

## Ⅱ. サンゴ幼生着床・育成基盤の開発・実証



## 目 次

II. サンゴ幼生着床・育成基盤の開発・実証	
1. 沖縄沿岸海域	II-1-1
1.1 目的	II-1-1
1.2 サンゴ着床・育成基盤の設置	II-1-1
1.3 モニタリング調査	II-1-2
1.4 考察	II-1-4
2. 沖ノ鳥島海域	II-2-1
2.1 目的	II-2-1
2.2 実証試験用基盤の設計	II-2-1
2.3 実証試験用基盤の製作	II-2-5
2.4 沖ノ鳥島への設置	II-2-5
2.5 実証試験用基盤設置等における課題他	II-2-6



## II. サンゴ幼生着床・育成基盤の開発・実証

### 1. 沖縄沿岸海域

#### 1.1 目的

昨年度製作されたサンゴ幼生着床・育成基盤（以下「基盤」と言う。）2基を実証試験海域に設置し、既往の設置基盤と併せてモニタリング調査を行うとともに、モニタリング調査結果より、基盤の着床率、生残率等の比較から基盤の評価をとりまとめるものである。

#### 1.2 サンゴ着床・育成基盤の設置

令和3年度に製作された基盤（平型1基、凸凹型1基）を、令和4年4月に実証試験海域に設置した。設置箇所的位置図を図-Ⅱ.1.1に示す。

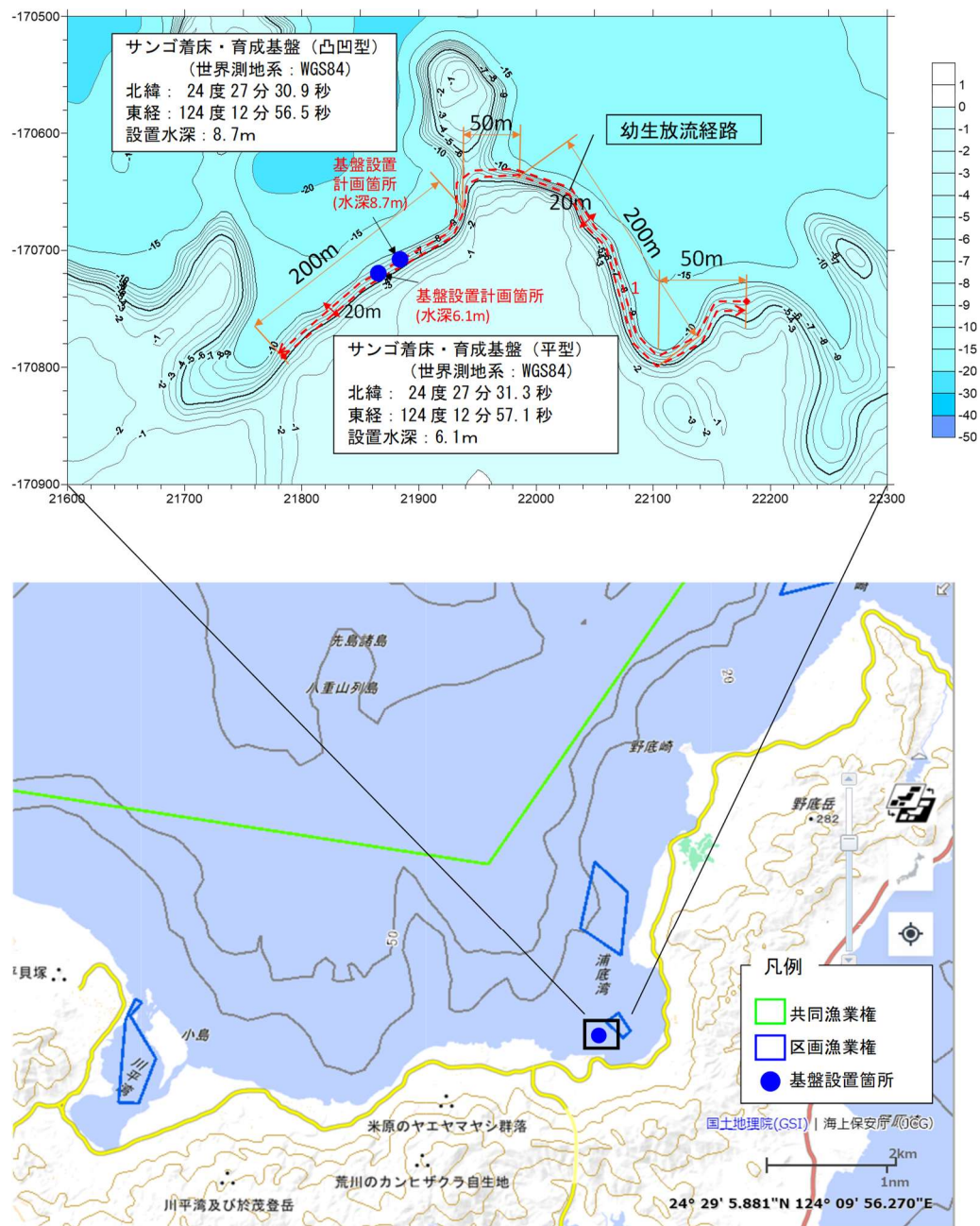


図-Ⅱ.1.1 浦底湾設置箇所位置図及び放流試験箇所との位置関係図



トラッククレーンによる運搬



作業船による架台の設置





サンゴ着生・育成基盤(凸凹型) 施工状況 (4/11)

