

平成30年度 高知海岸保全フォローアップ委員会

説明資料

平成30年12月25日

国土交通省 四国地方整備局
高知河川国道事務所

資料構成

- ①高知海岸の現状
- ②直轄海岸保全施設整備事業の概要
- ③南国工区的人工リーフ改良(離岸堤化)の検討方針
- ④水理模型実験の概要
- ⑤水理模型実験の結果
- ⑥本実験による人工リーフ改良(離岸堤化)の構造検討

①高知海岸の現状



【高知海岸背後地】

【高知海岸】
 直轄工事施工区域 約13km

- ・供給土砂の減少等により**海岸侵食**が進行
- ・越波被害等が**問題化**



②直轄海岸保全施設整備事業の概要

平成30年度 事業評価監視委員会資料(抜粋)

「土佐湾沿岸海岸保全基本計画(高知県)」に基づき、**侵食**、**高潮・越波**、**地震・津波**による被害の防止を目的として、「高知海岸直轄海岸保全施設整備事業」を実施。

【**侵食対策**】**“ヘッドランド”**、**“離岸堤”**、**“人工リーフ”**や**“養浜”**により汀線後退を未然に防ぐことで甚大な侵食被害を防止。

さらに、海浜性植物やウミガメ等の生息環境を保全。

【**高潮・越波対策**】**“堤防高の確保”**や**“砂浜の形成”**により越波を未然に防ぐことで甚大な浸水被害を防止。

【**地震・津波対策**】**“堤防の地震・津波対策”**により堤防の沈下等を未然に防ぐことで南海トラフを震源とする地震・津波による甚大な被害を防止。

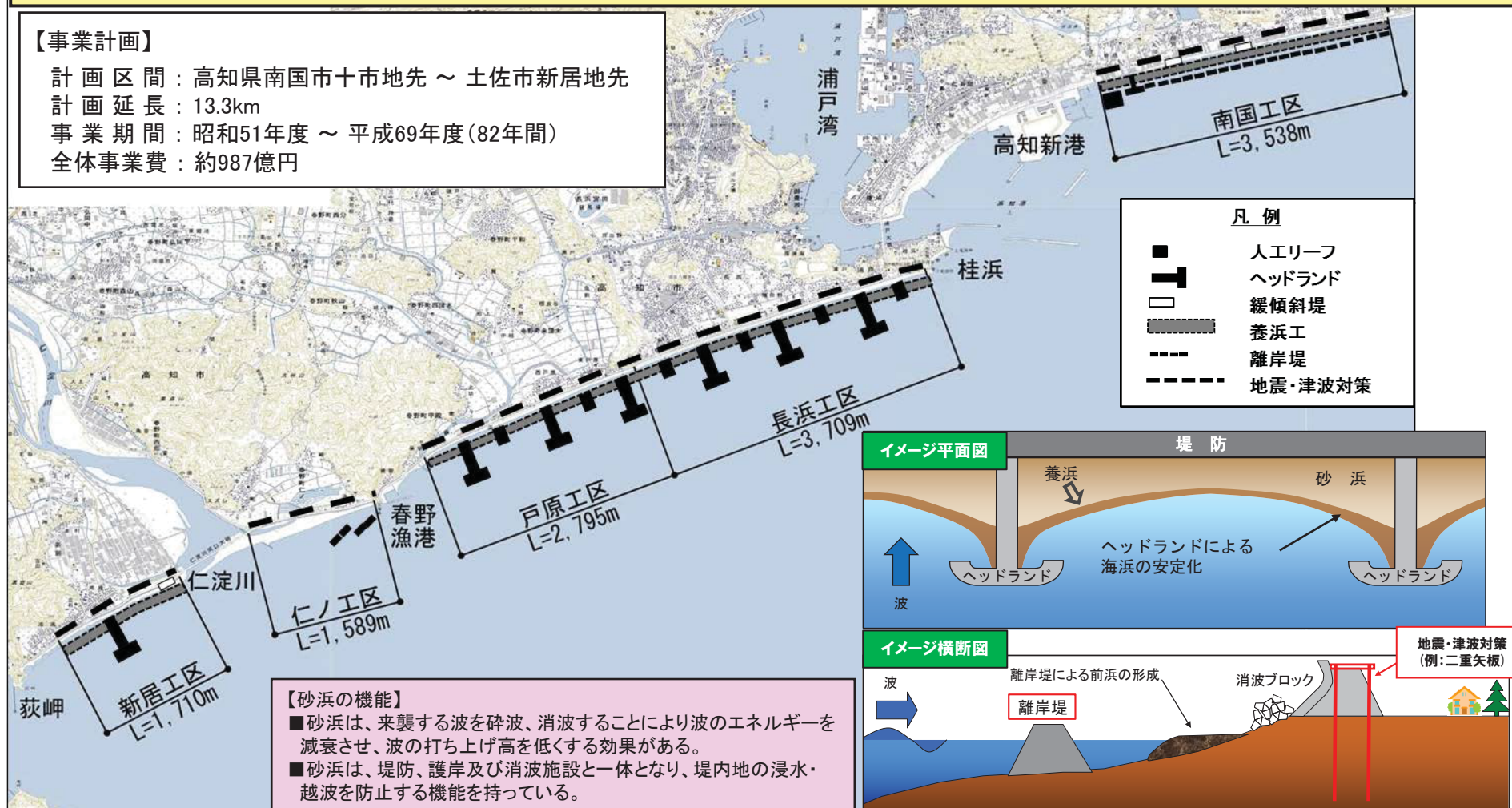
【事業計画】

計画区間：高知県南国市十市地先～土佐市新居地先

計画延長：13.3km

事業期間：昭和51年度～平成69年度(82年間)

全体事業費：約987億円



②直轄海岸保全施設整備事業の概要(事業・検討の経緯)

平成29年度 高知海岸保全技術検討委員会(一部改良)

平成2年度-平成4年度
全体計画の基本方針の決定

- ・高知海岸整備計画検討委員会(平成2年~平成3年)、高知海岸地域整備計画検討委員会(平成4年)にて検討・決定
