出。生きもの生息場、CO2吸収源として期待!~",国土交通省四国地方整備局 令和4年(2022年), https://www.skr.mlit.go.jp/pres/r4backnum/index.html(令和7年10月15日に利用). を加工して作成
- [23] 国土交通省四国地方整備局高知港湾・空港整備事務所: "高知港湾・空港整備事務所におけるSDGsの達成に資する取組について", 国土交通省四国地方整備局高知港湾・空港整備事務所HP, 令和4年(2022年), https://www.pa.skr.mlit.go.jp/kouchi(令和7年10月15日に利用). を加工して作成
- [24] 内閣府沖縄総合事務局那覇港湾・空港整備事務所: 令和5年度那覇港環境創造検討業務報告書. を加工して作成
- [25] 笠原勉, 原宏江: 熱帯性海草藻場の再生に関する検討 -ジュゴンと漁業の共生を目指して-, Journal of Advanced Marine Science and Technology Society, Vol.15, No.1, pp.67 72, 2009. を加工して作成
- [26] 環境省: "環境技術実証事業(実証番号090-0803 株分けによるアマモ種苗の大量生産と種苗移植によるアマモ場造成技術", 環境省HP, 平成21年(2009年), https://www.env.go.jp/policy/etv/verified/index.html (令和7年4月21日に利用). を加工して作成
- [27] 港湾空港技術研究所と株式会社エコーとの共同研究結果を加工して作成
- [28] 環境省自然環境局: "認定サイト一覧 | 自然共生サイト | 30by30 | 環境省",環境省HP,令和6年(2024年),https://policies.env.go.jp/nature/biodiversity/30by30alliance/kyousei/nintei/index.html(令和7年3月28日に
- [29] 環境省自然環境局: "第47回自然公園等小委員会 諮問案件 崎山湾・網取湾自然環境保全地域における保全計画の変更及び生態系維持回復事業計画の策定について(資料6-4)", 環境省HP, 令和4年(2022年), は155://www.envgo.jp/council/12nature/、47、1.html(令和7年3月28日に利用)。 [30] 齋藤輝彦, 川島剛央, 貞島一雄, 首藤啓, 菅家英朗, 中林孝之:人工干潟造成による環境創造の実証的研究 −山口県周南市大島干潟を検証して−, 土木学会論文集B2(海岸工学),
- Vol.73, No.2, pp.I\_1273 I\_1278, 2017. を加工して作成
- [31] 小枩裕典, 藤原宗弘, 松内勇貴, 宮川昌志, 末永慶寛:離岸堤周辺におけるアマモ種子の輸送・滞留機構に関する研究, 土木学会論文集B3(海洋開発), Vol.68, No.2, pp.I\_1256 I\_1261, 2012. を加工して作成
- [32] 水産庁. "磯焼け対策ガイドライン(令和3年3月)(第7章)". 水産庁HP. 令和3年(2021年). https://www.jfa.maff.go.jp/j/gyoko\_gyozyo/g\_zyoho\_bako/mobahozen\_sozo\_isoyaketaisaku.html(令和7年4月18日に利用). を加工して作成
- [33] 水産庁. "磯焼け対策ガイドライン(令和3年3月)(第8章)". 水産庁HP. 令和3年(2021年).
- https://www.jfa.maff.go.jp/j/gyoko\_gyozyo/g\_zyoho\_bako/mobahozen\_sozo\_isoyaketaisaku.html(令和7年4月18日に利用). を加工して作成 [34] 柴田早苗, 青田徽, 山仲洋紀, 山本方人:長崎県壱岐市大島における磯焼け対策技術の検証, 日本水産工学会学術講演会, pp.61 - 64, 2010.

事例名	No. 2 海草類の移植:栄養株移植(手植え移植)
目的	手植えによる海草移植の実用性の検証
実施箇所	中城湾港(泡瀬地区)
実施時期	平成 14 年~平成 22 年
技術概要	【背景】 ・沖縄本島に生育する大型海草(リュウキュウスガモ等)を対象として、ダイバーによる手植え移植が実施された。 【結果等】
	・移植7年後(平成15年2月~平成22年1月)には手植え移植藻場の面積が3 倍以上になった。
	・被度は移植後の半年間で減少したが、その後は増減を繰り返し、平成22年1月には15%まで回復した。
	基础直接 (千萬格子状仁移植)
	移植範囲内の面積 (ar)   150
	図 移植7年後までの藻場面積(上)と被度(下)の推移

出典)「技術概要」における背景や結果等は以下の資料を元に加工して作成。

[3] 内閣府沖縄総合事務局,沖縄県土木建築部,沖縄市東部海浜開発局:"令和4年度第1回中城湾港泡瀬地区環境保全・創造検討委員会 行動計画のとりまとめ(案)(資料-2)",内閣府沖縄総合事務局那覇港湾・空港整備事務所中城湾港出張所HP,令和4年(2022年),

https://www.dc.ogb.go.jp/nakagusukuwankou/detail.jsp@id=154&menuid=148&funcid=1.html(令和7年3月28日に利用).

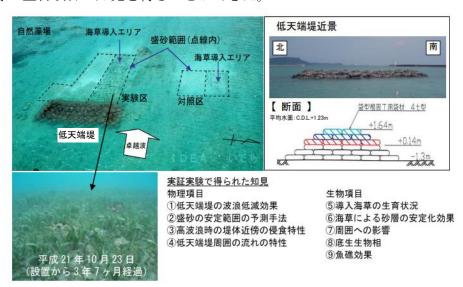
事例名	No. 4 海草藻場の生育場の保全・創出
目的	潜堤構築:海草の生育において阻害要因となる波浪の抑制
実施箇所	中城湾港(泡瀬地区)
実施時期	平成 17 年度~平成 19 年度

# 技術概要【背景】

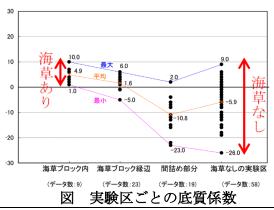
- ・海草の生育において阻害要因となる波浪を抑えるため、袋型根固工により低 天端堤(潜堤)を設置し、その背後に移植した海草が生育しやすいよう、砂 (盛砂)を投入した。
- ・波を抑えるための低天端堤には魚やウニ等の生息する漁礁としての効果も期待される。

# 【結果等】

・低天端堤設置後の実証実験から、高波浪時の堤体周辺の侵食特性や流れの特性等の物理的項目に加え、海草の導入による底質の安定化や蝟集生物の増加等の生物項目の知見を得ることができた。



# 図 低天端堤と盛砂による海草生育場の創造実証実験のイメージ図



出典)「技術概要」における背景や結果等は以下の資料を元に加工して作成。

[3] 内閣府沖縄総合事務局,沖縄県土木建築部,沖縄市東部海浜開発局:"令和4年度第1回中城湾港泡瀬地区環境保全・創造検討委員会 行動計画のとりまとめ(案)(資料-2)",内閣府沖縄総合事務局那覇港湾・空港整備事務所中城湾港出張所 HP,令和4年(2022年),

https://www.dc.ogb.go.jp/nakagusukuwankou/detail.jsp@id=154&menuid=148&funcid=1.html(令和7年3月28日に利用).

事例名	No.7 海草類の移植(アマモ移植)
目的	アマモ場の造成・再生
実施箇所	英虞湾
実施時期	平成 16 年度
技術概要	【背景】
	・播種・株植作業を全く行わず、かつ、天然アマモ場へダメージを与えずにアマモ移植を行う新しい移植方法を考案し、現地海域で実証実験を実施した。 ・本移植工法は、天然アマモ場の周辺に移植マットを設置することによりアマ
	モが定着したマットが形成され、このマットを移設することで良好にアマモ 移植を完了できる簡易なアマモ移植工法である。
	【結果等】 ・移植したアマモ場の追跡モニタリング調査により、移植から2年後も天然のアステト同様の推移を示し、野菜の形成と拡大が確認された。
	アマモと同様の推移を示し、群落の形成と拡大が確認された。
	<ul> <li>(年) 第1ステップ</li> <li>● 移植用マットを設置。</li> <li>● マット上にアマモ種子が自然落下し発芽することによりマットにアマモが定着。</li> <li>第2ステップ</li> <li>● アマモが定着したマットを移植地へ移設。</li> </ul>
	巻上げによる落下   移植用マット
	図 播種・株植が不要なアマモ移植方法の概念図
	### ### ### ### ### ### ### ### ### ##
	◆ 大規模移植工法実験 → ◆ ・・・・ 追跡モニタリング調査 ・・・・
	1500  - 本移植工法 (
	10月 1月 4月 7月 10月 1月 4月 7月 10月 1月 4月 7月
	2004年 2005年 2006年 2007年 (a) アマモ密度
	200 マット移設 200 200 200 200 200 200 200 200 200 20
	Ē 120
	40
	10月 1月 4月 7月 10月 1月 4月 7月 10月 1月 4月 7月
	2004年 2005年 2006年 2007年
	® 移植後のモニタリング調査結果
11.44.) [44.44	□ N 1□ PA

出典)「技術概要」における背景や結果等は以下の資料を元に加工して作成。

[13] 高山百合子, 上野成三, 前川行幸: 播種・株植が不要なアマモ移植工法の現地実証実験, 土木学会論文 集 B, Vol. 64, No. 3, pp. 180 - 191, 2008.

事例名	No.8 垂下式のアマモ栽培試験
目的	アマモ場の造成・再生
実施箇所	阪南港
実施時期	令和元年度~令和3年度

# 技術概要【背景】

- ・実海域でアマモ種子と底質を入れた小規模な容器を所定の水深に垂下設置し てアマモの生育実験を実施し、垂下式アマモ場造成の可能性を検討した。
- ・実験は2019年(令和元年)度から2021年(令和3年)度の3ヶ年にわたり 実施され、毎年の秋に新たな実験容器を設置した。設置水深、容器の構造の 違いに着目して、アマモの生育状況を観察した。

# 【結果等】

・実験の結果、水面下 1.0~3.0m に垂下設置した容器からアマモの発芽生育が 確認され、さらに2年目の株からは種子が再生産され、垂下式アマモ場造成 においても経年的なアマモ場造成の可能性が示された。

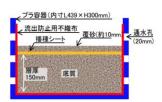


図 実験容器模式図

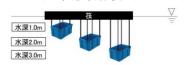


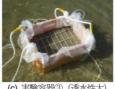
図 実験容器の垂下模式図



(a) 実験容器① (基準)



(b) 実験容器②(容器高さ低)



(c) 実験容器③ (透水性大)

る実験容器一覧



図 2020年(令和2年)度実験におけ

#### 表 各年度の発芽生育数と平均葉長

		2X II	1 /20	/ Ju/j .	p	CC 1 *	7 A A		
		2019(R1)年度		2020(R	(2)年度	20	021(R3)年度		
調査日		2020/3/24		2021/	/3/24		2	2022/4/8	3
実	験容器	1	1	2	3	4	1	2	<b>⑤</b>
	h=1 0	発芽せず	33本	11本	21本	1本	25本	5本	23本
設	h=1.0m	光分セリ	9.8cm	5.6cm	6.5cm	18.0cm	5.2cm	5.7cm	7.0cm
置	h=2.0m	発芽せず					39本		
水		## E 9					5.6cm	]	
深 h=3.0m		発芽せず		/			1本		
	n-3.0m	元才ピリ					5.5cm		

※2019(R1)年度は、海水温がアマモの発芽適温まで低下しなかった可能性があり、アマ モが発芽しなかった一因と考えられた。

出典)「技術概要」における背景や結果等は以下の資料を元に加工して作成。

[14]金澤剛, 横山隆司, 久保忠義, 奥田毅, 小塚海奈里, 酒井大樹, 藤原敏晴:港域における垂下式アマモ 場造成に関する現地実験, 土木学会論文集, Vol. 79, No. 18, 23-18051, 2023.

事例名	No. 13 緩傾斜石積護岸の藻場造成						
目的	緩傾斜石積護岸の採用による藻場の生育場を造成						
実施箇所							
実施時期	昭和 63 年~						
技術概要	<ul> <li>【背景】</li> <li>・広範囲に光が届く緩傾斜石積護岸の採用により、藻場の生育場を造成した。</li> <li>・1 期空港島において種苗移植を開始した直後の1989年(平成元年)4月から海藻分布状況の調査を開始し、現在まで30年以上にわたってモニタリング調査を継続している。</li> <li>【結果等】</li> <li>・空港島全体の海藻着生面積(藻場面積)は54haであり、大阪湾の藻場面積のおよそ2割に相当する。</li> <li>・緩傾斜石積護岸の多様度指数は、1994年(平成6年)度あたりから0.4~1.2の範囲で、自然海域の0.7~1.2と同程度で推移しており、自然海域と同等の多様性のある海藻群落が形成されていると考えられる※[19]。</li> </ul>						
	海藻						
	緩傾斜石積護岸						
	図 緩傾斜石積護岸のイメージ図						
	藻場の生育状況						
	海藻着生総節傾(ha) 60 - ■ 1期空港島 50 - 40 - 30 -						
	20 - 10 - 0 4 9 2 9 2 9 3 9 3 3 3 9 3 9 3 9 2 9 3 9 3						
	00   00   01   02   03   04   03   04   05   04   05   04   05   05   05						

出典)「技術概要」における背景や結果等の説明や図は、以下の資料[18]を元に加工して作成(※ただし、結果等の一部は資料[19]を引用)。

図 藻場の生育状況

- [18] 環境省:"我が国におけるブルーカーボン取組例集~薬場干潟の保全・創出による  $CO_2$ 吸収源対策~", ブルーカーボンに関する日本の取り組み HP, 令和 5 年(2023 年),
  - https://www.env.go.jp/earth/ondanka/blue-carbon-jp/materials.html#case(令和7年4月18日に利用).
- [19]尾崎正明,伊藤利加,奥田泰永,二宮早由子:関西国際空港島護岸の藻場造成による環境創造効果について,海岸工学論文集,Vol. 47,pp. 1196 1200, 2000.

事例名	No. 14 自然調和型防波堤による藻場造成
目的	既存防波堤の改修に伴って消失する藻場 (6,670m²) を回復及び良好な水質
	環境を維持するために実施
実施箇所	西ノ浦港
実施時期	平成 14 年度~平成 16 年度
技術概要	【背景】
	・既存防波堤を改修し、藻場造成機能(藻場の生育基盤の創出)と海水交換機
	能(約20m間隔に開口部を配置)を有する自然調和型防波堤を整備した。
	【結果等】
	・整備後に実施されたモニタリングでは、藻場の復元面積の割合が年々増加し
	ている。モニタリング3年目には大型多年生海藻のカジメが増え、消失した
	藻場面積の9割強が復元された。

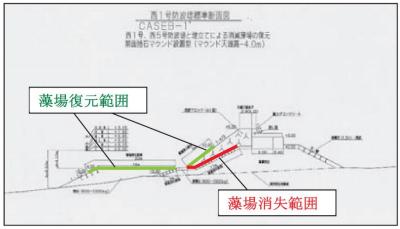
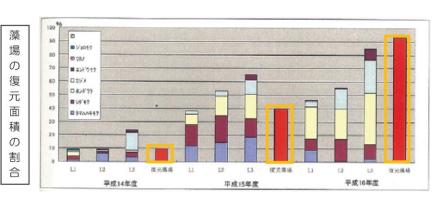


図 藻場造成計画断面図



出典 「西1号防波堤モニタリンク調査委託業務報告書」(兵庫県家島町、株式会社コベック、平成17年3月)

- 注 1) 縦軸は藻場の復元面積の割合を示す。
- 注 2) 復元藻場とは、隣接する現存の藻場の状況が概ね疎性分布であることから、藻場の目視調査 結果より、造成された捨て石マウンドにおける藻場対象種(ホンダワラ類、カジメ、ワカメ)の 合計の被度が操性以上である藻場を示す。

# 図 藻場構成種合計の年推移

出典)「技術概要」における背景や結果等は以下の資料を元に加工して作成。

[20]環境省:"「豊かな海」を目指した取組の事例集(番号10)", 環境省HP, 平成27年(2015年), https://www.env.go.jp/water/heisa/yutakanaumi.html (令和7年4月18日に利用).