### 1.3 モニタリング調査

#### (1) 安定性に係るモニタリング調査結果

安定性に係るモニタリング調査は、台風 11 号(9 月 3～5 日)及び台風 12 号 (9 月 11 日～13 日) の通過後に実施した。調査結果概要は、表-Ⅱ.1.1 に示すとおりである。

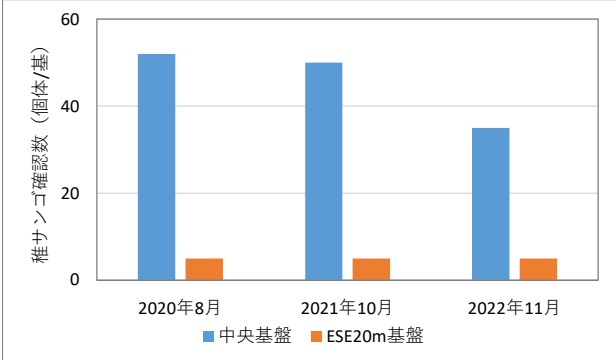

表-Ⅱ.1.1 基盤の安定性に係るモニタリング調査結果

項 目	モニタリング結果
基盤の移動状況	<p>令和元年度～令和 4 年度設置のいずれの基盤も、基盤設置直後に多少の移動が確認された基盤もあったが、その後は大きな移動はなく、安定していることが伺える。</p> <p style="text-align: center;">令和元年度設置の中央基盤の移動状況</p>
基盤の損傷、摩耗状況等のその他の状況	<p>令和元年度～令和 4 年度設置のいずれの基盤も、基盤の損傷、摩耗等の劣化の状況は見られなかった。なお、いずれの基盤についても、微小な藻類やウミウチワが基盤全体に付着する程度で、安定性に影響するような大型生物の付着等はみられなかった。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p style="display: flex; justify-content: space-around;"> <span>令和 3 年度設置の D2 基盤</span> <span>令和 4 年度設置の R1 基盤</span> </p>