- ・侵食対策として、ヘッドランド、養浜、人工リーフの組合せ案を比較検討し、**ヘッドランド工法を採用**

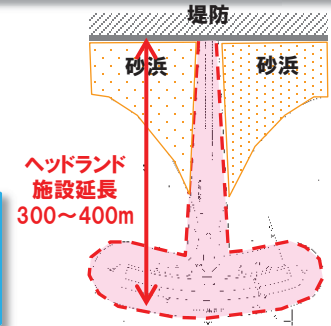


← 平成6年度:長浜~新居工区が直轄工事施工区域に指定

平成6年度
全体計画の策定

- ・沿岸漂砂の制御(ポケットビーチの形成)を目的とした計画立案
- ヘッドランドと静的養浜を主体とした侵食対策**
(施設延長:300~400m、突堤先端水深9m)

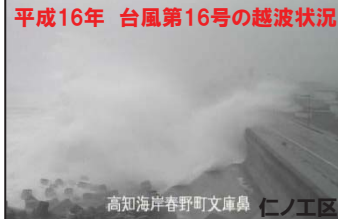
高知海岸直轄海岸保全施設整備事業
全体計画策定(以下、全体計画とする。)



平成9年度
検討

- ・海岸保全全般に関する技術検討を行う。
- ・事業評価の開始に伴い、大規模な事業を一度に実施せず、事業効果を検証しながら段階的に事業を実施する方針とする。
- 全体計画のうち、突堤150m、砂浜幅40mの実施を決定**
- ・施設の整備効果、侵食状況をモニタリングして将来の整備計画を検討する。

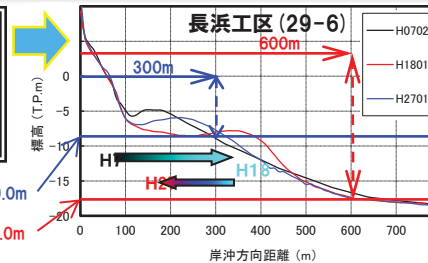
← 平成16年~17年に高波浪が多数襲来



平成16年~17年の台風により、平成6年に想定していた移動限界水深を超える水深(17.0m)で大規模な地形変化及び土砂移動が発生。

H6~H17に想定していた移動限界水深:9.0m

H18以降想定している移動限界水深:17.0m



◆課題

ヘッドランド施設延長:300~400m、突堤先端水深9mでは沿岸漂砂を保全施設内で制御(ポケットビーチの形成)できない。

【ヘッドランド施設延長:600m、突堤先端水深17mが必要】

平成16年度~平成23年度
検討

- ・高波浪により従来の**移動限界水深以深(水深17m)で大規模な沿岸砂州が形成**された。この土砂動態を把握し、今後の施設整備を検証するうえで岸沖に移動する土砂を再現できる新たなシミュレーションモデルの構築が必要。
- 高知海岸沿岸漂砂・岸沖漂砂統合モデルによる岸沖漂砂の土砂動態の実態把握を検討**