事例名	No. 17 防波堤基部の腹付工における藻場造成
目的	防波堤の改良工事により創出された浅場を活用した藻場造成実証実験
実施箇所	須崎港
実施時期	平成27年度~令和4年度
技術概要	【背景】 ・高知県須崎港湾口地区の防波堤改良事業で創出される浅場を活用し、鉄鋼スラグを活用した生物共生型港湾構造物の実証試験を行っている(p.22 と関連)。 【結果等】 ・周辺海域では、磯焼けによる藻場の消失が見られるなか、海藻(南方系ホンダワラ類、マクサ(テングサ属等))が繁茂し、様々な生物の生息が確認され
	ている。 ・港湾構造物の生物多様性の機能が向上でき、水産資源育成(イセエビ幼生の 着底、海藻を餌とするアワビ等の増加)の一定の効果が期待できることが判 明した。 ・ブルーカーボンの観点から、創出された藻場(面積:2,034m²)が吸収する CO <sub>2</sub> 量を試算したところ、年間約1.3t 吸収することが見込まれる結果であった。
	図 須崎港湾口地区における薬場造成実証実験実施場所
	西防波堤基部(H3O.6)  西防波堤基部(H3O.6)  東防波堤基部(R2.6)

- 出典)「技術概要」における背景や結果等は以下の資料を元に加工して作成。
- [21] 壹反田正好: 「四国技報 第38号 港湾における鉄鋼スラグを活用した生物共生型港湾構造物の取り組み について」, 国土交通省四国地方整備局四国技術事務所 HP, 令和2年(2020年),
  - https://www.skr.mlit.go.jp/yongi/menu/summary/02-1gihou/MOKUJI.html(令和7年10月14日に利用).

試験後

防波堤基部の腹付工に造成した藻場

[22]国土交通省四国地方整備局港湾空港部:令和 4 年度 四国地方整備局記者発表資料"「みなと」で海の森が創出!~須崎港で藻場が創出。生きもの生息場、C02 吸収源として期待!~",国土交通省四国地方整備局 HP,令和 4 年(2022 年),https://www.skr.mlit.go.jp/pres/r4backnum/index.html(令和 7 年 <math>10 月 15 日に利用).

事例名	No. 18 海草類の新規栽培手法の検討
目的	従来砂礫底に分布する海草類について、人工基質を用いた新規栽培手法を
	検討
実施箇所	名護市済井出
実施時期	令和5年
技術概要	【背景】
	・海草類を人工構造物へ付加する可能性を検討するため、人工物を含めた効率
	のよい基質の把握及び生育基盤の設置方式に関する実験が行われている。
	【結果等】
	・特にリュウキュウスガモについては人工軽石やサンゴ礫に活着した例や、浦
	添第一防波堤の人工タイドプール内に自然加入した例が知られており、この
	特性に着目した室内実験を実施中である。
	   図 人工基質を用いた海草栽培のイメージ
	図 人工タイドプール内で確認されたリュウキュウスガモの実生

出典)「技術概要」における背景や結果等は以下の資料を元に加工して作成。 [24]内閣府沖縄総合事務局那覇港湾・空港整備事務所:令和5年度那覇港環境創造検討業務報告書.

事例名	No. 19 海草類の種苗生産
目的	陸上水槽を活用したリュウキュウスガモの種苗の生産
実施箇所	本部町大浜
実施時期	平成 15 年度
技術概要	-11112
	・沖縄県栽培漁業センターの陸上水流式水槽を活用し、リュウキュウスガモの
	種苗を大量生産する技術開発に取り組み、その技術を確立した。
	【結果等】
	・採取したリュウキュウスガモの果実は、平らなバケットの中で海水に浸して
	おくと、成熟度の高い果実から順番に裂開するため、2日間程度ですべての
	種子が果実から飛び出し、種子が採取できた。  ・採取した種子は、プラスチック製の箱型ザルに重ならないよう均一に入れ、
	流水式水槽に設置すると2日程度ですべての種子が発芽し、1ヶ月で2cm程
	度の幼体に生長した。
	・大型流水式水槽に細砂を敷き詰め、発芽し2cm程度に生長したリュウキュウ
	スガモの幼体を植え付けて育苗した。
	天然海水(約20L/分)かけ流し
	水質管理;
	水温·PH·水位·流量
	2cm間隔で植え付け
	20 cm厚 市販の海砂
	20 cm厚 市販の海砂

図 発芽したリュウキュウスガモ及び陸上水槽のイメージ図

出典)「技術概要」における背景や結果等は以下の資料を元に加工して作成。 [25]笠原勉, 原宏江: 熱帯性海草藻場の再生に関する検討 -ジュゴンと漁業の共生を目指して- , Journal of Advanced Marine Science and Technology Society, Vol. 15, No. 1, pp. 67-72, 2009.

事例名	No. 20 アマモの種苗生産
目的	アマモ場の再生
実施箇所	英虞湾、御殿場海岸
実施時期	平成 20 年~平成 21 年
技術概要	【背景】
	・天然のアマモ場から少量の親株を採取し、水温が安定した地下海水のかけ流
	しができる陸上水槽を用いて、アマモの生育に適した水温と光条件で移植用
	のアマモ種苗を株の分枝を利用して大量育成を実施した。
	【結果等】
	・移植の2ヶ月前に生分解性のヤシ繊維マットをアマモ株の下に敷き込み、アマモ種苗を定着させた。その後にアマモ種苗と一体化したマットを潜水作業
	マモ種田を足有させた。その後にアマモ種田と一体化したマットを借入作業  により海底に設置した。
	でより海路に設置した。  ・水温、光条件等を管理した陸上水槽でアマモの増殖を開始し、増殖開始から
	1年2ヶ月後には増殖率が当初の約50倍に達した。
	最適生育条件で管理 水温 ・
	が温・ 光条件 付着生物 など
	少量の親株 栄養株)を採取
	マッドに定着
	させ移植
	天然アマモ場 管理型陸上水槽 海 域
	天然アマモ場 管理型陸上水槽 海 域 図 中間育成法のイメージ図
	図中間育成法のイメージ図
	図 中間育成法のイメージ図
	図 中間育成法のイメージ図 <b>陸上水槽でのアマモの増殖</b> アマモ種苗の定着したマット 図 中間育成法の実施事例
	図 中間育成法のイメージ図 <b>陸上水槽でのアマモの増殖</b> アマモ種苗の定着したマット 図 中間育成法の実施事例
	図 中間育成法のイメージ図 <b>陸上水槽でのアマモの増殖</b> アマモ種苗の定着したマット 図 中間育成法の実施事例
	図 中間育成法のイメージ図 <b>陸上水槽でのアマモの増殖</b> アマモ種苗の定着したマット 図 中間育成法の実施事例
	図 中間育成法のイメージ図 <b>陸上水槽でのアマモの増殖</b> アマモ種苗の定着したマット 図 中間育成法の実施事例
	図 中間育成法のイメージ図 <b>陸上水槽でのアマモの増殖</b> アマモ種苗の定着したマット 図 中間育成法の実施事例  50 40 30 20 10 1.0 1.3 3.1
	図 中間育成法のイメージ図 <b>陸上水槽でのアマモの増殖</b> アマモ種苗の定着したマット 図 中間育成法の実施事例  50 40 30 20 10 1,0 1,3 3,0 16,9 17,4 17,4 17,4

出典)「技術概要」における背景や結果等は以下の資料を元に加工して作成。

[26]環境省: "環境技術実証事業 (実証番号 090-0803 株分けによるアマモ種苗の大量生産と種苗移植によるアマモ場造成技術", 環境省 HP, 平成 21 年(2009 年),

https://www.env.go.jp/policy/etv/verified/index.html (令和7年4月21日に利用).

事例名	No. 21 海草藻場と地下水との関連性に関する検討
目的	流入する地下水が海草藻場へ与える影響について、海草藻場の被度や栄養塩
	等の観点から検討
実施箇所	浦添市西洲地先
実施時期	令和5年
技術概要	【背景】
	・海草藻場の存在と周辺の地下水の関連性を検討するため、令和5年より浦添
	ふ頭地区西洲地先で現地測定等が実施された。
	【結果等】
	・干潮時に護岸から低塩分の水が流入しており、とくに海草藻場の高被度帯に
	は塩分 30psu 以下の地下水流入が確認された。
	The second secon
	塩分
	(psu) — 34.7
	<b>-</b> 34.0
	- 33.0
	-315
	- 30.0
	- 28.8
	0 100 200 300 400 m
	図 西洲地先における地下水流入に起因する塩分分布
	ET INTERIOR OF TANKET AND COME A DAME OF THE

出典)「技術概要」における背景や結果等は以下の資料を元に加工して作成。 [27]港湾空港技術研究所と株式会社エコーとの共同研究

事例名	No. 24 嵩上げと藻礁人工石材の設置による環境改善
目的	環境改善
実施箇所	君津市沿岸
実施時期	平成 23 年~
技術概要	【背景】 ・海底くぼ地での光量不足と周辺での貧酸素海水の滞留により、海底の生物環
	境が変化した。
	・平成23年度に強度改良した浚渫土による嵩上げと藻礁人工石材の設置を行った。
	【結果等】
	・令和4年度時点で12haの藻場を造成し、海域環境を改善したとともに、地 形を安定させたことで、貧酸素海水の滞留を解消した。
	では、 では、 をは、 をは、 をは、 をは、 をは、 をは、 をは、 を
	図 改良イメージ
	12 10 : 実験区 : 対照区 (を) 40 (を) 8 (を) 40 (する) 20 (を) 40 (する) 30 (する) 30 (する) 40 (する) 40 ( (する) 40 ( ( ( ( ( ( ( ( ( ( ( ( ( ( ( ( ( ( (

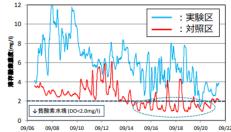




図 藻場に設定した実験区と対照区 における溶存酸素濃度の推移

図 観測期間(15 日間)に占める貧酸素水塊への暴露時間の割合

出典)「技術概要」における背景や結果等は以下の資料を元に加工して作成。

[18]環境省:"我が国におけるブルーカーボン取組例集~藻場干潟の保全・創出による  $CO_2$ 吸収源対策~", ブルーカーボンに関する日本の取り組み HP, 令和 5 年(2023 年),

https://www.env.go.jp/earth/ondanka/blue-carbon-jp/materials.html#case(令和7年4月18日に利用).

事例名	No. 25 人工干潟造成による環境創造
目的	アマモ場の形成要因の検証
実施箇所	周南市大島地区
実施時期	平成 17 年度~平成 24 年度
<b>坛</b> 綠 椰 亜	【北早】

# 技術概要【背景】

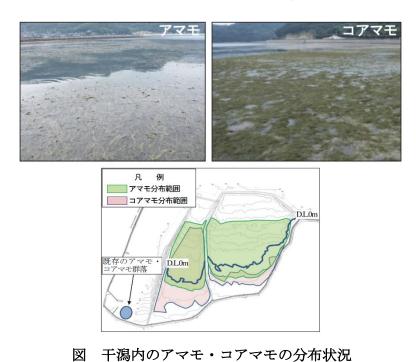
・アサリ成育場の整備を目的として造成された大島干潟に、アマモ場が形成された要因について検証した。

# 【結果等】

- ・大島干潟は静穏な海域であり、周辺海域に小規模なアマモ・コアマモ群落が あるため、湾内に種子が供給、定着することで藻場が形成されたと考えられ た。
- ・干潟造成前の周辺海域では貧酸素状態が出現していたが、アマモの生育密度 が高い地点では、海底上 0.3m まで DO(溶存酸素量)は飽和状態となってお り、水質の改善が図られたと考えられた。



図 大島人工干潟の整備海域



出典)「技術概要」における背景や結果等は以下の資料を元に加工して作成。

[30] 齋藤輝彦, 川島剛央, 貞島一雄, 首藤啓, 菅家英朗, 中林孝之: 人工干潟造成による環境創造の実証的研究 -山口県周南市大島干潟を検証して-, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol. 73, No. 2, pp. I\_1273 - I\_1278, 2017.

事例名	No. 26 離岸堤背後域のアマモ場造成
目的	アマモ場の造成・再生
実施箇所	津田湾地先
実施時期	平成 16 年~
技術概要	【背景】 ・香川県さぬき市津田湾では、1996年(平成8年)に離岸堤背後域へアマモ場造成が実施されて以降、新たなアマモ場造成地として離岸堤背後域の活用が期待されている。 ・アマモ場周辺の水理条件、底質環境を把握するとともに、3次元流体力学モデルによる数値計算によって、アマモ種子の輸送状況について評価を行い、アマモ場造成技術の検討を行った。 【結果等】 ・検討の結果、アマモ場の復元・再生地として離岸堤背後域の利用が有効な手段であることが明らかになった。 ・一方、底層流速2cm/s以下、シールズ数0.002以下のような恒常的な静穏域(離岸堤背後域中央付近)では、浮泥や寄り藻等の堆積による光量不足や競合生物による生息環境の競合、離岸堤開口部付近では、高波浪時の砂面変動などによってアマモの生育環境としては厳しくなることが予想された。
	N 34* 50
	図 調査対象海域(香川県さぬき市) 
	N 0.014 0.010 0.006 0.002 0.006 0.006 0.006 0.006

出典)「技術概要」における背景や結果等は以下の資料を元に加工して作成。

[31]小枩裕典,藤原宗弘,松内勇貴,宮川昌志,末永慶寛:離岸堤周辺におけるアマモ種子の輸送・滞留機構に関する研究,土木学会論文集B3(海洋開発),Vol.68,No.2,pp.I\_1256 - I\_1261, 2012.

図 対象海域のシールズ数分布

事例名	No. 28 鉄鋼スラグを使用した海藻の着生基盤
目的	鉄鋼スラグを使用した海藻着生基盤の効果検証
実施箇所	須崎港
実施時期	平成27年度~令和4年度
技術概要	【背景】 ・須崎港の防波堤改良事業(防波堤の粘り強い化)により、腹付工を施工した。その結果、防波堤背後に幅約24m、水深約4mの海藻の生育に適した浅場が造成された。この浅場に海藻が着生可能な基質を増やす事を目的に、鉄の製造時に副産物として発生する鉄鋼スラグを有効利用した資材(人工砕石、藻場造成ユニット)の設置を行った(p.14と関連)。 【結果等】 ・実証試験区域(延長約50m)に鉄鋼スラグを活用した人工砕石、藻場ユニット(周辺海域に鉄分を供給させる)を設置し、藻礁基盤(海藻類を繁殖させる基盤)を整備した。 ・平成30年からは鉄鋼スラグを有効活用した水和固体プレートなどを設置し、水深の変化や藻礁基盤の違いによる藻場造成にも取り組んでいる。  ***********************************
	人工砕石       薬場造成ユニット
	図 実証実験区域に設置された 人工砕石、藻場造成ユニット、水和固体プレート

- 出典)「技術概要」における背景や結果等は以下の資料を元に加工して作成。
- [21] 壹反田正好:「四国技報 第 38 号 港湾における鉄鋼スラグを活用した生物共生型港湾構造物の取り組みについて」,国土交通省四国地方整備局四国技術事務所 HP,令和 2 年(2020 年), https://www.skr.mlit.go.jp/yongi/menu/summary/02-1gihou/MOKUJI.html(令和 7 年 10 月 14 日に利用).
- [23]国土交通省四国地方整備局高知港湾・空港整備事務所: "高知港湾・空港整備事務所における SDG s の達成に資する取組について", 国土交通省四国地方整備局高知港湾・空港整備事務所 HP, 令和 4 年(2022年), https://www.pa.skr.mlit.go.jp/kouchi(令和 7 年 10 月 15 日に利用).

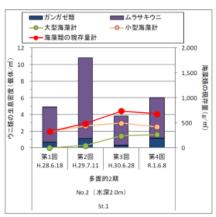
	事例名	No. 29 オープンスポアバッグ設置による種苗生産
	目的	磯焼け対策
	実施箇所	新宮町相島沿岸
	実施時期	平成 28 年~令和元年

# 技術概要【背景】

- ・ガラモ場が消失した海域に、潮の流れにより海藻のタネが移動することを考慮して藻場を回復させた。
- ・オープンスポアバッグ法とは、海藻の成体を不織布や網袋に差し込み、下端 の袋に石を入れて、海中へ投入する方法である。

# 【結果等】

- ・オープンスポアバッグを潮の上流に設置することで、下流域に藻場が出現することを期待し、100袋以上設置した。
- ・海藻の生産力がウニの食圧に勝り、徐々に海藻の現存量が増加した。また、 食害対策を始めて3年目の2019年(令和元年)には、大型海藻の被度が約 10~20%まで回復した。



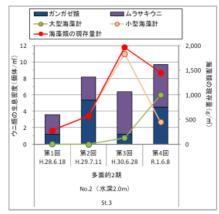


図 ウニの密度と海藻の現存量の経時変化



図 対策前後の状況

- 出典)「技術概要」における背景や結果等は以下の資料を元に加工して作成。
- [32]水産庁: "磯焼け対策ガイドライン (令和3年3月) (第7章)", 水産庁 HP, 令和3年(2021年), https://www.jfa.maff.go.jp/j/gyoko\_gyozyo/g\_zyoho\_bako/mobahozen\_sozo\_isoyaketaisaku.html (令和7年4月18日に利用)
- [33]水産庁: "磯焼け対策ガイドライン(令和3年3月)(第8章)", 水産庁HP, 令和3年(2021年), https://www.jfa.maff.go.jp/j/gyoko\_gyozyo/g\_zyoho\_bako/mobahozen\_sozo\_isoyaketaisaku.html (令和7年4月18日に利用).