#### (2) 機能性に係るモニタリング調査結果

機能性に係るモニタリング調査結果概要は、表-Ⅱ.1.2 に示すとおりである。

表-Ⅱ.1.2 基盤の機能性に係るモニタリング調査結果

項 目	モニタリング結果												
稚サングの生残状況	<p>令和元年度設置の中央基盤では、昨年度の 50 個体から 35 個体へと稚サングの生残数減少が認められたが、それ以外の基盤では生残数の低下は認められなかった。</p> <p>なお、昨年度から今年度にかけての中央基盤の生残率は 70% であるが、計画段階での目標値である生残率 (60%) については上回る値を示している。</p>  <table border="1" data-bbox="612 600 1230 958"> <caption>稚サング生残状況 (令和元年度設置：崎枝湾)</caption> <thead> <tr> <th>調査時期</th> <th>中央基盤 (個体/基)</th> <th>ESE20m基盤 (個体/基)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2020年8月</td> <td>50</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>2021年10月</td> <td>35</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>2022年11月</td> <td>35</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table>	調査時期	中央基盤 (個体/基)	ESE20m基盤 (個体/基)	2020年8月	50	5	2021年10月	35	5	2022年11月	35	5
調査時期	中央基盤 (個体/基)	ESE20m基盤 (個体/基)											
2020年8月	50	5											
2021年10月	35	5											
2022年11月	35	5											
稚サングの成長状況	<p>各年度の稚サングの成長状況についてみると、順調な成長が認められ、令和元年度設置基盤では、既に径 20cm 以上に成長した個体も認められた。</p> <p style="text-align: center;"><b>稚サングの成長状況</b></p> <table border="1" data-bbox="655 1137 1209 1368"> <thead> <tr> <th>設置年度</th> <th>稚サング成長状況</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>令和元年度</td> <td>径 5~24cm、平均 15cm 程度まで成長</td> </tr> <tr> <td>令和 2 年度</td> <td>径 2~13cm、平均 8cm 程度まで成長</td> </tr> <tr> <td>令和 3 年度</td> <td>径 1~5cm、平均 3cm 程度まで成長</td> </tr> <tr> <td>令和 4 年度</td> <td>径 1cm 以下</td> </tr> </tbody> </table>  <p style="text-align: center;"><b>令和元年度設置の中央基盤におけるサング成長状況</b></p>	設置年度	稚サング成長状況	令和元年度	径 5~24cm、平均 15cm 程度まで成長	令和 2 年度	径 2~13cm、平均 8cm 程度まで成長	令和 3 年度	径 1~5cm、平均 3cm 程度まで成長	令和 4 年度	径 1cm 以下		
設置年度	稚サング成長状況												
令和元年度	径 5~24cm、平均 15cm 程度まで成長												
令和 2 年度	径 2~13cm、平均 8cm 程度まで成長												
令和 3 年度	径 1~5cm、平均 3cm 程度まで成長												
令和 4 年度	径 1cm 以下												
浮泥の堆積、付着藻類の状況	<p>浮泥の堆積は、いずれの基盤においても確認されなかった。なお、付着藻類については、いずれの基盤でも確認されたが、付着藻類の繁茂によって目詰まり等が発生するような異常繁茂は確認されなかった。</p>												

## 1.4 考 察

### (1) 基盤の安定性に関する考察

令和元年度に崎枝湾に設置した基盤、令和2年度～令和4年度に浦底湾に設置した基盤、併せて13基盤ともに、基盤の顕著な移動、変形及び損傷は認められず、安定した状況を示しており、現在の設計方針に問題点等は見られない。

一方で、サンゴの生残個体は最大でも直径20cm程度、その他大型生物の付着もみられない。今後、サンゴがさらに成長し、その他の大型生物が付着した際にも基盤が安定性を保つことが出来るかを確認することが重要となる。また、付着藻類の異常繁茂が発生した際、これらによる目詰まりの可能性もある。以上に着目して、今後もモニタリングにより監視していく必要がある。

また、リーフ内の海底は起伏があるため、「コンクリート土のう」により、現地状況に応じて、中詰めコンクリート量を調整して水平を保ち、鋼製金具で基盤と結合させる手法を採用しているが、安定性に影響がないことより、本手法についても有効であると判断される。

### (2) 基盤の機能性に関する考察

令和2年度～令和3年度に浦底湾に設置した基盤では、稚サンゴの生残数に減少傾向は認められず、稚サンゴの生残機能が十分に確保されていることが確認された。また令和元年度に崎枝湾に設置した基盤では、中央基盤において稚サンゴの生残数に減少傾向(生残率70%)が認められたが、依然として目標値(生残率60%)を上回っていること。もう1基の基盤(ESE20m基盤)では生残数に減少傾向が全く認められないことより、稚サンゴの生残に対して、一定の機能を維持していると判断される。

なお、中央基盤での生残率の低下要因については不明のため、今後も継続してモニタリングにより監視していく必要がある。

### (3) 今後の考え方

今年度試験において、安全性、機能性、いずれにおいても大きな問題等は確認されなかった。今年度で実証試験に伴う基盤の設置は終了となるが、設置済基盤は令和7年度までは継続してモニタリングにより監視を行うことを予定している。

これにより安定性、機能性のさらなる確認を行うものとする。また、令和2年度より設置した基盤については、平型と凸凹型を作成し、形状変化による効果の程度を比較することとしているが、現段階では、両者に顕著な差異は認められない。次年度以降も継続して監視を行い、両者の効果の程度について検証を行っていく。