- ・**越波被害(越波による通行止め)の激しい仁ノ工区の離岸堤4基の配置等検討**

平成16年度全体計画を
変更し離岸堤4基を追加



離岸堤の設置により、砂浜幅が最大15m増加(51m⇒66m)

- 1号離岸堤:平成17年度~平成18年度完成
- 2号離岸堤:平成16年度~平成17年度完成
- 3号離岸堤:平成24年度完成
- 4号離岸堤:平成26年度完成



②直轄海岸保全施設整備事業の概要(事業・検討の経緯)

← 平成23年3月11日 東北地方太平洋沖地震発生

平成29年度 高知海岸保全技術検討委員会(一部改良)



②直轄海岸保全施設整備事業の概要(全体計画の見直しの必要性)

平成29年度 高知海岸保全技術検討委員会(一部改良)

◆高潮・侵食対策の見直しの必要性

■地形変化等により整備方針を見直しの必要性(新居～長浜工区)

・H16～17年の台風により大規模な海底地形の変動をはじめ、**現行計画策定時に想定されていなかった地形変化、土砂移動等**が確認され、新たな侵食が発生。

■現行ヘッドランド計画の見直しの必要性(新居～長浜工区)

・ヘッドランド施設延長300～400m、突堤先端水深9mでは沿岸漂砂を保全施設内で制御(ポケットビーチの形成)ができないことより、**近年の地形変化、土砂移動等**に対応する保全施設の検討が必要。

■南国工区西端の侵食対策の追加(南国工区)

・南国工区人工リーフ及び52号離岸堤周辺では、**高波浪時等の局所的な侵食**により砂浜が形成されず、堤防倒壊被害が発生。

◆施設計画見直しの考え方

実現性、経済性、施工性が高く、保全効果の早期発現が可能な海岸保全施設計画を検討する。

近年の地形条件を踏まえ**整備方針を見直し**
【当初計画】

ヘッドランドと静的養浜を主体としたポケットビーチによる侵食対策(**漂砂を施設で閉じ込める**)

【変更計画】

施設計画を見直し、動的養浜により必要砂浜幅を確保し維持管理を行う(**必要に応じて養浜等を実施**)

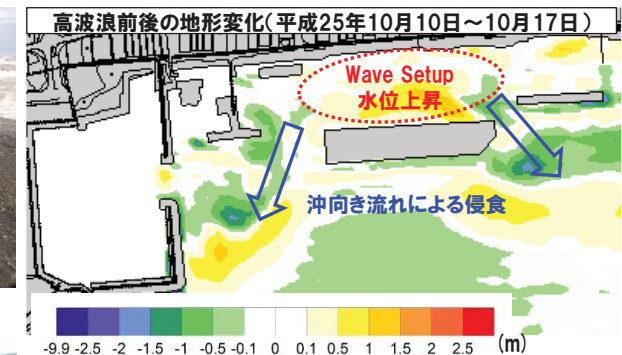
現行ヘッドランド計画にこだわらない**効果的、効率的な整備メニュー**を検討

既存施設を活用した**侵食対策案**を検討

南国工区西端の被災状況(平成26年台風11号)