事例名	No. 30 ウニフェンスの設置による磯焼け対策
目的	磯焼け対策
実施箇所	佐世保市浅子地区
宝施時期	<b>亚</b> 成 25 年~

### 夫旭时别 平成 25 平<sup>2</sup>

# 技術概要【背景】

- ・平成10年頃より磯焼けが発生し、カサゴやアワビなどの資源が減少した。
- ・ウニによる食害を防ぐため、ウニが藻場へ侵入できないようにフェンスを藻 場周辺に設置した。また、フェンスの設置に加え、ウニの除去も並行して実 施した。

# 【結果等】

- ・フェンス設置箇所周辺にワカメやアカモクを主体とした藻場が形成された。藻場形成後は、フェンスを移動させ、活動面積を当初の3倍にした。
- ・フェンスの設置に加え、ウニの除去と海藻のタネの供給を継続的に実施することで、活動 3 年目までにウニの個体数は  $0.6\sim3.4$  個体/ $\mathrm{m}^2$  と低く抑えることができた。



図 ウニフェンスの製作状況

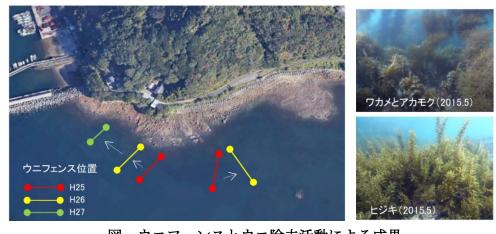


図 ウニフェンスとウニ除去活動による成果

出典)「技術概要」における背景や結果等は以下の資料を元に加工して作成。

[33]水産庁: "磯焼け対策ガイドライン (令和3年3月) (第8章)", 水産庁 HP, 令和3年(2021年), https://www.jfa.maff.go.jp/j/gyoko\_gyozyo/g\_zyoho\_bako/mobahozen\_sozo\_isoyaketaisaku.html (令和7年6月30日に利用).

# 1-3. サンゴ類

サンゴ類の保全・再生に関する既存事例の一覧表を表 1-3 に示す。

移植・移築については、各地で実績が蓄積されており、主要なサンゴ類に関しては一定のノウハウが確立されている。ただし、種ごとに産卵時期が異なることや白化の状況等も踏まえて、移植の実施時期には十分な配慮が求められる。また、枝状コモンサンゴ属については、移植手法の検討が必要とされている。

生物共生型構造物の導入も県内各地で進められており、概ね一定の効果が確認されているが、同様の構造物であっても海域条件により効果が発現しにくい場合があることに留意が必要である。

養殖については、実績が徐々に蓄積されつつあるものの、種によっては養殖が難しい。 また、手法によっては漁業権の取得や専用施設の整備が必要になるなど、環境面での条件 整備が求められる。

# 表 1-3 サンゴ類の保全・再生に関する既存事例

No.*	区分	実施場所等	事例名	時期	対象	仕様	出典	掲載ページ	
1		那覇港	嵩上げ移植	平成19年	サンゴ	建材ブロックで嵩上げしたワイヤーメッシュ上に均等にサンゴを置き、 結束バンドや針金等で群体を固定	[35]	p.27	
2	<u>2</u> <u>3</u>	那覇空港	水中ボンドによる固定	平成26年	サンゴ	タガネと金ブラシを用いて基質上の付着生物を掻き落とし、水中ボンドでサンゴ類を固定	[36][37]	p.28	
3		那覇空港	群集サンゴの移植	平成26年	サンゴ(枝状サンゴ群集)	枝状サンゴの群集構造を崩さないように、構造を維持したまま移植用 カゴに採取・運搬して移植	[36][37]	p.29	
4		那覇空港	大型サンゴ移築	平成26年	サンゴ(大型塊状群体)	人力では運搬困難な大型サンゴを水中バックホウ等を用いて採取、 台船のクレーンを用いて運搬、設置を行い移築		p.30	
5	TAL+ TAME	那覇空港	高台への移植	平成26年	サンゴ	礫・転石の衝突を受け難い高台状の地形の上部に移植	[37][38]	p.31	
6		那覇空港	食害防止カゴ	平成28年	サンゴ	魚類等の生物による食害を軽減するためのカゴを設置	[39]	p.32	
7			ボルト、ロープ等による固縛	令和2年	サンゴ	移植するサンゴを海底に固定した寸切りボルトやガイドロープと固縛 して移植	[40]	-	
8	8	石西礁湖	砂礫質底への静置	令和2年	サンゴ				
9		—————————————————————————————————————	受精効率を高める近接配置	令和2年	サンゴ	を で を 他	[40][58]	_	
10		小浜島	リスキニング法	平成30年~令和2年	サンゴ	成長が遅い種を対象に、同一群体由来のサンゴ小片をパッチ状に移	[41]	p.33	
11		那覇港	エコブロック	平成11年	サンゴ	種 固化前の消波ブロックにグレーチング等を押しつけて凹凸を形成	[35]	p.34	
12		那覇港	環境調和型ブロック	平成15年	サンゴ・魚類・大型底生動物	被覆・根固ブロックに対して古タイヤの設置やブロックのはつり等によ	[35]	-	
13		那覇港	直立ケーソン凹凸加工技術	平成14年	サンゴ	る凹部の形成 ケーソンの直立部に凹凸加工を施した様々なプレートを設置	[35][44]	-	
14		那覇港	生物共生型防波堤(人工タイドプール)におけ	平成24年~平成26年	サンゴ	ケーソンに底面大踊高がD.L.+0.5m程度、水深U.6mの人工タイト プールを設置、人エタイドプール底面に凹凸加工やグレーチングを設	[42][43]	p.35	
15		那覇港	るサンゴ生息環境の改良と費用対効果の検討 嵩上げマウンド	平成25年		選サンゴの生息に適した光量とするためD.L7m以浅となるように防波	[44][45]	р.33	
		那覇港	グレーチング	平成24年~平成26年	堤のマウンドを嵩上げ		[44][45]	p.36	
16						人工タイドブール底面にFRP製格子板(グレーチング)を設置 自然分解性樹脂またはステンレス(SUS304)で作成された格子状構			
<u>17</u>		那覇港	コーラルネット サンゴ白化現象後の回復における人工構造物	平成23年~平成28年	サンゴ	造物を設置 人工構造物に生息するサンゴが周囲の天然礁よりも白化後の回復	[46]	p.37	
18		那覇港	の有効性に関する研究	平成元年~平成30年	サンゴ	東度が早いことを分析	[44]	p.38	
<u>19</u>	生物共生 型構造物	那覇港、平良港	海水交換型防波堤	平成24年~平成26年(那覇港) 平成9年~平成22年(平良港)	サンゴ・魚類	防波堤のケーソンに通水部を確保するための加工	[47]	р.39	
20		那覇港	海水交換型防波堤	昭和56年~昭和57年、昭和63年	サンゴ	ケーソン間に消波ブロック堤を部分配置	[35][48]	p.40	
21		那覇空港	通水路による閉鎖性海域の環境影響低減	平成29年	浮遊性海域生物	連絡誘導路にボックスカルバートを設置し、通水路部を設置		p.41	
22		那覇空港	自然石塊根固被覆ブロック	平成29年	サンゴ・大型底生動物	自然石を埋め込んだ被覆ブロックを設置	[50]	-	
23		那覇空港	自然石護岸	平成29年	サンゴ・大型底生動物 自然石を用いて緩傾斜護岸を設置		[50]	-	
24		那覇港、那覇空港	凹凸加工消波ブロック	平成25~28年、令和2年	サンゴ	ゴ 消波ブロック表面に凹凸部を形成		-	
<u>25</u>		平良港	溝加工消波ブロック	平成10年	サンゴ	ゴ 消波ブロックの型枠に凸部を設けてブロック表面に溝を付加		p.42	
26		平良港	植石被覆ブロック	平成24年	サンゴ・魚類・大型底生動物	自然石を埋め込んだ被覆ブロックを設置	[52]	-	
27		平良港	凹凸加工根固ブロック	平成10年	サンゴ・魚類・大型底生動物根固プロックに対して、建材プロックの設置等による凹凸部の		[35]	-	
28		石垣港	緩傾斜護岸	平成22年	サンゴ	サンコの移植基盤・中間育成施設を設直するための平場を設直 周辺の人工構造物のサンゴ着生状況を基に、水深D.L-3~-4mに設 空	[53]	p.43	
<u>29</u>		那覇空港	サンゴの着床具	平成26年~平成29年	サンゴ	着床具を用いて稚サンゴを採苗し、育成後に実海域へ移植	[39]	p.44	
30	養殖	高志保地先	陸上養殖	平成10年	サンゴ	陸上施設を用いたサンゴの生産	[54]	-	
31		八重山漁協、前兼久漁協	実海域養殖	平成11年	サンゴ	ひび建て式(海底に杭を打ち込み、杭上で養殖)によるサンゴの生産	[55][56]	-	
32		沖縄県各地	沖縄県の複合的なオニヒトデ対策	平成24年~平成30年	サンゴ	オニヒトデ対策大量要因に関する研究及び大量発生予測のためのモニタリング、実施調査	[57]	-	
33		沖縄県各地	サンゴ礁保全再生事業	平成22~平成28年	サンゴ	サンゴの種苗生産・中間育成・植付けを行い、今後も活用できる知見 や技術などを蓄積	[58]	-	
34		恩納村恩納	サンゴ再生プロジェクト	平成16年~	サンゴ	養殖サンゴの植え付けによるサンゴ再生活動	[59]	p.45	
35		阿嘉島	移植サンゴの大きさや移植時期に関する研究	平成19年	サンゴ	移植後のサンゴの生残率、産卵活動等の観察	[60]	-	
<u>36</u>	その他	陸上水槽実験、久米島	遮光によるサンゴ白化現象の緩和効果の検証	平成30年	サンゴ	サンゴの白化を防ぐ有効な遮光率を求める実験	[61]	p.46	
<u>37</u>	COTIE	久米島	高水温耐性サンゴの種苗生産技術の開発	平成30年~	サンゴ	高水温耐性サンゴの選抜育種、DNAマーカー育種技術の開発・検証	[62]	p.47	
38		読谷村	サンゴの色と高水温耐性に関する研究	平成28年~令和3年	サンゴ	サンゴの色を規定する遺伝的要因が高水温耐性に与える影響につ いて分析	[54][63]	p.48	
39		石垣島、阿嘉島	電気防食	平成21年	サンゴ	電気防食技術を応用し、サンゴ着生基盤表面に微弱電流を発生	[64]	p.49	
40		阿嘉島、久米島	有性生殖によるサンゴ増殖技術の開発	平成18年~	サンゴ 有性生殖によるサンゴ種苗の生産			-	
41		石西礁湖、オーストラリア	藻類除去試験	令和4年(石西礁湖) 平成30年~令和元年(オーストラリア)	サンゴ	藻類除去処理とサンゴ加入群体数に関する試験・解析	[67][68][69]	p.50	
※下線で	示された事	L 例は本マニュアル適用節用	L の周辺海域における導入実績等を踏まえて選定		_t=_	1			

- [35] 内閣府沖縄総合事務局開発建設部:"環境共生に関する技術を取りまとめた「技術カルテ」", 内閣府沖縄総合事務局HP, 平成29年(2017年), https://www.ogb.go.jp/kaiken/minato/005799(令和7年3月28日に利用). を加工して作成

- [40] 石西礁湖における航路整備技術検討委員会事務局: "第16回石西礁湖における航路整備技術検討委員会(資料-5)", 内閣府沖縄総合事務局石垣港湾事務所HP,令和4年(2022年), https://www.dc.ogb.go.jp/ishigakikou/route\_seki16.html
- [41] 水産庁漁港漁場整備部: 令和4年度厳しい環境条件下におけるサンゴ礁の面的保全・回復技術開発実証委託事業報告書. を加工して作成
- [42] Toko Tanaya, Nobuyuki Kinjo, Wataru Okada, Masato Yasuda, Tomohiro Kuwae: Improvement of the coral growth and cost-effectiveness of hybrid infrastructure by an innovative breakwater design in Naha Port, Okinawa, Japan, Coastal Engineering Journal, Vol.63, No.3, pp.248-262, 2021. を加工して作成
- [43] 棚谷灯子, 金城信之, 岡田亘, 安田将人, 桑江朝比呂: 生物共生型防波堤におけるサンゴ生育環境の改良と費用対効果, 令和4年度国土交通省国土技術研究会HP, 令和4年(2022年), https://www.mlit.go.jp/chosahokoku/r4giken (令和7年9月11日に利用). を加工して作成
- [44] Toko Tanaya, Shunpei Iwamura, Wataru Okada, Tomohiro Kuwae: Artificial structures can facilitate rapid coral recovery under climate change, Scientific reports, 15(1):9116, doi: 10.1038/s41598-025-93531-2, 2025. を加工して作成
- [45] 棚谷灯子,桑江朝比呂:人工構造物を用いた新たな生息場の創造によるサンゴ礁生態系の再生,港湾空港技術研究所報告, Vol.64, No.2, 2025. [46] 山木克則, 新保裕美, 田中昌宏:コーラルネットを用いた那覇港内におけるサンゴ群集の創生, 土木学会論文集B3(海洋開発), Vol.73, No.2, pp.1,875 - 1,880, 2017. を加工して作成
- [47] 棚谷灯子, 金城信之, 岩村俊平, 青山宗平, 長谷川巌, 鈴木高二朗, 桑江朝比呂: 防波堤におけるサンゴの着生に対するケーソン目地部の効果, 土木学会論文集B2(海岸工学), Vol.75, No.2, pp1\_1147 1\_1152, 2019. を加工して作成 [48] 吉見昌宏, 与那覇健次, 片岡真二, 山本秀一, 高橋由浩, 田村圭一: サンゴの人工構造物への着生状況-3, 海岸工学論文集, Vol.45, pp.1111 - 1115, 1998. を加工して作成
- [49] 内閣府沖縄総合事務局、国土交通省大阪航空局: 『那覇空港プロジェクト―那覇空港滑走路増設事業に係る環境影響評価準備書(評価書第二分冊)"。那覇空港プロジェクトHP、平成25年(2013年) https://www.do.opb.go.jp/kyoku/information/nahakuukou/14\_asess/asess\_l.html(令和7年3月28日に利用)。 を加工して作成
  [50] 内閣府沖縄総合事務局、国土交通省大阪航空局: 『那覇空港プロジェクト―令和4年度那覇空港滑走路増設事業に係る事後調査報告書(第6章)"。那覇空港プロジェクトHP、令和5年(2023年), https://www.do.opb.go.jp/Kyoku/information/nahakuukou/104djigochousahoukokusyo.html(令和7年3月28日に利用)。 を加工して作成
  [51] 石井正樹、前幸地紀和、大村旅、山本秀一、高橋由浩、田村圭一: 平良港におけるサンゴ礁群集に配慮した環境修復技術、海岸工学論文集、Vol.48, pp.1301 1305, 2001。を加工して作成
- [52] 内閣府沖縄総合事務局平良港湾事務所: 平成30年度平良港周辺環境調査業務報告書。を加工して作成
- [53] 国土交通省港湾局: "生物共生型港湾構造物の整備・維持管理に関するガイドライン"、国土交通省HP, 平成26年(2014年), https://www.mlit.go.jp/kowan/kowan\_tk6\_000019.html(令和7年3月28日に利用). を加工して作成
- [54] 金城浩二:民間企業によるサンゴ再生, 日本サンゴ礁学会誌, Vol.19, No.1, pp.129 134, 2017. [55] 環境省九州地方環境事務所 沖縄奄美自然環境事務所: "令和5年度石西礁湖サンゴ群集修復試験実施業務報告書", 環境省HP, 令和5年(2023年), https://kyushu.env.go.jp/okinawa/coremoc/report/sango1.html(令和7年3月28日に利用).
- [56] 比嘉義視, 新里宙也, 座安佑奈, 長田智史, 久保弘文:漁協によるサンゴ再生の取り組み~沖縄県恩納村での事例~:日本サンゴ礁学会誌, Vol.19, No.1, pp.119 128, 2017.
- [57] 岡地賢、小笠原敬、山川英治、北村誠、熊谷直喜、中富伸幸、山本修一、中嶋亮太、金城孝一、中村雅子、安田仁奈: 沖縄県の複合的なオニヒトデ対策、日本サンゴ礁学会誌、Vol.21, pp.91 110, 2019. を加工して作成 [58] 沖縄県: "サンゴ礁保全再生事業総括報告書"、サンゴ礁保全再生事業報告書HP、最終更新: 令和6年(2024年), https://www.pref.okinawajp/kurashikankyo/kankyo/1004621/1004633.html (令和7年9月9日に利用).
- [59] 環境省グッドライフアワード事務局: "受賞者紹介 第3回グッドライフアロード 環境大臣賞 最優秀賞 サンゴ南生ブロジェクト「チーム美々もサンゴ」"、環境省HPグッドライフアロード中のでは2015年)。 https://www.env.go.jp/policy/kihon\_keikaku/goodlifeaward/report201501-teamchurasango.html(令和7年5月12日に利用)。を加工して作成
- [60] Nami Okubo, Tatsuo Motokawa, Makoto Omori: When fragmented coral spawn? Effect of size and timing on survivorship and fecundity of fragmentation in Acropora formosa, Marine Biology, 151(1):353-363, 2007.
- [61] 水産庁漁港漁場整備部:平成30年度厳しい環境条件下におけるサンゴ礁の面的保全・回復技術開発実証委託事業報告書. を加工して作成 [62] 水産庁漁港漁場整備部: 令和5年度厳しい環境条件下におけるサンゴ礁の面的保全・回復技術開発実証委託事業報告書. を加工して作成
- [63] Noriyuki Satoh, Koji Kinjo, Kohei Shintaku, Daisuke Kezuka, Hiroo Ishimori, Atsushi Yokokura, Kazutaka Hagiwara, Kanako Hisata, Mayumi Kawamitsu, Koji Koizumi, Chuya Shinzato, Yuna Zayasu: Color morphs of the coral, Acropora tenuis show different responses to environmental stress and different expression profiles of fluorescent-protein genes, G3: Genes|Genomes|Genetics, Volume11, Issue2, jkab018, https://doi.org/10.1093/g3journal/jkab018, 2021. を加工して作成
- [64] 鯉渕幸生, 木原一禎, 山本悟, 近藤康文: 微弱電流がサンゴの着床や成長に及ぼす影響, 土木学会論文集B2(海岸工学), Vol.66, No.1, pp.1216 1220, 2010. を加工して作成
- [65] 水産庁漁港場整備部、"有性生殖によるサンゴ増殖の手引き -生育環境が厳しい沖ノ鳥島におけるサンゴ増殖-"、水産庁HP, 平成21年3月(2009年), https://www.jfa.maff.go.jp/j/seibi/sango\_tebiki, h21\_03.html(令和7年10月03日に利用)
- [66] 水産庁漁港場整備部: "改訂 有性生殖によるサンゴ増殖の手引き"、水産庁HP, 平成31年3月(2019年), https://www.jfa.maff.go.jp/j/seibi/sango\_tebiki.html(令和7年10月03日に利用). [67] 環境省: 令和3年度(繰越)石西礁湖サンゴ群集修復試験実施業務報告書. を加工して作成
- [68] 環境省: 令和5年度石西礁湖サンゴ群集修復試験実施業務報告書 を加工して作成
- [69] Hillary A. Smith, Dylan A. Brown, Chaitanya V. Arjunwadkar, Stella E. Fulton, Taylor Whitman, Bambang Hermanto, Elissa Mastroianni, Neil Mattocks, Adam K. Smith, Peter L. Harrison, Lisa Boström-Einarsson, Ian M. McLeod, David G. Bourne: Removal of macroalgae from degraded reefs enhances coral recruitment, Restoration Ecology, Volume30, Issue7, e13624, 2022.