## 2. 沖ノ鳥島海域

### 2.1 目的

令和5年度以降に沖ノ鳥島で計画している幼生放流実証試験に向けて、沖ノ鳥島礁内への輸送に適した実証試験用の基盤を製作し、沖ノ鳥島海域に設置する。また、運搬性、施工性の観点から評価を行い、必要に応じて改良案を提案する。

### 2.2 実証試験用基盤の設計

#### (1) 基盤設置箇所

サンゴ幼生の育成が期待できる箇所として、サンゴ被度が比較的高い、前フェーズで再移植ノルの調査箇所である A10 周辺を候補とした。

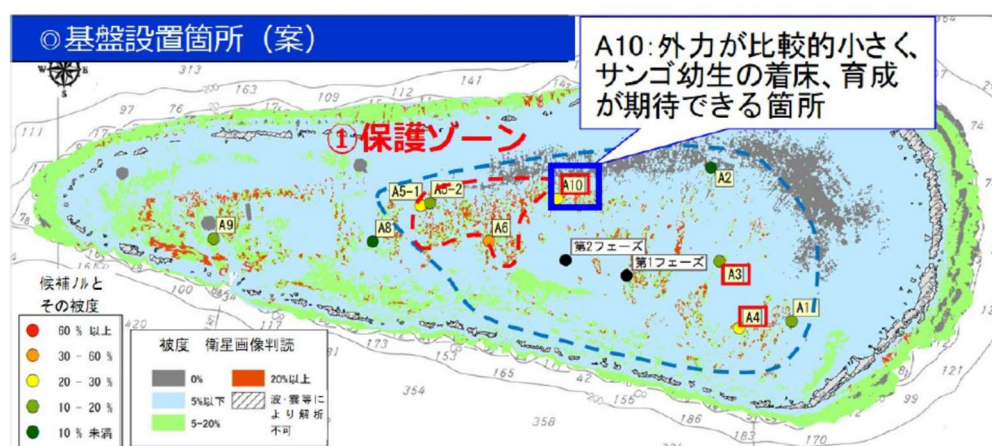


図-Ⅱ.2.1 実証試験用基盤の設置箇所

#### (2) 設計外力

既往報告書等をもとに、以下の通り設定した。

- ・ 潮位条件  
H. W. L. : D. L. +1.54m M. W. L. : D. L. +0.91m L. W. L. : D. L. +0.11m
- ・ 潮位偏差 (リーフ内)  
 $\eta 1 = 2.79\text{m}$
- ・ 設計高潮位 (リーフ内)  
D. L. +4.33m (H. W. L +  $\eta 1$ )
- ・ リーフ内の水位上昇  
 $\xi = 2.29$  (W系) 【高山式による算定値】
- ・ 設計沖波波高 (暴風時: 100年確率)  
 $H_o = 18.02\text{m}$ ,  $T_o = 14.4\text{s}$
- ・ 設計流速  
3m/s

#### (3) 安定計算結果

実証試験用基盤は、L型鋼による50cm×50cm×60cmの直方体構造とし、上面にグレーチング基盤 (FRP製) を設置するものとする。基盤が1基の際の安定計算によると、安全率 (滑動・転倒) はいずれも低くなっており、自重のみでは十分な安全率を確保できない。また、基盤を4基連結させた際の安定計算についても、安全率 (滑動・転倒) は低くなっており、自重のみでは

十分な安全率を確保できない。

沖ノ鳥島の底質は岩盤の上にサンゴ砂礫が薄く覆っている箇所が主体のため、基盤を4基連結させた上で、アンカーボルトにより岩盤に固定する工法を採用するものとする。

アンカーボルトの検討結果は以下に示すとおりである。

①架台の諸元（4基連結）

- ・ 架台寸法  ${}^w1000\text{mm} \times {}^d1000\text{mm} \times {}^h600\text{mm}$
- ・ 流体力 (P) 2.875KN JIS0.293t