高波浪による土砂の流出状況



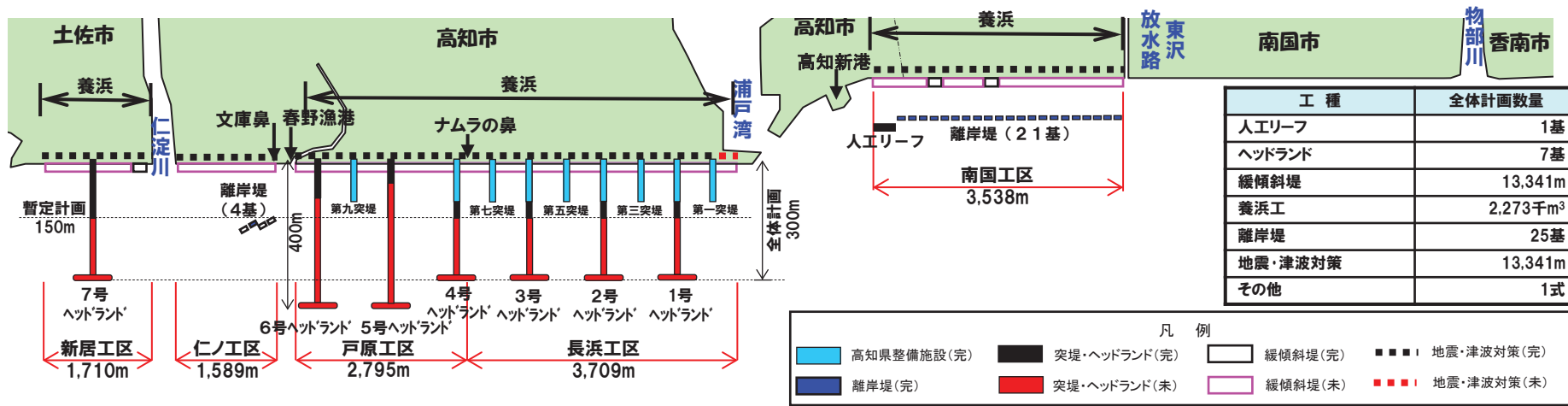
◆課題

高波浪時にはリーフ背後でWave Setup(水位上昇)が発生し、開口部で沖向き局所的な流れが生じ、沖合へ土砂が流出(侵食)している。
【人工リーフの機能向上等による対策が必要】

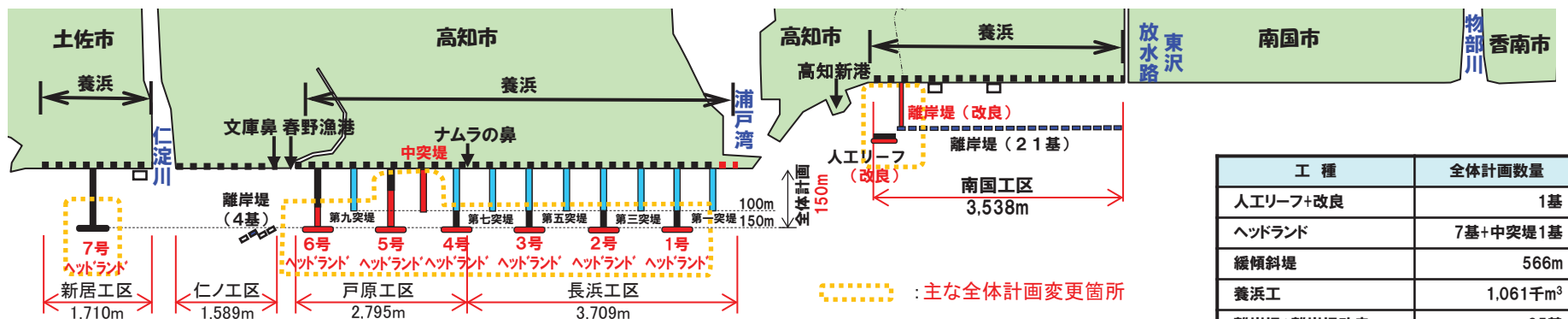
②直轄海岸保全施設整備事業の概要(全体計画の見直し)

平成30年度 事業評価監視委員会資料(一部改良)

高知海岸直轄海岸保全施設整備事業 全体計画(現行計画)



高知海岸直轄海岸保全施設整備事業 全体計画見直し(変更計画)



■主な変更内容

- ・長浜、戸原、新居工区：ヘッドランドの延長(L=300m~400m)をL=150mに短縮、戸原中突堤(L=100m)1基を追加
- ・南国工区：人工リーフの改良(離岸堤化)、離岸堤の改良(突堤化)を追加

②直轄海岸保全施設整備事業の概要(南国工区の全体計画)

■高知海岸(南国工区)における整備方針

平成29年度 高知海岸保全技術検討委員会(一部改良)