事例名	No. 1 嵩上げ移植
目的	旅客船バースの整備で影響を受けるサンゴの避難
実施箇所	那覇港(那覇港泊ふ頭地区)
実施時期	施工時期:平成19年
	モニタリング時期:平成19年

## 技術概要 【背景】

・旅客船バースの整備に伴い、影響を受けるサンゴを避難させることを目的と して、サンゴ移植を行った。

# 【結果等】

- ・移植は、ブロック及び移植床へそれぞれ行い、移植床には長径30~60 cmの 群体を対象として30群体を移植した。
- ・移植床への固定は、建材ブロックによって嵩上げしたワイヤーメッシュの上 に均等にサンゴを置き、結束バンドや針金等で群体の一部を固定した。
- ・移植6ヶ月後のモニタリングにおいても、移植床に移植したミドリイシ属、 ハマサンゴ属ともに良好な状態であった。

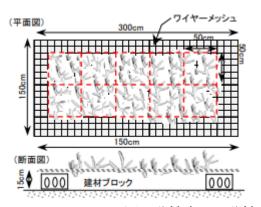




図 移植床への移植イメージ及び移植状況

# 表 移植サンゴの状況(移植6ヶ月後)

移植場所	群体 サイズ	属•種名	移植 群体数	生残率 (%)	活性状況 (%)		破損率 (%)		食害状況		平均成長量 (cm)		移植成否	
-90171					良好	不良	良好	不良	群体数	%	長径	高さ	状態	成長
	大	ハナガササンゴ属	5	100	100	0	100	0	0	0	0.6	0.0	0	0
		ハマサンゴ属 (被覆状)	2	100	100	0	100	0	0	0	0.0	1.3	0	0
		ハマサンゴ属 (塊状)	5	100	100	0	100	0	0	0	0.4	1.1	0	0
		ユビエダハマサンゴ	53	100	100	0	100	0	1	-1	0.6	0.7	0	0
		ナガレハナサンゴ	5	100	100	0	100	0	0	0	-6.3	-1.8	0	Δ
		チリメンハナヤサイサンゴ	2	100	100	0	100	0	0	0	1.8	0.3	0	0
		ミドリイシ科	5	80	80	20	60	40	0	0	-1.2	-0.8	0	0
ブロック		ハナガササンゴ属	3	100	100	0	100	0	0	0	1.2	0.5	0	0
7099		ハマサンゴ属 (被覆状)	3	67	67	33	100	0	0	0	0 -1.5	-1.2	Δ	Δ
		ハマサンゴ属 (塊状)	7	100	86	14	100	0	0	0	-1.1	0.2	0	0
	小サイズ	ヤスリサンゴ	1	100	100	0	100	0	0	0	0.0	0.0		0
		シコロサンゴ属	2	100	100	0	100	0	0	0	0.8	0.5	0	0
		リュウモンサンゴ属	5	100	100	0	100	0	2	- 1	0.3	0.1	0	0
		ウミバラ属	11	100	100	0	100	0	0	0	0.7	0.5	0	0
		キクメイシ科	4	100	100	0	100	0	0	0	0.0	0.0	0	0
		ナガレハナサンゴ	29	100	100	0	100	0	1	- 1	1.0	0.8	0	0
<b>平</b> 位	植床	ミドリイシ属	10	100	100	0	100	0	6	1	-	1.3	0	0
19	但体	ハマサンゴ属	20	100	100	0	100	0	3	1	-	0.7	0	0

青枠内が移植床の結果に該当

注) 成長量のマイナスは物理的破損によるものである

出典)「技術概要」における背景や結果等は以下の資料を元に加工して作成。

[35]内閣府沖縄総合事務局開発建設部:"環境共生に関する技術を取りまとめた「技術カルテ」", 内閣府沖縄 総合事務局 HP, 平成 29 年(2017 年), https://www.ogb.go.jp/kaiken/minato/005799(令和 7 年 3 月 28 日に利用).

事例名	No.2 水中ボンドによる固定
目的	改変区域内に生息するサンゴの移植
実施箇所	那覇空港
実施時期	平成 26 年
技術概要	【背景】
	・空港滑走路増設のために改変する必要のある区域に生息するサンゴ類の一部
	を、代償措置として近辺の類似環境へ移植した。
	【結果等】
	・小型サンゴとして、ミドリイシ属を中心としたサンゴ(19,506群体)、アオ
	サンゴ等(17, 176 群体)、ショウガサンゴ等(242 群体)を新滑走路西側及び北
	側、波の上うみそら公園へ移植した。
	・サンゴ移植は、サンゴを根元部分から回収し、カゴに入れて移植先へ運搬し
	た。移植先において、固定範囲表面の付着藻類等をブラシ等で除去し、水中
	ボンドを用いてサンゴ類を固定した。
	・モニタリングの結果、ミドリイシでは大型台風の影響により生残率 8%(移植
	42~48ヶ月後)の地点もみられたが、その他の移植サンゴは大きな減少傾向
	もなく成育しており、大規模移植としては特にアオサンゴの生残率が64~
	79%(移植42~48ヶ月後)と比較的高い水準で推移している。
	①サンゴ類の採取 全球取サンゴをカゴへ収容 ③カゴの引き上げ ④船上水槽への収容
	©ボンプによる集水交換
	②光衛目地柱(水中ボンド) ③ブラシによる基質医の掃除 ①サンゴ類の固定作業 ②間定したサンゴ類の例
	図 サンゴ類の移植手順
	To 7000
	500 (683 6 gar) 500 (683 6 gar
	5 2000 4 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5
	## 10.00   ## 10.00   10.00
	7000
	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
	1005   1006   1006   1007

出典)「技術概要」における背景や結果等は以下の資料を元に加工して作成。

[36] 内閣府沖縄総合事務局開発建設部: "那覇空港プロジェクト―那覇空港滑走路増設事業サンゴ類移植等環境保全措置報告会(資料4)", 那覇空港プロジェクト HP, 平成27年(2015年), https://www.dc.ogb.go.jp/kyoku/information/nahakuukou/houkokukai01.html(令和7年4月1日に利用).

図 移植サンゴの群体数及び生存被度(アオサンゴ)

[37] 内閣府沖縄総合事務局開発建設部,国土交通省大阪航空局: "那覇空港プロジェクト―第 10 回那覇空港滑走路増設環境監視会(資料 5-1)",那覇空港プロジェクト HP,平成 30 年(2018 年),https://www.dc.ogb.go.jp/Kyoku/information/nahakuukou/kankyoukanshiiinkai10.html(令和7年4月1日に利用).

±  r:    tr	N O DY # 11 \ \ \ S O TO H
事例名	No.3 群集サンゴの移植
目的	改変区域内に生息するサンゴの移植
	那覇空港
2 4772	平成 26 年
技術概要	【背景】 ・空港滑走路増設のために改変する必要のある区域に生息するサンゴ類の一部  な、保健世界トレスに辺の類似環境。発病した
	を、代償措置として近辺の類似環境へ移植した。 【結果等】
	・ユビエダハマサンゴ等の枝状サンゴ群集 1042.1m²を、新滑走路西側リーフ
	斜面に自生する既存サンゴの隙間の裸地に、流出防止ネットを用いて移植した。
	・採取したサンゴ類を移植カゴに入れたのち、移植カゴを船体の海面下へ取り 付けて曳航して移植地点へ移送した。
	・平成 29 年度のモニタリング調査では、移植 48 ヶ月後の生残面積は 750m <sup>2</sup>
	(生残率 72%) であった。
	①サンゴ頭の採取 ②採取サンゴを移植カゴへ収容 ③移植カゴへ収容されたサンゴ頭 ④移植カゴの引き上げ
	⑤彩植カゴを船体へ取り付け ⑥船首部の取り付け ⑦曳航状況 ⑧曳航中のサンゴ類の状況
	②移植場所への移植力の降下 ①移植地点への移植力ゴの移動 ①底板を引き抜き、サンゴ類を カゴから下ろす
	図 枝状サンゴ群集の移植方法
	B-1   20   100   B-2   20   100   B-2   20   20   20   20   20   20   20
	12   12   12   13   14   14   15   15   15   15   15   15
	20   4   20   4   20   4   20   4   20   4   20   4   20   4   4   20   4   4   20   4   4   20   4   4   20   4   4   20   4   4   4   4   4   4   4   4   4
	100 B-4 会風19号 80 B-5 会風19号 20 80 B-5 会風19号 16
	日本日本日本日本日本日本日本日本日本日本日本日本日本日本日本日本日本日本日本
	図 枝状サンゴ群集の生存被度と種類数

出典)「技術概要」における背景や結果等は以下の資料を元に加工して作成。

- [36] 内閣府沖縄総合事務局開発建設部: "那覇空港プロジェクト―那覇空港滑走路増設事業サンゴ類移植等環境保全措置報告会(資料4)", 那覇空港プロジェクト HP, 平成27年(2015年), https://www.dc.ogb.go.jp/kyoku/information/nahakuukou/houkokukai01.html(令和7年4月1日に利用).
- [37] 内閣府沖縄総合事務局開発建設部,国土交通省大阪航空局: "那覇空港プロジェクト―第 10 回那覇空港滑走路増設環境監視会(資料 5-1)",那覇空港プロジェクト HP,平成 30 年(2018 年),https://www.dc.ogb.go.jp/Kyoku/information/nahakuukou/kankyoukanshiiinkai10.html(令和7年4月1日に利用).

事例名	No. 4 大型サンゴ移築
目的	改変区域内に生息するサンゴの移築
実施箇所	那覇空港
実施時期	平成 26 年
技術概要	【背景】 ・空港滑走路増設のために改変する必要のある区域に生息するサンゴ類の一部を、代償措置として近辺の類似環境へ移築した。 【結果等】 ・大型塊状ハマサンゴ (37 群体)を新滑走路西側の海域へ移築した。 ・採取時、切断部の長径が 1m 以下の群体は人力工法、1m~1.5m 未満の群体は水中バックホウ、1.5m 以上の群体は水中ワイヤーソーで作業を行った。 ・採取後、台船で移築先へ運搬し、整形した海底にハマサンゴを移築した。 ・平成29 年度モニタリング調査では、3 群体で生存部の割合が 10%まで低下した。その他の群体は台風、白化の影響を受け一時的に生存部が減少したが、その後は大きな変化がなく成育している。
	<ul> <li>人力工法(小規模サンゴ採取) 2群体 切断部の長径が1m以下の群体は、人力での作業を基本としました。         <ul> <li>・機械工法(大規模サンゴ採取) 35群体 切断部の長径が1m~1.5m未満の群体は水中パックホウ、</li></ul></li></ul>
	①水中ワイヤーソーで弾取(切断) 水中ワイヤーソーで弾取(切断) 水中ワイヤーソー 水中ワイヤーソー ()合船で移築先へ二次連搬 ()海底の整形状況 () 一部で移築先へ二次連搬
	1月1日 日本
	図 大型サンゴの採取・移築方法

出典)「技術概要」における背景や結果等は以下の資料を元に加工して作成。

- [36] 内閣府沖縄総合事務局開発建設部: "那覇空港プロジェクト―那覇空港滑走路増設事業サンゴ類移植等環境保全措置報告会(資料4)", 那覇空港プロジェクト HP, 平成27年(2015年), https://www.dc.ogb.go.jp/kyoku/information/nahakuukou/houkokukai01.html(令和7年4月1日に利用).
- [37] 内閣府沖縄総合事務局開発建設部,国土交通省大阪航空局: "那覇空港プロジェクト―第 10 回那覇空港滑走路増設環境監視会(資料 5-1)",那覇空港プロジェクト HP,平成 30 年(2018 年),https://www.dc.ogb.go.jp/Kyoku/information/nahakuukou/kankyoukanshiiinkai10.html(令和7年4月1日に利用).

事例名	No.5 高台への移植
目的	台風時の移植サンゴへの影響の低減
実施箇所	那覇空港
実施時期	平成 26 年
技術概要	【背景】
	・台風による物理的撹乱が移植サンゴに与えた影響の要因を移植先の地形等か
	ら分析するための調査を行った。
	【結果等】
	・調査は台風来襲前までに移植した約10,500群体の1割が調査対象となるよ
	う、計36地点で行った。調査の結果、被災前の推定群体数の36地点の平均
	は 29.50±13.62 群体、被災率の平均は 29.90±17.46%であった。サンゴの
	主な被災要因は、波浪によって攪乱された直径数十cmから数mの転石や砂礫
	が移植サンゴに衝突したことであると考えられた。 ・幾何補正した垂直写真の画像分析により、枠の面積に対する砂礫等の侵入範
	・幾何補正した垂直与兵の画像分析により、枠の面積に対する砂礫寺の侵入   囲である低地の面積の割合を求めた結果、砂礫等が侵入しやすい低地の占有
	一面である低地の面積の割占を求めた福米、砂燥等が侵入してすぐ低地の占有   率が高いほど、被災率が高いことが分かった。また、低地の占有率が低い場
	所は凸地形となっており、被災率が低かった。
	・これらの分析結果を踏まえ、被災後の移植作業では、高台に移植した。その
	結果、その後の台風による移植サンゴへの大きな影響は見られず、移設先と
	して適切であると考えられた。
	100
	$ \begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$
	数 60 - • • • • • • • • • • • • • • • • • •
	6
	T 40 1
	<sup>20</sup> N=36 N=36
	0 20 40 60 80 100
	コドラート枠内の低地の占有率(%)
	図 移植サンゴの被災率と低地の占有率の関係図
	サンゴ 砂礫・転石の動き 砂礫 転石
	数十四程度
	a) 低地:被災が多かった地形
	1~2m 程度
	<b>b)</b> 凸地: 被災が少なかった地形
	3~5m 程度
	3 <sup>-3</sup> Jill (EDX
	c) 高台:被災後の移植先とした地形

出典)「技術概要」における背景や結果等は以下の資料を元に加工して作成。

[38] 前里尚, 椎原康友, 岩村俊平, 片山理恵, 高橋由浩:環境保全措置として実施した群体サンゴ移植事例の技術的レビュー, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol. 72, No. 2, pp. I\_1035 - I\_1039, 2016.