②後施工アンカーボルトの検討

【アンカーボルトに掛かるせん断力】

全流体力が脚部4ヶ所のアンカーボルトに均等に作用すると考えられるが、安全側を見て、1箇所のみ作用すると想定して算出する。

■せん断力

$$N = 2.875\text{KN}$$

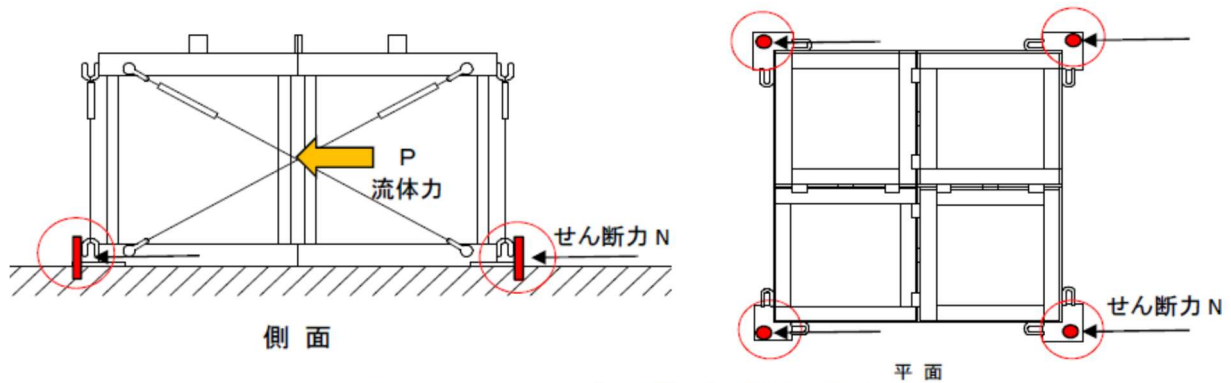


図-Ⅱ.2.2 アンカーボルト設置模式図

【アンカーボルトの選定】 ※アンカーボルトをM16と仮定する。

■せん断応力度の算出

$$\sigma_b = \frac{N}{A} = \frac{2.875}{1.67} = 1.722 \text{ KN/cm}^2$$

ここに

$\sigma_b$  : せん断応力度      N : せん断力      A : アンカー断面積

■判定

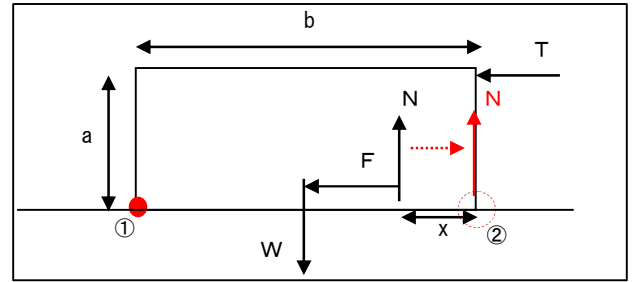
$$\frac{\sigma_b}{f_b} = \frac{\text{せん断応力度 (KN/cm}^2\text{)}}{\text{長期せん断応力度 (KN/cm}^2\text{)}} = \frac{1.722}{8} = 0.215 < 1 \quad \text{OK}$$

ここに  $f_b$  : 長期せん断応力度  $8\text{KN/cm}^2$  (「漁港・漁場の施設の設計参考図書」2015年版)

### 【アンカーボルトに掛かる引抜力】

基盤上部にのみ流体力 (2.875kN) が作用し、モーメントにより施設が転倒 (アンカーを引き抜く) する力を以下の通り算出する。

ここで、重さW、高さ a、幅 b の直方体の上面にTの力 (流体力) が加わった場合、安定状態の際に①を支点として以下の関係式が成立する。



$W \times b/2 - T a - N x = 0$  安定状態のため、 $W = N$ 、 $F = T$  以上より、

$$x = b/2 - T/W \times a \quad \text{①式}$$

転倒する直前は、 $x = 0$  となり、Nの力がかかる位置が②となり、転倒する力となる。①式に  $x = 0$  を代入すると、

$$T = b/2a \times N \quad \text{②式}$$

以上の②式を踏まえ、流体力が基盤上部のみに加わった際の引張力Nを算出する。

### ■軸方向引張力

$$2.875\text{kN} = 100\text{cm}/120\text{cm} \times N \quad N = 3.45\text{kN}$$

### ■判定

$$N/\text{アンカー許容引張力 (メーカー値)} = 3.45/5.08 = 0.679 < 1 \quad \text{OK}$$

### 【アンカーボルトの埋込長さ】

金属拡張アンカー (後施工) でM16の埋込長さは60mmである。但し、打ち込む側はコンクリートの場合となっている (表-IV.2.2.3参照)。基盤は岩盤に固定するため、アンカー埋込長さは安全を考慮して倍の120mm以上とする。