【基本的考え方】

- ◆越波被害の防止
- ◆堤防倒壊の防止
- ◆長期的に安定した面的防護機能確保

流況制御機能

高波浪時に想定される局所的な冲向き流れや、沿岸部における沿岸方向の流れを可能な限り抑制し、沿岸部からの土砂流出を低減させる。

漂砂制御機能

砂浜を構成する土砂(養浜砂を含む)を長期間沿岸部に留まらせ、海浜を安定させることで、面的防護機能を発揮させ、越波被害の解消、堤防倒壊の防止を図る。

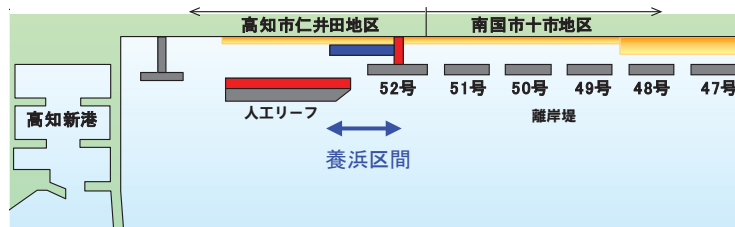
消波機能

砂浜への入射波浪を可能な限り抑制し、越波被害を軽減する。

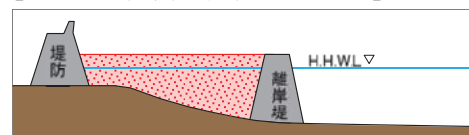
■整備概要

内容	南国工区	海岸保全の考え方
施設整備	<ul style="list-style-type: none"> ◆52号離岸堤改良(突堤化) ◆人工リーフ改良(離岸堤化) 	<ul style="list-style-type: none"> ・西向き流れによる土砂の移動を防ぎ、現状で最も対策が必要な箇所(52号離岸堤付近の侵食域)の海浜を安定させる。 ・人工リーフが現在有する機能(流況制御、漂砂制御)がさらに向上する。
養浜	◆測線24~26, 32, 39付近に投入	・新たな施設整備と合わせて実施し、施設整備だけでは汀線が不足する部分や局所的な侵食に対し必要最小限の養浜(維持養浜含む)を実施する。