図 移植先の地形の断面イメージ図

事例名	No.6 食害防止カゴ
目的	魚類によるサンゴの食害防止
実施箇所	那覇空港
実施時期	施工時期:平成28年
	モニタリング: 平成 28 年~平成 29 年
技術概要	【背景】
	・魚類による食害を防止するために、移植したサンゴ全てに食害防止カゴを設
	置した。
	【結果等】
	・1 カゴ内のサンゴは同じ種類になるように寄せ植えを行い、食害防止カゴは
	計 96 個設置した。
	・カゴ設置の有無でその後の生残率を比較したところ、カゴを設置した移植サ
	ンゴの方が生残率は高く、一定の効果があったと考えられた。
	THE RESERVE OF THE PARTY OF THE
	図 食害防止カゴの設置(左)と移植状況(右)
	→ カゴ有 <del> カ</del> ガ 無
	100
	€ 80 -
	掛 60 -
	# 40
	20 -
	6月 7月 9月 12月 7月
	移植直後 1カ月後 3カ月後 6カ月後 12カ月後
	平成29年
	図 食害防止カゴ(左)と食害防止カゴの有無による生残率変化(右)
1	

出典)「技術概要」における背景や結果等は以下の資料を元に加工して作成。

<sup>[39]</sup>内閣府沖縄総合事務局,国土交通省大阪航空局: "那覇空港プロジェクト―令和元年度那覇空港滑走路増設事業に係る事後調査報告書(第4章)",那覇空港プロジェクト HP,令和3年(2021年),https://www.dc.ogb.go.jp/kyoku/information/nahakuukou/r01d\_jigochousahoukokusyo.html(令和7年4月1日に利用).

事例名	No. 10 リスキニング法
目的	成長速度の遅いハマサンゴ等に対する成長促進技術の検証
実施箇所	小浜島
実施時期	平成 30 年~令和 2 年
技術概要	【背景】 ・リスキニングとは、成長の遅いハマサンゴ等の塊状サンゴ類を小片化し、人工基盤等にパッチ状に貼り付けて成長・融合させることで、サンゴ群体を早期に再生する技術である。 【結果等】 ・切断厚や貼付間隔を変えた実験結果によると、小片の生残率は移植3年後ではハマサンゴ属・トゲキクメイシ属のいずれも80%以上であった。 ・移植3年後の成長率は、切断厚についてはハマサンゴ属は1.5cm、トゲキクメイシ属は0.5cmの条件で最も高かった。一方、貼付間隔については、ハマサンゴ属は正確な成長率が算出できなかったものの、互いの小片が融合するほど高い成長率が確認された。トゲキクメイシ属は貼付間隔3cmの条件で最も高かった。 ・移植3年後の融合率は、切断厚についてはハマサンゴ属・トゲキクメイシ属のいずれも0cmの条件で最も高く、貼付間隔についてはハマサンゴ属で4cm、トゲキクメイシ属で3cmの条件で最も高かった。 ・付着物に関する実験結果によると、ハマサンゴ属の生残率は付着物を除去した条件で87%、除去しなかった条件で53%となり、明確な差がみられた。一方、トゲキクメイシ属については付着物除去の有無にかかわらず生残率は80%以上であった。 ・貼付方向に関する実験結果によると、ハマサンゴ属は垂直方向よりも水平方向に貼り付けた方が成長率は高かった。一方、トゲキクメイシ属は垂直方向方が成長率は高かった。融合率については、ハマサンゴ属・トゲキクメイシ属のいずれも垂直方向に貼り付けた方が高かった。

図 移植3年後の小片生残・成長状況の例(海域実験)

出典)「技術概要」における結果等は以下の資料を元に加工して作成。

[41]水産庁漁港漁場整備部: 令和4年度厳しい環境条件下におけるサンゴ礁の面的保全・回復技術開発実証委託事業報告書.

事例名	No. 11 エコブロック
目的	サンゴの加入・成長の促進
実施箇所	那覇港(那覇防波堤(港外側))
実施時期	施工時期:平成11年
	モニタリング: 平成 11 年~平成 19 年(10 年間)
技術概要	【背景】 ・固化前の消波ブロックにグレーチングなどを押しつけて凹凸加工を施し、サンゴの加入・成長の場を創出した。 【結果等】 ・凹凸加工 10mm と 5mm で、ブロック導入後 3~4 年目までのサンゴの加入を著しく増加させる効果があることが分かった。 ・サンゴが着床した消波ブロック周辺には魚が集まり、蝟集効果があることが分かった。
	●凹凸の深さ ・粗度大:10mm(グレーチング等仕上げ) ・粗度中:5mm(レーキ等仕上げ) ・粗度小:2mm(ハケ目等仕上げ) ・粗度小:2mm(ハケ目等仕上げ)
	エコブロックの概観(ドロス, 40t) ※粗度:凹凸の深さ
	5cm     5cm     5cm       無加工(対照区)     粗度小(2mm)     粗度中(5mm)     粗度大(10mm)
	2007.8 1999 年(直後) D.L2m 凹凸加工 10mm 単凸加工 10mm 平体数 19. 被度 75% 図 凹凸加工ブロックにおけるサンゴの成育状況 (例)
	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·

出典)「技術概要」における背景や結果等は以下の資料を元に加工して作成。

[35]内閣府沖縄総合事務局開発建設部: "環境共生に関する技術を取りまとめた「技術カルテ」", 内閣府沖縄総合事務局 HP, 平成 29 年(2017 年), https://www.ogb.go.jp/kaiken/minato/005799 (令和 7 年 3 月 28 日に利用).

事例名	No. 14 生物共生型防波堤(人工タイドプール)におけるサンゴ生息環境の改
チャンプロ	良と費用対効果の検討
 目的	グレーインフラとグリーンインフラを組み合わせたハイブリッド型インフラ
ПΗЭ	(IGGI) の費用対効果を試算し、費用対効果の高い手法を検討
実施箇所	
実施時期	生物共生型防波堤の施工時期:平成24年~平成26年
技術概要	【背景】
201111111111111111111111111111111111111	・サンゴの着生に配慮した生物共生型防波堤(Pro-environment
	breakwater(PB)) には、サンゴの生息に適した浅場面積の拡大を目的にマウ
	ンドが嵩上げされ、低潮時には潮溜まりが出現する人工タイドプール
	(Artificial tide pool(ATP))が整備されている。ATP の天端高は、LWL を
	基準として LWL+1.0m (PB <sub>shallow</sub> ) と LWL+0.7m (PB <sub>deep</sub> ) の2種類がある。
	【結果等】
	・サンゴ面積や整備費用より、費用対サンゴ着生効果は通常防波堤に比べ、生
	物共生型防波堤の効果が 1.04~1.11 倍高く、PB <sub>deep</sub> が最も効果が高かった。
	・通常防波堤 (Control) に比べ、PB <sub>deep</sub> はサンゴ面積(m <sup>2</sup> )が 1.22 倍増加した。
	増加分の 42%は ATP によるサンゴ面積の増加であった。
	・PB <sub>shallow</sub> 、PB <sub>deep</sub> の防波堤の整備費用の内訳は、Control に比べてそれぞれ防波
	堤延長 1m あたり 2,226 千円、2,610 千円高くなったものの、その増加分の
	多くがマウンドの嵩上げに伴う費用であった。一方、ATP 設置に係る費用は
	383 千円とマウンド嵩上げ費用に比べて低く、ATP の整備に伴い結果的に上 部工の体積等が減少するため、正味 86 千円で整備可能と試算された。
	・ATP はサンゴ被度 16%の基盤増加を 698.8cm²/千円で実現可能であり、移植等
	によるサンゴ生息場の再生の費用対効果(608.3cm²/千円)に匹敵すると試
	算された。先行研究ではサンゴ群体の移植密度が 4~5 群体/m² と想定されて
	いるのに対し、ATPでのサンゴ群体の密度が同等以上であることを考慮する
	と ATP 設置はサンゴ生息場の再生手段として費用対効果が高いとしている。
	・既設のControl、PB <sub>shallow</sub> 、PB <sub>deep</sub> に加え、仮想的な断面として、天端高
	LWL+0.7mの ATP のみを設けた Control+ATP の 4 パターンの断面を想定する
	と、予算が 25,406 千円~25,492 千円では Control と Control+ATP の組み合
	わせ、予算が 25,492 千円~28,016 千円では Control+ATP と PB <sub>deep</sub> の組み合
	わせでサンゴ面積が最大化すると試算されている。
	生物共生型防波堤 (a)
1	港外、港内

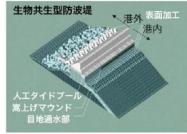


図 生物共生型防波堤の アイソメトリック図



図 人工タイドプール(ATP)の写真

出典)「技術概要」における背景や結果等は以下の資料を元に加工して作成。

[42]Toko Tanaya, Nobuyuki Kinjo, Wataru Okada, Masato Yasuda, Tomohiro Kuwae: Improvement of the coral growth and cost-effectiveness of hybrid infrastructure by an innovative breakwater design in Naha Port, Okinawa, Japan, Coastal Engineering Journal, Vol.63, No.3, pp. 248-262, 2021.

[43] 棚谷灯子,金城信之,岡田亘,安田将人,桑江朝比呂:生物共生型防波堤におけるサンゴ生育環境の改良と費用対効果,令和4年度国土交通省国土技術研究会 HP,令和4年(2022年),https://www.mlit.go.jp/chosahokoku/r4giken(令和7年9月11日に利用).

事例名	No. 16 グレーチング
目的	人工タイドプール内に FRP 製の格子板(グレーチング)を設置し、サンゴ類
	の着生・成長促進及び魚類・大型底生動物の蝟集
実施箇所	那覇港(浦添第一防波堤東端延長 120m 区間)
実施時期	平成 24 年~平成 26 年
技術概要	【背景】
	・人工タイドプール (Artificial tide pool(ATP)) の天端高は、干潮位より
	1.0m (LWL+1.0m) または 0.7m (LWL+0.7m) 高くなるよう設計されている。
	ATP の内底中央部の表面処理は、(1) 10mm または 30mm の溝加工、(2) FRP 製
	グレーチング (格子サイズ 40mm、厚さ 8cm)、(3) 無加工の 3 種類である。
	【結果等】
	・LWL+0.7mのATPでは、加工区(溝加工区とグレーチング区)での総サンゴ
	被度は平均約 18%で、特にミドリイシ属の被度と群体数が無加工区に比べて
	顕著に高くなった。
	・同じ底面の加工部と無加工部を比較すると加工部は無加工部よりもサンゴの
	総被度が高かった。アナサンゴモドキ属、コモンサンゴ属、ハマサンゴ属、
	ハナヤサイサンゴ属も、加工部の方が被度が高い例が見られた。
	・ATP 内のサンゴ群体数の総数は、グレーチング区の加工部または LWL+0.7m
	の溝加工区の加工部では、無加工部よりも多かった。ミドリイシ属におい てはすべてのサイトで加工部の方が多く、アナサンゴモドキ属、ハマサン
	「はりゃくのりイトで加工部の力が多く、ケケリンコモドキ属、ハマリン   ゴ属、ハナヤサイサンゴ属、コモンサンゴ属でも一部のケースで同様の傾
	一個、ハブドッイッシュ属、コモンッシュ属でも一部のグラスで同様の順     向であった。
	・サンゴ群体のサイズは、グレーチング区での増加が顕著であった。全体とし
	て、加工部では平均群体サイズが無加工部よりも増加したが、ミドリイシー
	属、Faviidae 科、ハマサンゴ属、ハナヤサイサンゴ属の平均群体サイズが
	無加工部を上回ったのはグレーチング区のみであった。
	・グレーチング区は無加工区より魚類の個体数が多く、小型のスズメダイ科
	(オキナワスズメダイ等) が多く確認された。その他、大型底生動物(漁
	獲対象種であるシャコガイ類等含む)も確認された <sup>※[45]</sup> 。
	・これらの結果から ATP における表面加工(特にグレーチング)はサンゴ類の
	着生や成長促進及び魚類の蝟集効果があると考えられた。
	FRP grating 10-mm grooves 30-mm grooves A
	10 cm
	図 人工タイドプール (ATP) で確認
	図 人工タイドプール (ATP) で確認 された生物 A: 小型の魚類 (スズメダイ科) の例
	A:小型の魚類(スズメダイ科)の例
	Processed Unprocessed Processed Unprocessed Processed Unprocessed Processed Unprocessed B:大型底生動物(シャコガイ類)の 図 加工区・無加工区の (地球ない地域など)
	例(港湾空港技術研究所提供)

出典)「技術概要」における背景や結果等の説明や図は、以下の資料[44]を元に加工して作成(※ただし、結果等の一部は資料[45]を引用)。

サンゴ被度の比較

- [44] Toko Tanaya, Shunpei Iwamura, Wataru Okada, Tomohiro Kuwae: Artificial structures can facilitate rapid coral recovery under climate change, Scientific reports, 15(1):9116, doi: 10.1038/s41598-025-93531-2, 2025.
- [45]棚谷灯子,桑江朝比呂:人工構造物を用いた新たな生息場の創造によるサンゴ礁生態系の再生,港湾空港技術研究所報告,Vol.64,No.2,2025.

市周夕	N. 17 7. 51.7 l
事例名	No. 17 コーラルネット
目的	効果的なサンゴ群集の再生手法
実施箇所	
実施時期	
技術概要	【背景】
	・那覇港港内側でのサンゴ群集の創生を目的に、格子状構造の人工基盤「コー
	ラルネット」を設置した。
	・コーラルネット及びコンクリート製ブロック上で成育するサンゴ群集の生残
	及び被度について5年間の長期モニタリングを実施し、環境要因との関係に
	ついて分析した。
	【結果等】
	・コーラルネットに着生したサンゴ群集は、ミドリイシ属、ハナヤサイサンゴ
	属が優占すると共に被度は最大45%となった。
	・コーラルネット上で見られたサンゴは太枝状、テーブル状のミドリイシ属サ ンゴなどで、波高が高いまたは、潮通しの良い環境に適すると考えられる。
	・ブロック上ではマット状に生育する海藻類に細粒分が堆積した影響によりサ
	・ ノロックエ (は * ツ下状に生育 y る
	ンコ列生の有生阻害が認められた。
	<sup>50</sup> 7
	0 2012 ■ 2013 ■ 2014 図 2015 ■ 2016
	<u></u>
	(%) 数 型 で で で で の の の の の の の の の の の の の
	0 -5m -7m -5m -7m -5m -7m -5m -7m -3m -5m -7m -3m -5m -7m -3m -5m -7m
	-5m   -7m   -5m   -7m   -5m   -7m   -3m   -5m   -7m   -3m   -5m   -7m   -3m   -5m   -7m   -7m   -7m   -7m   -7m   -7m   -7m   ガロック   Lo (10mm)   Hi (100mm)
	コーラルネット コーラルネット
	St.A St.B
	図 ブロック及びコーラルネット上のサンゴ被度の推移
	(6)2014
	(a)2015
	Acr:ミドリイシ属 Poc:ハナヤサイサンゴ属 Mil:アナサンゴモドキ属
	図 サンゴ群体の成長の一例

出典)「技術概要」における背景や結果等は以下の資料を元に加工して作成。

[46]山木克則,新保裕美,田中昌宏:コーラルネットを用いた那覇港内におけるサンゴ群集の創生,土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol. 73, No. 2, pp. I\_875 - I\_880, 2017.