表-Ⅱ.2.1 金属拡張アンカーの許容荷重

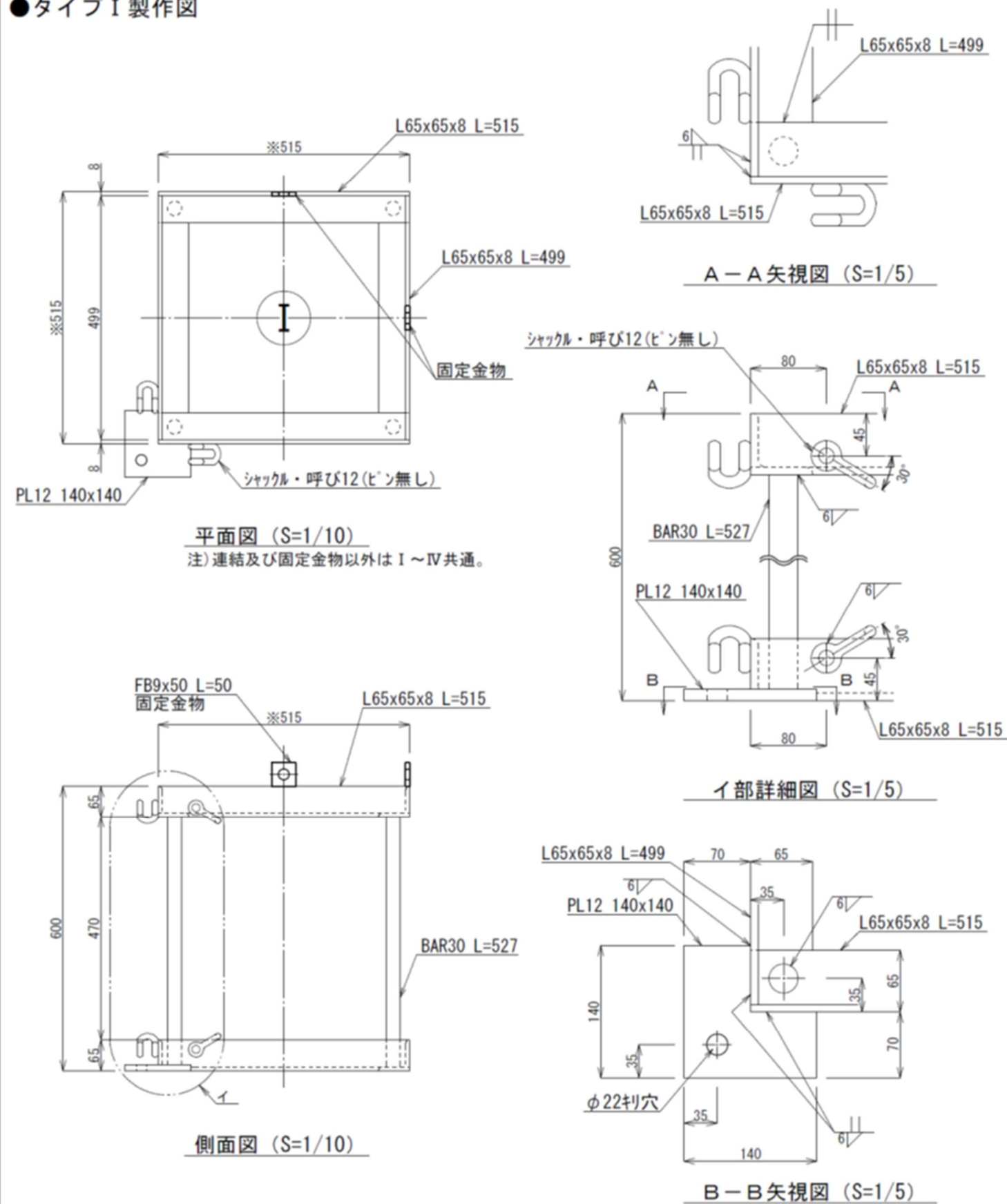
掲載ページ	品名/タイプ	材質	ねじの呼び	アンカー外径	アンカー埋込み長さ	穿孔径	単位: mm		単位: kN			
							最大荷重		許容荷重【各種合成構造設計指針同解説(2010年度版)より算出】			
							引張	せん断	引張(長期)	引張(短期)	せん断(長期)	せん断(短期)
	オールアンカーCタイプ	スチール製	M 6	6.0	30	6.4	3.9	6.3	0.80 ※	1.60 ※	1.24 ※	2.48 ※
M 8			8.0	35	8.5	6.5	10.1	1.42 ※	2.85 ※	2.26 ※	4.53 ※	
M10			10.0	40	10.5	10.2	16.0	2.23	4.46	3.76	7.52	
M12			12.0	50	12.7	17.1	23.3	3.21	6.42	5.36	10.73	
M16			16.0	60	17.0	29.9	47.9	5.08	10.17	9.95	19.90	
M20			20.0	80	21.5	41.4	73.6	8.92	17.84	16.25	32.50	
W1/4			6.3	30	6.6	4.6	6.3	0.89 ※	1.79 ※	1.23 ※	2.46 ※	
W5/16			8.0	35	8.5	6.9	10.1	1.42 ※	2.85 ※	1.98 ※	3.96 ※	
W3/8			9.5	40	10.0	9.8	15.3	2.03	4.06	3.01	6.03	
W1/2			12.7	50	13.5	18.0	24.7	3.49	6.99	5.62	11.25	
W5/8			15.8	60	17.0	31.5	47.5	5.07	10.15	8.85	17.70	
W3/4			19.0	80	20.5	43.6	69.9	8.09	16.18	13.58	27.17	