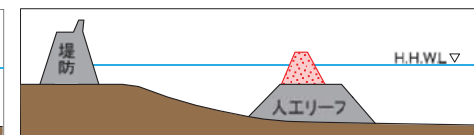
■施設整備イメージ



【52号離岸堤改良(突堤化)イメージ】



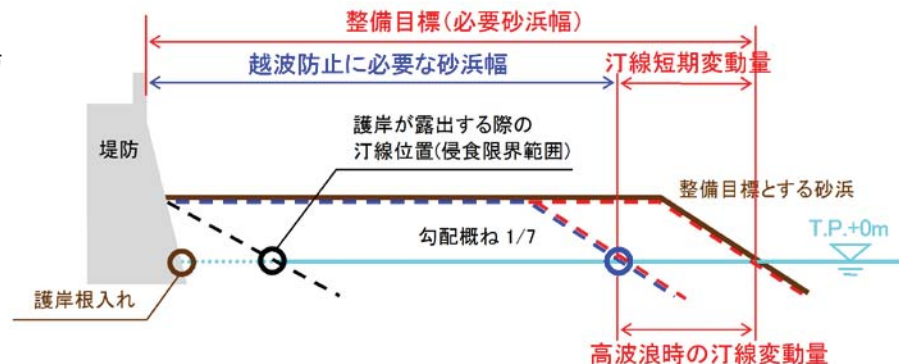
【人工リーフ改良(離岸堤化)イメージ】



■必要砂浜幅

台風等の高波浪によって汀線が後退した場合でも、越波防止機能を確保するため、「越波防止に必要な砂浜幅」+「汀線短期変動量」を設定。

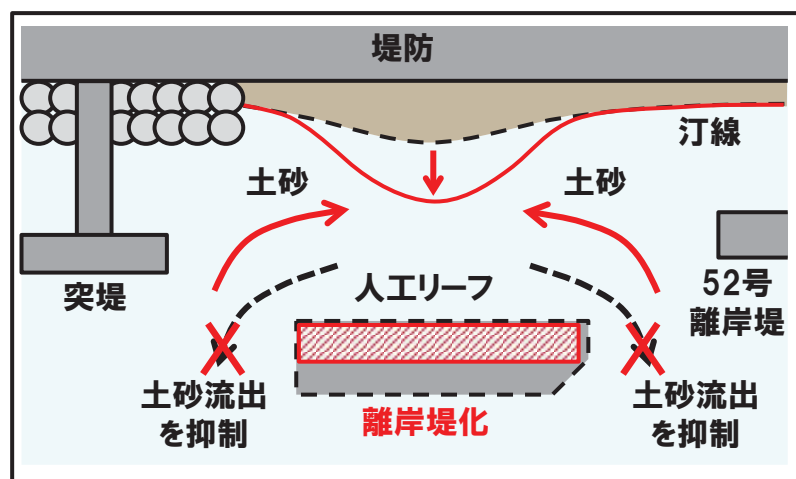
■南国工区 : 60m



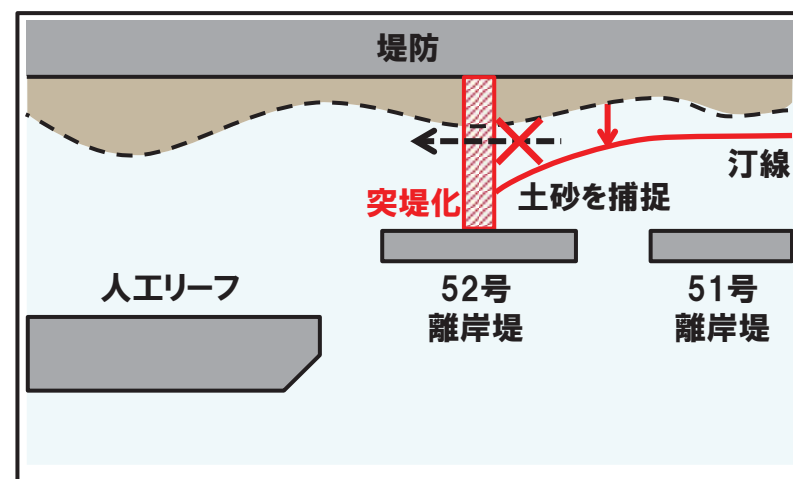
②直轄海岸保全施設整備事業の概要(南国工区の全体計画)

平成29年度 高知海岸保全技術検討委員会(一部改良)

- 既存の人工リーフを改良(離岸堤化)することで、現在有する機能を増強させ、高波浪時に岸側から沖側へ流出する土砂(4万m³程度)を抑制し、海浜を安定させる効果が期待できる。
- 既存の52号離岸堤の背後に突堤を整備することで、西向きへ移動する土砂を捕捉し、現状で最も対策が必要な箇所(近年でも堤防倒壊のリスクが高い箇所)の海浜を安定させ、越波や堤防倒壊を防止する効果が期待できる。