事例名	No. 18 サンゴ白化現象後の回復における人工構造物の有効性に関する研究
目的	人工構造物が気候変動下でサンゴの迅速な回復を促進できるかについて評価
実施箇所	那覇港
実施時期	平成元年~平成 30 年
技術概要	・那覇港の人工構造物及び周辺の天然礁において、29 年間(平成元年~平成30 年)、延べ約33,000 件のサンゴ被度に関する現地観測データを比較した。 [結果等] ・平成10 年の大規模白化後、人工構造物と天然礁のサンゴ被度は低下した。その後、サンゴ被度は人工構造物において6年以内にほぼ白化前の水準まで回復した。一方、天然礁ではほとんど回復していない。平成10 年以降の全期間において、サンゴ被度は天然礁よりも人工構造物の方が高い。人工構造物上のサンゴ群集を初期段階から長期的にモニタリングされた事例はほとんどない。今回の解析で、人工構造物上のサンゴが数十年に渡って定着・維持されることや、人工構造物は建設後数年で周辺の天然礁と同程度の被度となることが明らかとなった。・大規模白化前後の種組成の変化を解析したところ、人工構造物では白化前後ともミドリイシ属及びハナヤサイザンゴ属であった。一方、天然礁においては、白化前はミドリイシ風が主体であったものの、白化後はFaviidae科、不の他造礁サンゴ類及びサンゴ以外の底質に変化していた。・人工構造物のサンゴ群集はミドリイシ属が優におしている一方で、Faviidae科、ハマサンゴ属、その他造礁サンゴ類の被度は周辺の天然礁よりも低く、天然礁と異なるサンゴ群集の組成であった。ミドリイシ属は浅い水深を好み、成長が早く、一斉産卵によって急速に生息地を増やすことができる。白化後に那覇港の人工構造物のサンゴ被度が急速に回復したのは、ミドリイシ属のもつこうした特性によるものでを急速に回復したのは、ミドリイシ属のもつこうした特性によるものではないことに留意する必要がある。

図 A: 平成元年から平成30年までの那覇港の防波堤及び周囲の天然礁における造礁サンゴ類の被度の経時的変化(黒線は平成10年の白化現象) B:消波ブロックに着生したサンゴ(港湾空港技術研究所提供)

出典)「技術概要」における背景や結果等は以下の資料を元に加工して作成。

[44] Toko Tanaya, Shunpei Iwamura, Wataru Okada, Tomohiro Kuwae: Artificial structures can facilitate rapid coral recovery under climate change, Scientific reports, 15(1):9116, doi:10.1038/s41598-025-93531-2, 2025.

事例名	No. 19 海水交換型防波堤
目的	港内外の海水交換の促進(副次的効果:サンゴの成育の促進)
実施箇所	①那覇港(浦添第一防波堤東端延長 120m 区間)
	②平良港(下崎西防波堤I区間・下崎北第二防波堤)
実施時期	施工時期:①浦添第一防波堤 平成24年~平成26年
	②下崎西防波堤 平成9年~平成18年、下崎北第二防波堤 平成17年~
	平成 22 年
	(関連調査のモニタリング:①平成29年~平成30年、②平成10年~平成
L-L- 시낭 Lmt ====	27 年・平成 29 年~平成 30 年)
技術概要	【背景】
	・那覇港や平良港では、港内外の海水交換を促進のため通水型ケーソンやケー
	ソンの隙間配列が整備されている。 【結果等】
	【福木寺】 <海水交換の促進>
	・目地幅 1m 程度まで、目地幅が広いほど港内側への海水の噴き出し距離が長
	くなる傾向が見られ、特に那覇港の浦添第一防波堤では、沖波入射角が約
	30°、目地幅 5-90cm の範囲において、その傾向が顕著であった。
	<サンゴの加入・成長の促進効果>
	・那覇港の場合、ケーソン目地部は、目地から離れた直立部よりもサンゴの総
	被度が高く、特にミドリイシ属やハナヤサイサンゴ属等の着生を高める効果
	がみられ、サンゴ総被度は目地幅 1m 前後で最大化することが確認された。
	・平良港の場合、目地幅を 1m 程度設けてもサンゴの着生に対する効果が見ら
	れなかった。通水部の計画や設計に当たっては波浪条件や防波堤の延伸方向
	など流速に影響を与える要因を考慮する必要があると考えられた。
	250 y = 2.07x + 14.32 の 那覇港 (c) ミドリイシ属 カー 78 カ
	では
	±10 50 / グ 沖南防波堤 5 ● 8
	y = 7.66x + 2.96 8
	0 50 100 150 沖南防波堤 0 5 10
	目地からの距離[m]
	図 日地幅(D. L. = 0. 5回) と 図 日地が500距離
	80 °
	概 。 。 。 。
	の
	‡ 20 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
	0 50 100 150 200
	目地幅 [cm]
	図 目地幅とサンゴ被度の関係 図 目地部のサンゴ分布状況の例

出典)「技術概要」における結果等は以下の資料を元に加工して作成。

[47]棚谷灯子,金城信之,岩村俊平,青山宗平,長谷川巌,鈴木高二朗,桑江朝比呂:防波堤におけるサンゴの着生に対するケーソン目地部の効果,土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 75, No. 2, pp. I\_1147 - I\_1152, 2019.

事例名	No. 20 海水交換型防波堤
目的	防波堤の通水部におけるサンゴの成育状況と流況との関係を検討・把握し、
	サンゴの成育に与える通水部の効果を確認
実施箇所	那覇港(浦添第一防波堤)
実施時期	施工時期:昭和56年~昭和57年、昭和63年
技術概要	【背景】
	・那覇港の浦添第一防波堤には、ケーソン間に幅 54m にわたって消波ブロック
	が部分配置されているほか、ケーソン間の幅が 0.2m に設定された箇所が存
	在する。
	【結果等】
	・通水部の幅が 54m の広い区間を「区間①」とし、通水部中央から 9m、27m、
	45m 地点で調査を実施した。また、通水部の幅が 0.2m と狭い区間を「区間
	②」とし、通水部中央から 0.5m、4.5m、9m の地点で同様に調査を実施し
	た。調査対象水深はいずれの区間も D.L1m、-3m、-5m とし、コドラート内
	(縦 50cm×横 100cm)のサンゴ被度、最大高(壁面からの垂直方向の最大
	値)を測定した。
	・サンゴ被度の平均値は、区間①の通水部からの距離 9m で 33.3%、27m で
	21.7%、45m で 30%であった。区間②では通水部からの距離が 0.5m で
	43.3%、4.5m で 36.7%、9m で 20.0%であった。区間①では通水部からの距離
	とサンゴ被度の関係は明確でない。
	・最大高は区間①の通水部からの距離 9m で 15.7cm、27m で 18.7cm、45m で
	6.7cm であった。区間②では通水部からの距離が 0.5m で 14.3cm、4.5m で
	14.3cm、9m で 6cm であり、いずれの区間も通水部付近において着生してい

ンゴの比率が高くなるためであった。
・立体的なサンゴは、平面的なサンゴと比較して現存量が多く、景観に優れ、 空隙が多いため魚類や他の生物の生息場として高い機能を有していると考え られる。このような高い機能を有する立体的なサンゴの増殖手法として海水 交換の促進が有効であることが示唆された。

るサンゴの高さが大きい傾向がみられた。すなわち、通水部周辺においては 散房花状や樹枝状の立体的な群体形のサンゴの比率が高く、通水部から離れ るにしたがってこれらサンゴの比率が低くなり、代わりに被覆状や塊状のサ

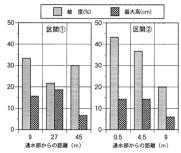


図 サンゴの成育状況と 通水部からの距離



図 通水部 (区間②) の分布状況<sup>※[35]</sup>

出典)「技術概要」における結果等は以下の資料[48]を元に加工して作成(※ただし、図の一部は資料[35]を引用)。

[35]内閣府沖縄総合事務局開発建設部:"環境共生に関する技術を取りまとめた「技術カルテ」", 内閣府沖縄総合事務局 HP, 平成 29 年(2017 年), https://www.ogb.go.jp/kaiken/minato/005799 (令和7年3月28日に利用).

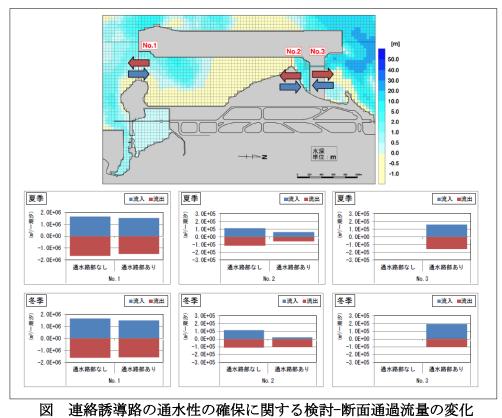
[48]吉見昌宏,与那覇健次,片岡真二,山本秀一,高橋由浩,田村圭一:サンゴの人工構造物への着生状況-3,海岸工学論文集,Vol.45,pp.1111 - 1115,1998.

事例名	No. 21 通水路による閉鎖性海域の環境影響低減
目的	閉鎖的海域への通水性確保、水質・底質・生物環境への環境影響軽減
実施箇所	那覇空港(第二滑走路連絡誘導路)
実施時期	施工時期:平成29年
	モニタリング調査:
	(工事前) 平成 25 年(埋立区域存在時) 平成 30 年~令和 5 年
技術概要	[밥통]

・那覇空港の第二滑走路増設に伴い、発生する閉鎖性海域の通水性確保を目的 に導入した通水路部について、滑走路存在前後の底質・生物環境に関する事 後調査結果が報告されている。

# 【結果等】

・閉鎖性海域の環境影響の軽減については、事業計画時に複数案が検討されて おり、採用された通水路部の設置案では、通水部を設けない構造案と比較し て、通水性の向上が予測された。それに伴い、夏季の水温上昇の緩和や、シ ルト・粘土分の堆積の緩和がシミュレーションにより予測された。



出典)「技術概要」における背景や結果等は以下の資料を元に加工して作成。

- [49] 内閣府沖縄総合事務局、国土交通省大阪航空局:"那覇空港プロジェクト―那覇空港滑走路増設事業に 係る環境影響評価準備書(評価書第二分冊)". 那覇空港プロジェクトHP, 平成25年(2013年), https://www.dc.ogb.go.jp/kyoku/information/nahakuukou/14\_asess/asess\_1.html(令和7年3月28 日に利用).
- [50] 内閣府沖縄総合事務局, 国土交通省大阪航空局: "那覇空港プロジェクト―令和4年度那覇空港滑走路 増設事業に係る事後調査報告書(第6章)", 那覇空港プロジェクトHP, 令和5年(2023年), https://www.dc.ogb.go.jp/Kyoku/information/nahakuukou/r04d\_jigochousahoukokusyo.html(令和 7 年3月28日に利用).

事例名	No. 25 溝加工消波ブロック
目的	サンゴの加入・成長の促進
実施箇所	平良港(下崎西防波堤(港外側))
実施時期	施工時期:平成10年
	モニタリング: 平成 10 年~平成 19 年(10 年間)
技術概要	【背景】
	・消波ブロックの型枠に凸部分を設けてブロックに溝加工を施し、サンゴの加
	入・成長の場を創出した。
	【結果等】
	・モニタリング調査の結果、無加工区に比べて加工区でややサンゴ群体数が多
	い傾向にあり、サンゴの加入を促す効果がうかがえた。被度はブロック導入
	から9年経過後も10%未満であり、加工区と無加工区の差違は小さく、被
	度の増加に対する効果は明確ではない。 ・溝加工区部の角の部分に比較的多くのサンゴが着生することが分かってい
	る。
	S S
	単位:mm h 2620
	t 型:12.5t
	2009 10
	2008.10 ※数字はサンゴの着生部分
	9 7 5 6
	10 8
	Im Im
	1998 年(設置直後) 2007 年(9 年後)
	図 溝加工ブロックにおけるサンゴの成育状況(例)
	D.L1m
	で 15   加工区 □ 無加工区 □ 無加工区 □ 15
	(%) 10 (%) 10 (%) 10 (%) 10 (%) 10 (%) 10 (%) 10 (%) (%) (%) (%) (%) (%) (%) (%) (%) (%)
	15 D.L3m 20 D.L3m
	15 0 15 15 €
	大 ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・
	* 0
	0 1 2 3 4 7 9 1 2 3 4 7 9 1 1998年以降の経過年数(年) 1998年以降の経過年数(年) 1998年以降の経過年数(年)
	1998年以降の経過年数(年) 1998年以降の経過年数(年) 図 群体数・被度の経年変化の例
出曲)「技術	

出典)「技術概要」における背景や結果等は以下の資料を元に加工して作成。

[35]内閣府沖縄総合事務局開発建設部:"環境共生に関する技術を取りまとめた「技術カルテ」", 内閣府沖縄総合事務局 HP, 平成 29 年(2017 年), https://www.ogb.go.jp/kaiken/minato/005799 (令和7年3月28日に利用).

事例名	No. 28 緩傾斜護岸
目的	サンゴ類の生息・生育環境の創出、移植サンゴの中間育成としての仮置き場
実施箇所	石垣港
実施時期	施工時期:平成22年
	モニタリング:平成22年~
TT VIC TILL TE	

# 技術概要【背景】

- ・石垣港において、生物共生護岸として護岸根固石の上面にサンゴ基質を配置 した事例が報告されている。
- ・護岸の洗堀対策として根固マウンドを設計し、マウンド上にはサンゴの移植 基盤・中間育成施設を設置するための平面部を設けた。平面部は、サンゴに 影響する強光や水温を考慮して、D.L.-3.0~-4.0mに設け、航路からのシル ト分対策の為、海底面より高く設計された。

#### 【結果等】

・平成22年に水深別にサンゴの移植が実施され、移植2年後の生残率は、D.L.-4.0m区間で約59%、D.L.-3.0m区間で約70%であった。

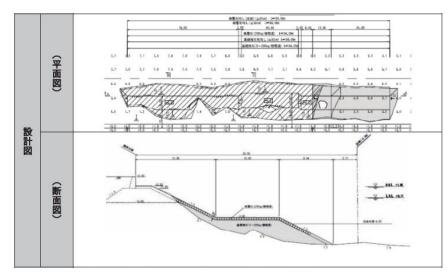






写真 移植サンゴの様子 (左; D.L.-4.0m 区間、右; D.L.-3.0m 区間)

図 生物共生護岸の構造と移植されたサンゴの状況

出典)「技術概要」における背景や結果等は以下の資料を元に加工して作成。

[53] 国土交通省港湾局: "生物共生型港湾構造物の整備・維持管理に関するガイドライン", 国土交通省 HP, 平成 26 年(2014 年), https://www.mlit.go.jp/kowan/kowan\_tk6\_000019.html (令和 7 年 3 月 28 日に利用).

事例名	No. 29 サンゴの着床具
目的	サンゴの着床具を用いた採苗
実施箇所	那覇空港
実施時期	平成 26 年~平成 29 年
技術概要	【背景】
	・事前に供給源となる親サンゴの分布や特性から地点を選定、踏査を行い、着
	床具設置予定箇所を選定し、着床具による採苗を行った。
	【結果等】
	・過年度調査でサンゴの着床が多い地点に絞ったことや、産卵期後半に産卵し
	たミドリイシ属の幼生加入を対象として着床具の採苗地点での設置期間を
	長くしたことによって、採苗率は増加した。
	・種類別にみると、着床の多くを占めるミドリイシ科やハナヤサイサンゴ科の * ***********************************
	着床群体数は年によって増減した。 ・当該海域における着床量の変動の主な要因は、ミドリイシ属の産卵期におけ
	る気象海象(産卵期の強風や大雨)、白化現象、採苗地点への長期設置によ
	るハナヤサイサンゴ科の着床増加である。
	・主な供給源となるサンゴ類被度 10%以上の比較的高被度の分布面積につい
	ては、本試験期間中に大きな変化はみられなかった。
	海域採苗(着床具の設置) 中間育成 サンプリング
	設置 3 ヵ月後 設置 1.5 年後 移植
	設置6カ月後
	図 着床具による採苗から移植までの流れ
	// / / / / / / / / / / / / / / / / / /
	Ton ton the state of the state
	上57x4℃21"科 上57x4℃21"科 上57x4℃21
	fon
	17/1/2-47
	図 着床が確認されたサンゴ類

出典)「技術概要」における背景や結果等は以下の資料を元に加工して作成。

[39] 内閣府沖縄総合事務局,国土交通省大阪航空局: "那覇空港プロジェクト―令和元年度那覇空港滑走路増設事業に係る事後調査報告書(第4章)", 那覇空港プロジェクト HP, 令和3年(2021年), https://www.dc.ogb.go.jp/kyoku/information/nahakuukou/r01d\_jigochousahoukokusyo.html(令和7年4月1日に利用).