出典:「メーカーカタログ」

### (4) 図面

実証試験用基盤の図面を次頁に示す。

●タイプ I 製作図



●連結金物・固定金物取付位置図 注) 図向き通りに取付のこと。

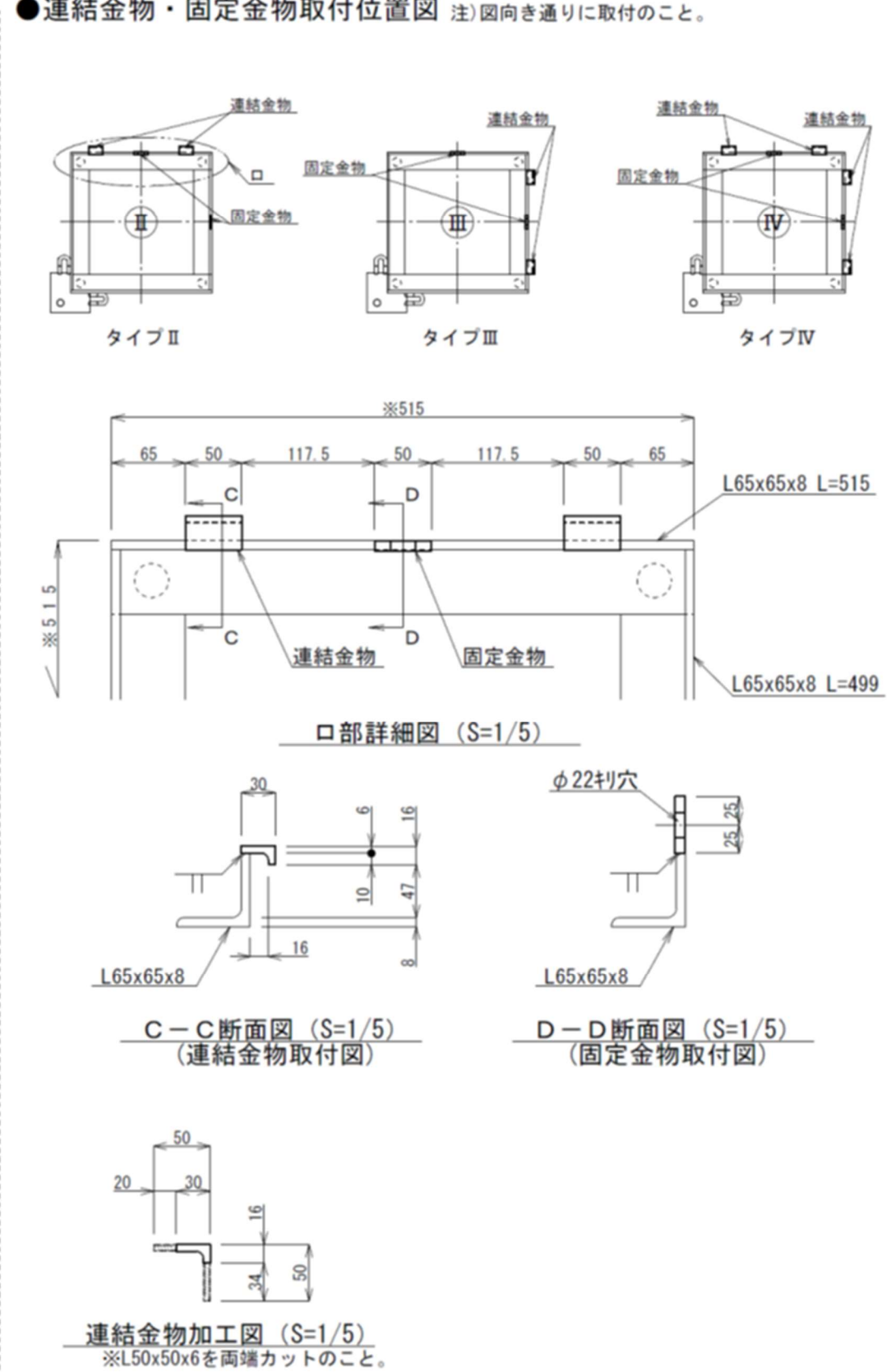


図-Ⅱ.2.3 基盤製作図



## 2.3 実証試験用基盤の製作

製作した実証試験用基盤の状況を以下に示す。なお、製作した基盤は、福岡県若松港より沖ノ鳥島に向かう調査船「風神」に積み込み、沖ノ鳥島へと搬入した。



基盤製作状況



完成した基盤（令和4年4月25日撮影）

## 2.4 沖ノ鳥島への設置

調査母船である風神より礁内への侵入のため、小型船の風童子へ瀬渡しを行い、前述図-Ⅱ.2.1 に示す箇所に、実証試験用基盤（長さ1m×幅1m×高さ60cm）の仮設置を行った。基盤は連結した状態で配置（図-Ⅱ.2.4 参照）し、脚部をアンカーボルトで海底の岩盤に固定した。

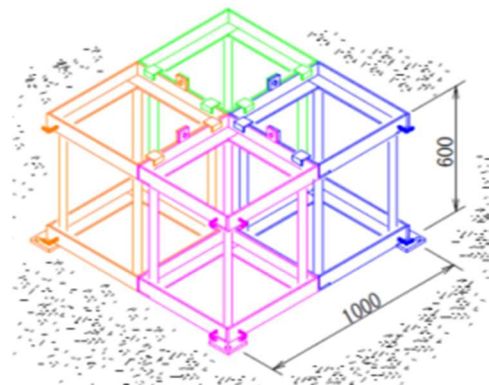


図-Ⅱ.2.4 基盤設置概念図



調査船風童子への瀬渡しによる積込



礁内への搬入状況



今年度設置した実証試験用基盤



過年度設置した基盤(下)と今年度設置した基盤(上)