人工リーフの改良(離岸堤化)による機能増強のイメージ

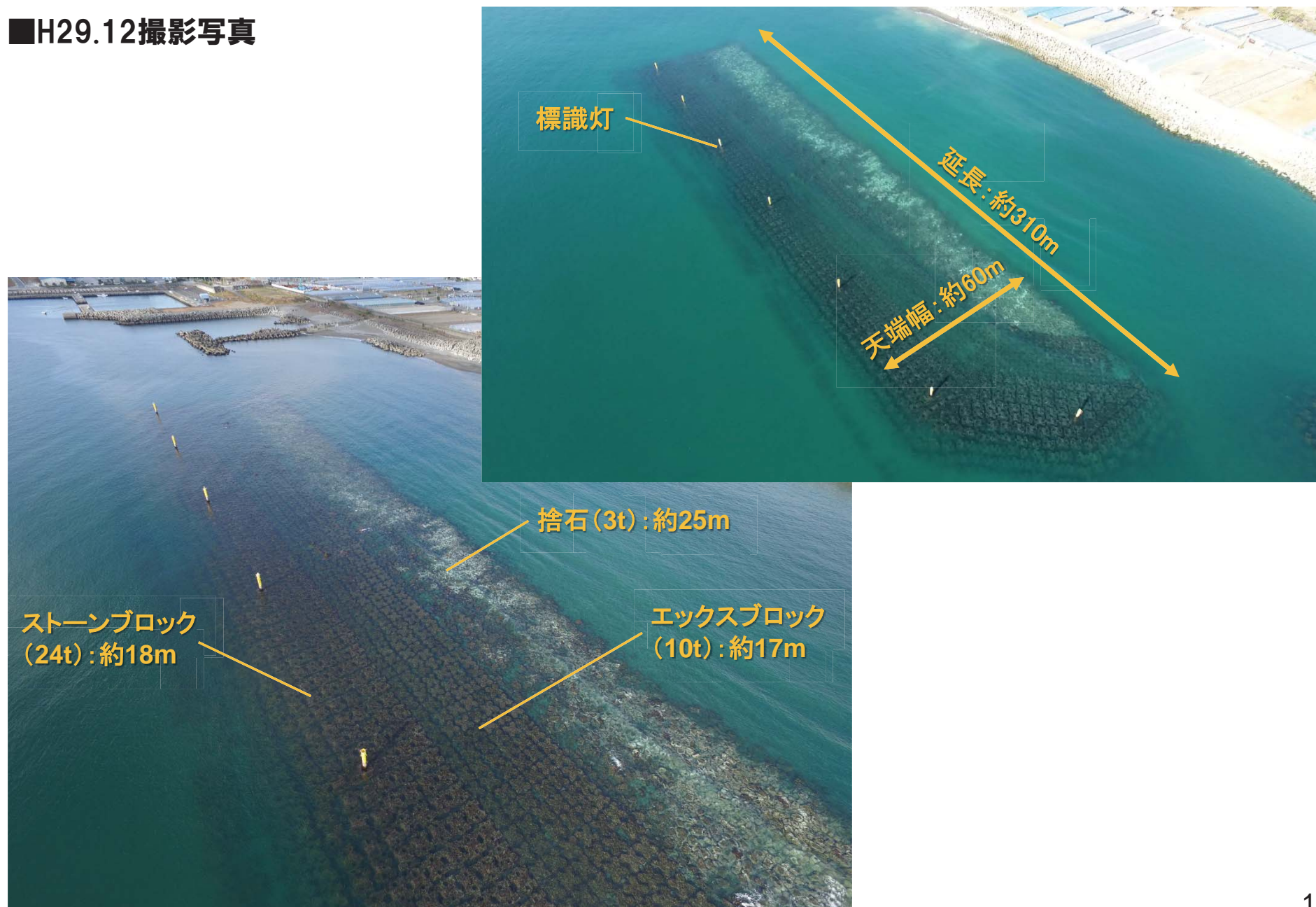


今回の検討対象

既存の52号離岸堤を活用した突堤整備による効果のイメージ

②直轄海岸保全施設整備事業の概要(現在的人工リーフの状況)

■H29.12撮影写真



③南国工区の人工リーフ改良(離岸堤化)の検討方針

海岸保全の考え方と求められる機能

■海岸保全の基本的考え方(南国工区)

物部川からの土砂供給の漂砂系最下手に位置し、高波浪による越波や堤防等の施設被災が近年でも発生している南国工区西端を対象に、以下の視点に基づいた海岸保全を実施する。

- 高波浪時に人工リーフ背後で発生するWave Setup(水位上昇)による局所的な流れや沖合への土砂流出を抑制して、越波や堤防等の施設被災を防止することで、地域の安全・安心を確保する。
- 土砂供給を最大限活用し、漂砂バランスを確保しつつ、長期的に安定した面的防護機能の確保により国土を保全する。

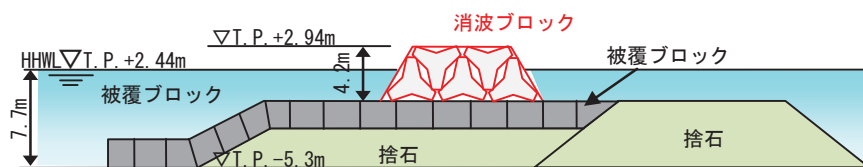
■求められる機能・必要な施設整備

- 砂浜を構成する土砂(養浜砂を含む)の流出を抑制し、安定的な海浜を維持する。
 - 人工リーフが有する漂砂制御機能をさらに増強させる。
- ⇒人工リーフの改良(離岸堤化)が必要

海岸保全施設の構造形式・構造諸元

■構造形式の設定(H29高知海岸保全技術検討委員会で審議)

- 適用性、施工性、経済性等に関する概略検討を行い、他工法より優位である消波ブロックによる嵩上げ(透過型離岸堤)を設定



■施設整備に向けた課題

- 詳細構造(消波ブロックの配置位置等の基本断面形状)の設定
- 施設の安定性の評価(安全性能の照査)

人工リーフ改良(離岸堤化)に関する詳細検討

■水理模型実験(固定床断面)による検討(今回検討)

①予備実験(本実験の条件を設定)

- ・既設人工リーフ部の安定性の確認(模型での再現方法の設定)
- ・実験対象の波浪条件の設定
- ・構造物背後水位の調整(背後水位上昇の再現方法の設定)
- ・本実験で使用する基本断面形状の設定(積み方、重量、天端高、天端幅等)

②本実験

- ・既設人工リーフの上部に設置した消波ブロックの安定性の評価
- ・既設人工リーフ部の安定性(被災の有無)の評価
- ・人工リーフ改良による施設背後の水位や水理現象の状況

■水理模型実験による詳細構造の決定

- ・消波ブロックの配置位置
- ・消波ブロックの基本断面形状(積み方、重量、天端高、天端幅等)

④水理模型実験の概要(確認事項・議題・設計の基本的な考え方)

水理模型実験(断面実験)によって確認・把握する事項

■消波ブロックの配置位置・基本断面形状の決定を目的として、以下について確認・把握する。

- ①既設人工リーフの上部に設置した消波ブロックの安定性の評価(安全性能の照査)
- ②既設人工リーフ部の安定性(被災の有無)の評価
- ③人工リーフ改良による施設背後の水位や水理現象の状況

議題(ポイント)