事例名	No. 34 サンゴ再生プロジェクト
目的	養殖サンゴの植え付けによるサンゴ再生活動
実施箇所	恩納村恩納
実施時期	平成 16 年~

# 技術概要【背景】

- ・海水温上昇で大きなダメージを受けたサンゴの保全を目的に、サンゴの植え 付け活動を継続的に実施している。
- ・年に4回ほどのペースでサンゴの植え付けプログラム(イベント)を実施、 参加者の手で植え付け用の台に固定した苗を作り、サンゴの消えてしまった 海域に移植している他、サンゴの生態などについても学習している。
- ・植え付け用の台には、自由なメッセージ等を書き込み、「自分の手でサンゴ 再生に協力した」という実感が得られるように配慮している。

#### 【結果等】

・2004年(平成16年)から始まったサンゴの植え付け活動では、2015年(平成27年)までの12年間で計5,574本のサンゴ植え付けを行っている。





図 サンゴ植え付け活動の状況



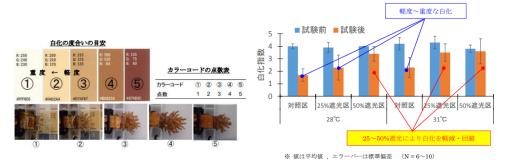
図 サンゴについての学習

出典)「技術概要」における背景や結果等は以下の資料を元に加工して作成。

[59]環境省グッドライフアワード事務局: "受賞者紹介 第 3 回グッドライフアワード 環境大臣賞 最優秀賞 サンゴ再生プロジェクト「チーム美らサンゴ」", 環境省 HP グッドライフアワード, 平成 27 年(2015 年), https://www.env.go.jp/policy/kihon\_keikaku/goodlifeaward/report201501-teamchurasango.html (令 和 7 年 5 月 12 日に利用).

事例名	No. 36 遮光によるサンゴ白化現象の緩和効果の検証
目的	高水温下においてサンゴ白化現象の緩和となる遮光
実施箇所	陸上水槽実験、久米島
実施時期	平成 30 年
技術概要	・水槽実験を行い、高水温下で飼育し、白化を防ぐ有効な遮光率を把握した。 また、水槽実験結果に基づいた海域実験も実施された。 【結果等】
	・ウスエダミドリイシを、水温条件は 31℃と 28℃、遮光条件は 50%、25%、

- ・ウスエダミドリイシを、水温条件は 31  $\mathbb{C}$   $\mathbb{C$
- ・光条件は12L/12D(明期:5-17時、暗期:17-5時)、光量は生残性の高い日平均光量の約300µmo1/m²/sとした。
- ・25~50%程度の遮光によりサンゴの白化を軽減、抑制する効果が確認された。
- ・海域実験では、目合い 4、12、25mm の遮光ネットを設置する方法や、水深を D. L.-4m から D. L.-12m に変える実験が実施された。実施年度はサンゴ白化現象を引き起こす高水温が発生しなかったため、遮光による白化防止効果の実証にはつながっていないものの、このような措置を施すことで、どの程度水中光量子が減少するかが確認された。



# 図 カラーチャートによる白化度合いと試験前後の白化指数(水槽実験)

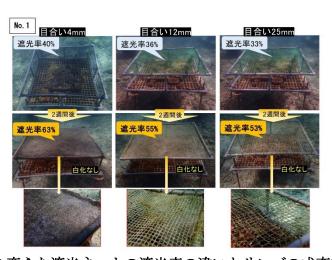


図 目合いを変えた遮光ネットの遮光率の違いとサンゴの成育状況(海域実験)

出典)「技術概要」における背景や結果等は以下の資料を元に加工して作成。

[61] 水産庁漁港漁場整備部:平成30年度厳しい環境条件下におけるサンゴ礁の面的保全・回復技術開発実証 委託事業報告書.

事例名	No. 37 高水温耐性サンゴの種苗生産技術の開発								
目的	高水温耐性サンゴの種苗生産に必要な品種改良法の開発・検証								
実施箇所	久米島								
実施時期	平成 30 年~								
技術概要	【背景】 ・ウスエダミドリイシ(Acropora tenuis)を対象として、高水温耐性サンゴの 選抜育種及び遺伝情報を利用した品種改良法(DNA マーカー育種)に関する技 術開発を進めている。								
	【結果等】 ・令和5年度までに高水温耐性サンゴの選抜育種の技術開発は完了した。大まかな流れは以下の通りである。 1)親サンゴより得られた卵と精子を用いて有性生殖法により稚サンゴを生産2)生産した稚サンゴを約1ヶ月齢で、水温31.5℃において約2ヶ月間飼育することにより、高い高水温耐性を持つ稚サンゴを選抜3)選抜後は、常温にて4歳齢まで飼育 ・令和2年度までに高水温耐性サンゴに関与している可能性の高いDNAマーカーの候補領域が判明している。現在、この領域を対象としたPCR用プライマーの開発とその検証が続けられている。 ・上記技術とあわせて、高水温耐性サンゴの形質が次世代へ遺伝的継承がされているかについても検証が行われている。								
	様の採取 を								
	(C)高水温耐性が判別している親群体を用いて、高耐性・低耐性・サンゴに特有の遺伝的変異の探索  ・ DNAを抽出 → 全ゲノム解析(全DNA解語)・高温耐性に関与している遺伝的変異の特定(DNAマーカーの開発) ・ 高~低耐性の親由来の卵と精子を様々な組み合わせで掛け合わせて種苗生産(例:高耐性の卵×高耐性の精子・低耐性の卵×低耐性の精子・低耐性の卵×低耐性の精子)・稚サンゴを高水温暴露し、各組み合せの生残率の比較およびDNA解析  ・ 耐性が次世代に引き継がれるか検証  (B)高水温耐性が判別している群体を用いて、高耐性・低耐性・低耐性・低耐性の変異の特定(DNAマーカーの開発) ・ 高温耐性・で関・大のスーカーの開発)・高温耐性・サンゴを簡易的な方法で判定する方法を開発  ・ 高本に耐性・低耐性・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・								

出典)「技術概要」における背景や結果等は以下の資料を元に加工して作成。

[62]水産庁漁港漁場整備部: 令和5年度厳しい環境条件下におけるサンゴ礁の面的保全・回復技術開発実証 委託事業報告書.

図 高水温耐性サンゴの選抜及び DNA マーカー開発までの流れ

事例名	No. 38  サンゴの色と高水温耐性に関する研究
目的	サンゴの色を規定する遺伝的要因が高水温耐性に与える影響について分析
実施箇所	読谷村
実施時期	平成 28 年~令和 3 年
技術概要	【背景】
	・沖縄ではウスエダミドリイシ(Acropora tenuis)は茶色(NO型、NB型)、緑
	方 (go Fill gp Fill)

色(GO型、GB型)、紫色(P型)の3種類が確認されている。

・読谷村の私設水族館(有限会社 海の種)では、これら 3 色のウスエダミド リイシを育成・移植している。

### 【結果等】

- ・平成29年夏季の白化調査の結果、茶色及び紫色のサンゴで白化現象が発生し た。NO型では7~8月にかけて総面積の半分以上が白化した。その後、全体の 10~15%は白化後も回復せずに死滅した。NB型は7~8月の白化割合はNO型 より少なかったものの、多くの群体がその後回復せずに死滅した。P型は8月 下旬に総面積の約30%が白化、その後、総面積の約20%が死滅した。一方、緑 色では白化が見られなかった(GO型で総面積のうち数%が死滅していたのは 白化以外の理由で死滅)。
- ・各色のサンゴの共生藻 (Symbiodiniaceae) の系統を確認したところ、いずれ も Clade-C 系統の共生藻であった。したがって、茶色及び紫色のサンゴの白 化は共生藻の系統の違いによるものではないと示唆された。
- ・屋外水槽条件下で実施された蛍光タンパク質及び非蛍光色素タンパク質の遺 伝子発現プロファイルでは、季節によってこれらタンパク質の発現レベルが 変化することや、特に白化の少なかった緑色のサンゴは夏季の間 GFP (緑色蛍 光タンパク質)の発現が高いレベルで維持されていることが分かった。 これらの結果は、高水温耐性が遺伝的要因で修飾されており、その結果とし てウスエダミドリイシの色の多様化が生じていることを示唆している。



図 様々な色をもつウスエダミドリイシ

C: 茶色(NO型)、C': NO型の枝の先端(オレンジ色)

D: 茶色(NB型)、D': NB型の枝の先端(青色)

E:緑色(GO型)、E':GO型の枝の先端(オレンジ色)

F:緑色(GB型)、F':GB型の枝の先端(青色)

G:紫色(P型)、G':P型の枝の先端

出典)「技術概要」における背景や結果等は以下の資料を元に加工して作成。

[63] Noriyuki Satoh, Koji Kinjo, Kohei Shintaku, Daisuke Kezuka, Hiroo Ishimori, Atsushi Yokokura, Kazutaka Hagiwara, Kanako Hisata, Mayumi Kawamitsu, Koji Koizumi, Chuya Shinzato, Yuna Zayasu: Color morphs of the coral, Acropora tenuis, show different responses to environmental stress and different expression profiles of fluorescent-protein genes, 63: Genes Genomes Genetics, Volume 11, Issue 2, jkab 018, https://doi.org/10.1093/g3journal/jkab018, 2021.

事例名	No. 39 電気防食							
目的	微弱電流によるサンゴの成長促進効果の定量化							
実施箇所	石垣島、阿嘉島							
実施時期	平成 21 年							
技術概要	<ul> <li>【背景】</li> <li>・電流がサンゴの幼生の着生数、骨格成長、光合成に与える影響について検証するため、現地及び室内で様々な実験を実施し、電場がサンゴに与える影響について考察した。</li> <li>【結果等】</li> <li>・海水中で電流が流れることによって析出する電着物質は、サンゴ幼生の着生数によい影響をもたらし、またその残存率に電場が関係することがわかった。骨格成長と光合成についても電気の有用性が示された。</li> <li>・同時に電場がサンゴに与える影響が、サンゴの種類はもちろん、石灰化や光合成をはじめ、着床や成長などの生活史によっても異なり、単に強い電場に曝せば良いというようなものではないことが明らかになった。</li> </ul>							
	180   18							
	図 石垣島での電着基盤への 図 各電場の範囲において有 電流密度 (mA/m²) ごとの 意な成長率増大を示した 着床数 (5月) と着床後の 群体の割合 生残数の時間変化							
	IP (石灰化速度)							
	図 日中の石灰化・光合成量 図 夜間の石灰化・光合成量 の関係 の関係							

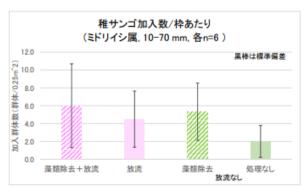
出典)「技術概要」における背景や結果等は以下の資料を元に加工して作成。

[64] 鯉渕幸生,木原一禎,山本悟,近藤康文:微弱電流がサンゴの着床や成長に及ぼす影響,土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 66, No. 1, pp. 1216 - 1220, 2010.

事例名	No. 41 藻類除去試験
目的	藻類除去処理とサンゴ加入群体数に関する試験・解析
実施箇所	①石西礁湖
	②Great Barrier Reaf; Magnetic 島(オーストラリア)
実施時期	①令和4年
	②平成30年~令和元年
技術概要	【背景】
	・サンゴ幼生の加入促進をする目的で、ホンダワラ類や被覆性海藻類が繁茂す
	る地点において、スクレーパーや金ブラシ等を用いた除去道具を用いて藻類
	を除去した。

# 【結果等】

- ・一部にナイロンメッシュ  $(30\sim100\,\mu\,\text{m})$  製の放流ネットをかぶせ、ネット内 に幼生を放流したのち、3日後にネットを撤去した。
- ・1年半後にモニタリングを行い、1枠あたりのサンゴ加入数を調査した。
- ・藻類除去後に加入した可能性が高いサイズ (10~70mm 程度) のミドリイシ属 を対象として、各処理区(対照区を含む)間の多重比較を行ったところ、い ずれの試験区でも有意な差はみられなかった(Steel-Dwass 検定)。
- ・ミドリイシ属の枠あたり加入群体数では、藻類除去+幼生放流区が最も多く 次いで藻類除去区、幼生放流区の順であり、処理なし(対照区)が最も少な かった。
- ・藻類除去のみの区でも加入数が比較的多かったことから天然加入も比較的に 多かったと推察された。
- ・オーストラリアにおいても、25m<sup>2</sup>に12区画(うち6区画は藻類除去区、6区 画は対照区)を設定し、藻類除去とサンゴ加入数の関係について調査されて いる。報告によれば、藻類を除去した区画では対照区に比べ、サンゴ加入数 が3倍に増加していたとしている※[69]。



注) Steel-Dwass 法による多重検定で有意な差はなし

1 年半後の地点別・処理区別1枠あたりのサンゴ加入数

出典)「技術概要」における背景や結果等の説明や図は、以下の資料[67][68]を元に加工して作成(※ただ し、結果等の一部は資料[69]を引用)。

- [67]環境省:令和3年度(繰越)石西礁湖サンゴ群集修復試験実施業務報告書.
- [68]環境省:令和5年度石西礁湖サンゴ群集修復試験実施業務報告書.
- [69] Hillary A. Smith, Dylan A. Brown, Chaitanya V. Arjunwadkar, Stella E. Fulton, Taylor Whitman, Bambang Hermanto, Elissa Mastroianni, Neil Mattocks, Adam K. Smith, Peter L. Harrison, Lisa Boström-Einarsson, Ian M. McLeod, David G. Bourne: Removal of macroalgae from degraded reefs enhances coral recruitment, Restoration Ecology, Volume30, Issue7, e13624, 2022.

# 1-4. カサノリ・ホソエガサ

カサノリ・ホソエガサの保全・再生に関する既存事例の一覧表を表 1-4に示す。

移植については、浦添ふ頭地区における実証的な試みが報告されている。人工基質を活用した着生実験としては、那覇空港においてポリプロピレン製ロープを用いた事例があり、カサノリ類の着生が確認されている。陸上栽培に関しては、カサノリ・ホソエガサを対象に小規模な実験が実施されており、ホソエガサを用いた実験では母藻投入から8日後に配偶子嚢、18日後に発芽体が観察されている。一方、カサノリを用いた実験では配偶子放出が確認されておらず、引き続き技術的な検討が求められる。

# 表 1-4 カサノリ・ホソエガサの保全・再生に関する既存事例

No. <sup>*</sup>	区分	実施場所等	事例名	時期	対象	仕様·方法等	出典	掲載ページ
1	移植	浦添市空寿崎地先	カサノリ・ホソエガサの実海域 植栽実験	平成16年~平成18年	カサノリ類	実海域での植栽	[70]	p.53
2	人工着生	瀬長島	カサノリ類の生育基盤比較実験	平成26年~平成28年	カサノリ	人工着生基盤の設置実験	[71]	-
3	基盤	瀬長島	カサノリ類の人工着生基盤実験	平成29年~平成31年	カサノリ	人工着生基盤の設置実験	[71]	p.54
4	陸上栽培	陸上水槽実験	カサノリ・ホソエガサの水槽内 環境条件管理実験	平成15年~平成17年	カサノリ類	陸上水槽による、長期間に わたる維持保存	[70][72]	p.55

<sup>※</sup>下線で示された事例は本マニュアル適用範囲の周辺海域における導入実績等を踏まえて選定し、次ページ以降に事例の概略を掲載した。

#### 引用文献

- [70] 那覇港管理組合: 平成17年度那覇港海域環境保全計画調査業務委託報告書. を加工して作成
- [71] 内閣府沖縄総合事務局,国土交通省大阪航空局: "那覇空港プロジェクト—第18回那覇空港滑走路増設環境監視委員会(参考資料1)", 那覇空港プロジェクトHP, 令和5年(2023年), https://www.dc.ogb.go.jp/kyoku/information/nahakuukou/kankyoukanshiiinkai18.html(令和7年3月28日に利用). を加工して作成
- [72] 那覇港管理組合:平成15年度那覇港海域環境保全計画調査業務委託報告書. を加工して作成

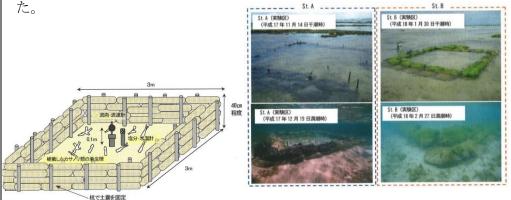
事例名	No.1 カサノリ・ホソエガサの実海域植栽実験				
目的	実海域における植栽種苗の生育条件の把握				
実施箇所	浦添市空寿崎地先				
実施時期	平成 16 年~平成 18 年				
技術概要	【书書】				

# 技術概要 |

・浦添ふ頭地区において周囲を築堤した実験区と築堤なしの対照区を設置し、実 海域における植栽実験が実施された。

# 【結果等】

- ・カサノリ・ホソエガサは下げ潮、上げ潮に伴う比較的穏やかな潮流(おおむね流 速 0~10cm/s)の中で良好に生育することが確認された。一方、荒天時に強い流 れが発生する箇所ではカサノリ・ホソエガサの生育は良好ではなかった。
- ・カサノリは人工種苗生産には至ってないが、実海域での種付けは可能であるこ とが分かった。
- ・実海域への植栽手法としては、カサノリでは着生礫及び実海域での種付け後の 礫、ホソエガサはこれに加えて人工種苗生産した礫を導入できることが分かっ



実海域植栽実験のイメージ図と実施状況写真 図

#### 表 実験結果

CL	×	流況		速(cm/s)	生育状況
St. 🗵	N N			荒天時	生育1人元
St. A	実験区	・平常時:上げ潮·下げ潮に伴う潮 流(主な流速0~5cm/s)	3. 3	8. 7	<ul><li>・多くの藻体が確認され、主にカサ形成藻体の状態であった。</li><li>・礫の残存率:44%</li></ul>
	対照区	・平常時:上げ潮・下げ潮に伴う潮流(主な流速0~10cm/s)が実験区より強い。 ・荒天時:他実験区より流れが強い	6. 7	14. 4	・当該種以外の海藻が繁茂し、当 該種の密度は低く、生長は良好で なかった。 ・礫の残存率:28%
St. B	実験区	・平常時:上げ潮·下げ潮に伴う潮 流(主な流速0~5cm/s)	2. 2	5. 1	・多くの藻体が確認され、主にカ サ形成藻体の状態であった。 ・礫の残存率:43%
	対照区	・平常時:上げ潮·下げ潮に伴う潮流(主な流速0~10cm/s)が実験区より強い。	6. 2	7. 3	・多くの藻体が確認され、主に力 サ形成藻体や成熟藻体の状態で あった。 ・礫の残存率:26%

出典)「技術概要」における背景や結果等は以下の資料を元に加工して作成。

[70] 那覇港管理組合:平成17年度那覇港海域環境保全計画調査業務委託報告書.