なお、令和2年～令和3年に設置した実証試験用基盤は、付着生物の付着等は見られるものの、ボルトのゆるみ、破損、ぐらつき、損傷等は確認されなかった。また、サンゴ砂礫の極端な堆積や洗堀等も確認されなかった。

## 2.5 実証試験用基盤設置等における課題他

実証試験用基盤設置は、耐用年数が数年であること、容易に設置・撤去が可能であること、を考慮してアンカーボルトを地盤に打ち込み、安定性を確保する工法を採用している。現地での設置は比較的容易に施工が可能であった。また、不陸整正、鋼製基盤の水平設置についても、地盤が比較的平坦であるため、候補地は多数存在、不陸整正もほとんど不要であり、水中ボンドを用いることで容易に対応可能であることを確認した。

また、運搬や水中設置時には4分割にして作業を行うことにより、人力でも十分に施工が可能であることを確認した。

なお、海域によっては地盤が固くアンカーボルトの打設が困難な箇所があるため、今後は、事前に地盤状況等を把握しておくことが望ましい。

また、事業化の際には、多数の構造物を搬入・設置すること、設計年数が30年になることより、アンカーボルトによる施工は耐久性を考慮すると現実的ではないと考えられる。重力式の構造物になることが想定されるが、今回設置した構造物の安定性等の状況確認より、今後の設計へと反映できる事項を把握する必要がある。