事例名	No.3 カサノリ類の人工着生基盤実験
目的	那覇空港の直接改変区域に分布するカサノリ類に対する環境保全措置案として、
	生育基盤の確保するための検討を実施
実施箇所	瀬長島
実施時期	平成 29 年~平成 31 年

# 技術概要【背景】

・カサノリ類の生育基盤を確保するため、人工物を含めた効率のよい着生基盤の 把握及び着生基盤の設置方式について検討実験が実施された。

# 【結果等】

- ・着生基盤の素材は、サンゴ礫、サンゴ着床具、PP(ポリプロピレン)ロープが適していることが分かった。
- ・設置方式としては、網状にした PP ロープに着生基盤を固定し、網の一方を海底 に固定、もう一方にはブイをつけて満潮時は網が立ち上がる「立ち上げ式」が 適していることが分かった。
- ・設置場所はカサノリ類の高被度域、設置時期は9月頃、設置期間は1年が適していることが分かった。

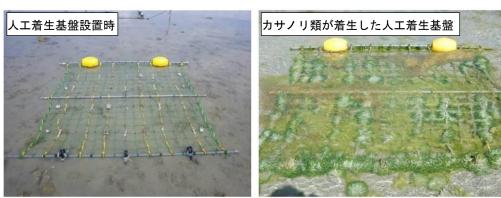


図 実験状況の例(立ち上げ式)

# 表 カサノリの人工着生基盤の最適な設置方法

項目	内容
設置方法	立ち上げ式
設置場所	カサノリ類の高被度域
素材	サンゴ礫、サンゴ着床具、PPロープ
設置時期	9月頃
設置期間	1年

出典)「技術概要」における背景や結果等は以下の資料を元に加工して作成。

[71] 内閣府沖縄総合事務局,国土交通省大阪航空局: "那覇空港プロジェクト―第 18 回那覇空港滑走路増設環境監視委員会(参考資料 1)", 那覇空港プロジェクト IIP,令和 5 年(2023 年),

https://www.dc.ogb.go.jp/kyoku/information/nahakuukou/kankyoukanshiiinkai18.html(令和7年3月28日に利用).

事例名	No.4 カサノリ・ホソエガサの水槽内環境条件管理実験						
目的	カサノリ類の生育条件や生態に関する知見取得						
実施箇所	陸上水槽実験						
実施時期	平成 15 年~平成 17 年						
技術概要	【背景】						
	・カサノリやホソエガサの生育条件や生態に関する知見取得のために、陸上水槽						
	にて環境条件を管理した状態で以下の4項目に関する実験が行われた。						
	【結果等】						
	・着生礫保存実験:カサノリとホソエガサの着生礫は生育速度に差はあるもの						
	の、水温 15~30℃及び日照時間 10~14 時間の範囲内であれば死滅することなく						
	1年以上保存できることが分かった。						
	・発芽影響実験:ワイヤーブラシ等を用いた摩耗実験や砂への埋没実験の結果、						
	カサノリ及びホソエガサの着生礫は問題なく発芽した。両種は摩耗や埋没に対						
	する耐性が高いことが明らかになった。						
	・配偶子放出実験:ホソエガサは母藻投入から8日後に配偶子嚢が、18日後には						
	発芽体が観察された。一方、カサノリの配偶子放出は認められなかった。						
	・種付け実験:ホソエガサの人工種苗生産は可能であり、基質としてはサンゴ礫						
	や自然石、コンクリート板等が適していると考えられた。						
	インパクト処理(平成17年1月24日)						
	本権内部育管理 実施信果 平成16年4月16日       適正環境条件犯履 試験 サスエグラ (た)と カサノリ (右)     (インパクト)       カサノリ (右)     タワシによる磨耗          所やすりによる磨耗    M(ヤナリによる磨耗)  M(ヤナリによる磨耗)						
	いずれの実験区においても発芽がみられた。						

図 水槽内環境条件管理実験状況の例

発芽(平成17年1月31日)

出典)「技術概要」における背景や結果等は以下の資料を元に加工して作成。

[70] 那覇港管理組合:平成17年度那覇港海域環境保全計画調査業務委託報告書.

[72] 那覇港管理組合:平成15年度那覇港海域環境保全計画調査業務委託報告書.

# 2. 生物の生態的特性に関する知見

海藻草類及びサンゴ類の生態的特性に関する知見を収集し整理した。なお、海藻草類のうち海藻類については、全国的な知見は確認されたものの、沖縄県内や浦添ふ頭地区に関連した知見が乏しいことから、ここでは海草類に関する知見のみを対象とした。

海草類の生態的特性に関する知見を表 2-1に、サンゴ類の生態的特性に関する知見を表 2-2に示す。

# 表 2-1 海草類の生態的特性に関する知見

分類	項目			生態的特性の知見等	出典
	水温	トチカガミ科 (リュウキュウスガモ)	2月水温 下限~上限	19~20°C	[73]
			8月水温 下限~上限	28~29°C	[73]
			生長と光合成の最適温度	30~35°C	[75]
水質 (地形、物理条件を含む)	塩分 トチカガミ科 (リュウキュウスガモ)			25∼35psu	[76]
	COD			2mg/L以下	[74]
	ss			概ね2mg/L以下	[74]
	水中光量			3~6E/m²/日	[74]
	底質中央粒径(d50)			0.23~1.15mm	
底質	底質貫入深度			平均15cm以上 (鉄筋棒 $\phi$ 8mmを用いて20回の貫入試験を実施した際の平均値)	[11][74]
	外敵(食害)		大型海生動物	アオウミガメ	[29]
その他 海生生物			大型底生動物	カニ(切断された観察例)	[73]
	競合		海藻類	アオサ	[73]

※その他、これら調査項目に影響を与える物理条件(波浪・潮流等)に関わる知見として、シールズ数が0.09~0.12(底質粒径をd=1.0mmとしたとき)[73]、底面せん断応力が15~20dyn/cm²(概ね40dyn/cm²以上では海草の消失や地下茎が露出)[74]が知られる。

- [11] 照屋雅彦, 酒井洋一, 具志良太, 與儀成也, 坂井隆行, 池田宗平, 加地智彦, 細谷誠一: 熱帯性海草類の生育場創出による藻場造成実証実験, 土木学会論文集B3(海洋開発), Vol.67, No.2, pp.I.298 - I.303, 2011.
- [29] 環境省自然環境局: "第47回自然公園等小委員会 諮問案件 崎山湾・網取湾自然環境保全地域における保全計画の変更及び生態系維持回復事業計画の策定について (資料6-4)", 環境省HP, 令和4年(2022年), https://www.env.go,jp/council/12nature/\_47\_1.html (令和7年3月28日に利用).
- [73] 海の自然再生ワーキンググループ, "海藻草類の生態資料", 海の自然再生ハンドブックーその計画・技術・実践ー第3巻 藻場編, 東京, 株式会社ぎょうせい, pp.81-95, 平成15年(2003年).
- [74] 川上泰司, 小早川弘, 溝口忠弘, 三島京子, 小畠大典: 熱帯性藻場生育条件の把握の試み, 海洋開発論文集, Vol.20, pp.431 436, 2004.
- [75] Ole Pedersen, Timothy D. Colmer, Jens Borum, Andrea Zavala-Perez, Gary A. Kendrick: Heat stress of two tropical seagrass species during low tides impact on underwater net photosynthesis, dark respiration and diel *in situ* internal aeration, New Phytologist, Volume210, Issue 4, 2016.
- [76] Jie Shen, Zhongjie Wu, Lei Yin, Shiquan Chen, Zefu Cai, Xiaoxiao Geng, Daoru Wang: Physiological basis and differentially expressed genes in the salt tolerance mechanism of *Thalassia hemprichii*, Frontiers in Plant Science, vol.13 975251, 2022.

# 表 2-2 サンゴ類の生態的特性に関する知見

分類	項目			生態的特性の知見等	出典	
		造礁サンゴの成育可能範囲 (最適範囲)		16~36°C (25~28°C)	[77]	
	水温	サンゴ礁が形成される条件 (地理的分布範囲)		最低18℃以上 (北緯33°48′~南緯31°40′)	[77]	
		白化現象		白化現象が生じる基準 : 週積算高水温 (Degree Heating Week:DHW) が4℃-week以上 白化現象による大量死が生じる基準 : DHW 8℃-week以上	[78]	
	15.0	造礁サンゴの成育可能範囲 (最適範囲)		27~40psu (34~37psu)	[77]	
	塩分	サンゴ礁が形成される条件(地理的分布範囲)		34~37psu		
		SPSS		懸濁物質含量(content of Suspended Particles in Sea Sediment:SPSS)のランクが5a以下が望ましい。	[79]	
	濁り	サンゴ被度50%となるために	濁度	0.11度以下	[80]	
		必要な各水質項目値(暫定)	水平透明度	14.0m以上	[80]	
			全窒素	0.08mg/L以下		
水質 (地形、物理条件	栄養塩	サンゴ被度50%となるために	全リン	0.01mg/L以下	[77]	
を含む)	<b>木</b> 受塩	必要な各水質項目値(暫定)	硝酸+亜硝酸	0.01mg/L以下	[77]	
			リン酸	0.006mg/L以下		
	水深			波あたりやサンゴの種によって異なる。 【那覇港の防波堤港外側の事例】 ミドリイシ属:浅い水深(D.L1~-3m)で被度が高い。 ハマサンゴ属:D.L9m以深で被度が高い。 ハナヤサイサンゴ属:水深の違いによる被度の違いは少ない。	[44][81]	
	対面方位 (構造物が面する方角)			【那覇港の防波堤の事例】 直立壁面(港外側・港内側):南に面した地点でサンゴの被度が高く、北に面した地点で低い。 消波ブロック等の傾斜堤の法面(港外側):明確な違いはみられない。	[44][77]	
	波、流れ			波や流れによる効果: 栄養素を運搬し、餌となる粒子の捕獲を増加させ、老廃物を取り除き、光合成と呼吸を促進する。白 化後の生存率や白化からの回復にも影響する。 【那覇港の場合】 設計沖波(50年確率波)を波浪変形して求めた堤体前面の有義波高(H1/3)が7~11mの範囲でサンゴ被度が高くなる。 通水型ケーソンやケーソン目地部付近の直立部ではサンゴ総被度が高く、特にミドリイシ属の着生が顕著である。 (巻末資料p.39参照)。また、通水部付近では散房花状や樹枝状といった立体的な群体形のサンゴが多く着生する(巻末資料p.40参照)。	[35][47][48] [82][83][84]	
	基質面の傾度			【那覇港の防波堤港外側の事例】 消波ブロックの表面の傾度は、90°(垂直面)に比べて0°(上向き)及び45°(斜め上向き)でサンゴの成育が良好である。	[44][77]	
底質	基質面の表面形状 がレーチング等設置			ケーソンやブロック等表面に、凹凸加工を施すことや、FRP製のグレーチング等を設置することでサンゴ加入や成育を促進する効果がある。 【那覇港の防波堤の事例】 巻末資料p.34、36、37参照。	[35][44][45] [46][85]	
	以 · · · / · · · · · · · · · · · · · · ·	魚類		ブダイ類、ハギ類、チョウチョウウオ類	[77]	
その他	外敵(食害·侵食) 大型底生動物			食害:オニヒトデ、シロレイシガイダマシ、ウニ類(ガンガゼ、ナガウニ) 侵食:二枚貝(シギノハシ類)、多毛類(ゴカイ)、海綿(クリオナ)	[77]	
海生生物	海藻類			着生基質をめぐり競合する。		
	競合サンゴ類		サンゴ類	隣接するサンゴ同士が着生基質や成長するための空間をめぐり競合する。	[77]	

- [35] 内閣府沖縄総合事務局開発建設部: "環境共生に関する技術を取りまとめた「技術カルテ」", 内閣府沖縄総合事務局HP, 平成29年(2017年), https://www.ogb.go.jp/kaiken/minato/005799 (令和7年3月28日に利用). を加工して作成
- [44] Toko Tanaya, Shunpei Iwamura, Wataru Okada, Tomohiro Kuwae: Artificial structures can facilitate rapid coral recovery under climate change, Scientific reports, 15(1):9116, doi: 10.1038/s41598-025-93531-2, 2025.
- [45] 棚谷 灯子,桑江 朝比呂:人工構造物を用いた新たな生息場の創造によるサンゴ礁生態系の再生, 港湾空港技術研究所報告, Vol.64, No.2, 2025.
- [46] 山木克則, 新保裕美, 田中昌宏:コーラルネットを用いた那覇港内におけるサンゴ群集の創生, 土木学会論文集B3(海洋開発), Vol.73, No.2, pp.I\_875 I\_880, 2017. を加工して作成
- [47] 棚谷灯子,金城信之,岩村俊平,青山宗平,長谷川巌,鈴木高二朗,桑江朝比呂:防波堤におけるサンゴの着生に対するケーソン目地部の効果,土木学会論文集B2(海岸工学), Vol.75, No.2, pp.I\_1147 I\_1152,
- 2019. [48] 吉見昌宏, 与那覇健次, 片岡真二, 山本秀一, 高橋由浩, 田村圭一: サンゴの人工構造物への着生状況-3, 海岸工学論文集, Vol.45, pp.1111 - 1115, 1998.
- [77] 海の自然再生ワーキンググループ: 海の自然再生ハンドブックーその計画・技術・実践 第4巻 サンゴ礁編, 東京, 株式会社ぎょうせい, 103p, 平成15年(2003年)
- [78] Gang Liu, Alan E. Strong, William J. Skirving: Remote sensing of sea surface temperatures during 2002 Barrier Reef coral bleaching. Eos Transactions American Geophysical Union, Vol84, No.15, pp.137-141, 2003
- [79] 大見謝辰男: SPSS簡易測定法とその解説, 沖縄県衛生環境研究所報, No.37, pp.99 104, 2003.
- [80] 金城考一: 陸域からの環境負荷対策について、日本サンゴ礁学会誌、Vol.19、No.1, pp.87 94, 2017.
- [81] 山本秀一, 高橋由浩, 住田公資, 林輝幸, 杉浦則夫, 前川孝昭:人工構造物におけるサンゴ群集成長過程の解析, 海洋工学論文集, Vol.49, pp.1186 1190, 2002.
- [82] Takashi Nakamura, Hideo Yamasaki, Rovert van Woesik: Water flow facilitates recovery from bleaching in the coral Stylophora pistillata, Marine Ecology Progress, Series, Volume.256, pp.287-291, 2003.
- [83] 岩上淳一, 宮井真一郎, 栗田一昭, 尾崎幸男, 山本秀一, 高橋由浩: サンゴの人工構造物への着生状況-2, 海岸工学論文集, Vol.42, pp.1206 1210, 1995.
- [84] Makoto Omori: Coral restoration research and technical developments: what we have learned so far. Marine Biology Research, Volume15, Issue7, 2019.
- [85] 三宅光一, 甲斐広文, 宮里高広, 國吉啓太, 山本秀一, 田村圭一, 岩村俊平:人工構造物の表面加工によるサンゴ群集着生促進効果の評価, 海洋工学論文集, Vol.53, pp.1106 1110, 2006.