- 実験条件・実験結果の妥当性(波浪状況、構造物の被災状況・被災メカニズム)
- 実験結果に基づくブロックの配置位置・基本断面形状の決定

設計(安全性能の照査)の基本的な考え方

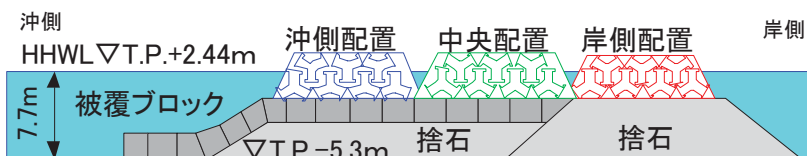
項目	設計条件	適用基準・考え方等
目的・機能	・漂砂制御機能(人工リーフが有する同機能の増強)	海岸保全施設の技術上の基準・同解説(H30.8)に準拠
構造形式	・消波ブロックによる嵩上げ(透過型離岸堤)	平成29年度高知海岸保全技術検討委員会で設定
要求性能	・計画高潮位以下の潮位及び設計波の作用に対して安全な構造(ブロック部、既設人工リーフ部)	海岸保全施設の技術上の基準・同解説(H30.8)に準拠
設計外力 (安全性能照査)	・潮位: 計画高潮位(H.H.W.L)、最低潮位(L.W.L) ・波浪: 設計波(計画波浪)	海岸保全施設の技術上の基準・同解説(H30.8)に準拠 【H.H.W.L(T.P.+2.44m)、L.W.L(T.P.-0.94m)】 計画波浪(換算沖波波高: 12.0m、沖波周期: 15.5s)
基本断面形状 (初期形状)※	・天端高: H.W.L+1.0m+想定沈下量(1.0m) ・天端幅: ブロック3個以上 ・法勾配: 1:1.3~1:1.5前後(使用するブロックによる) ・ブロック重量: ハドソン式より算定(1.5倍割増し)	海岸保全施設の技術上の基準・同解説(H30.8)に準拠 港湾の施設の技術上の基準・同解説(H30.5)に準拠 【天端高(T.P.+2.94m)、H.W.L(T.P.+0.94m)】

④ 水理模型実験の概要(設計の考え方を踏まえた実験条件の設定)

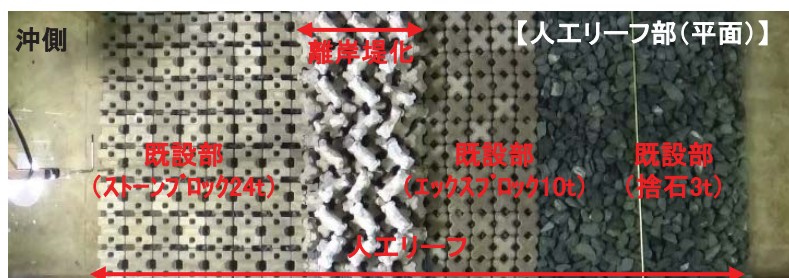
実験条件の設定

項目	実験条件	適用基準・考え方等
実験方法	・断面実験(固定床)	安全性能照査に適した実験方法を採用
模型構造	・縮尺: 1/60(国総研不規則波実験水路を使用) ・還流水路: 構造物背後の水位を調整(予備実験で調整方法を設定)	波浪・地形の相似則、水路規模を踏まえ設定 現地特性(WaveSetup)を再現可能な構造を採用
地形条件	・人工リーフ中央部のH19測量断面(海岸堤防～水深40m程度)	対象断面でうちあげ高が最大となる条件を設定
外力条件 (設計条件)	・潮位: 計画高潮位(H.H.W.L: T.P.+2.44m)、最低潮位(L.W.L: T.P.-0.94m) ・波浪: 計画波浪(不規則波: 1000波、修正プレットシュナイダー光易型スペクトル)	不規則波: 人工リーフ被覆ブロックの波浪安定性能 評価のための水理実験マニュアル等に準拠
基本断面形状 (初期形状)※	・使用するブロック: テトラネオ(ハドソン式より算定した重量: 30ト) ・ブロックの積み方: 2層積(層厚: 4.4m)、天端3個並び(天端幅: 8.9m) ・ブロック配置: 沖側、中央、岸側	目的、重量、計画高等の要求性能を満たし、既設離 岸堤と同程度の形状となり、縮尺に合った模型を実 験開始時に準備可能であった製品を設定
計測・評価	・計測: 波浪(沖波、施設前面・背面)、流速(施設前面)、ビデオ撮影 ・評価: 被災状況(被害率)、消波効果(透過率、波高伝達率)	被害率: 被災ブロック数/実験に使用したブロック数 透過率: 施設背面の波高/施設前面の波高 波高伝達率: 施設背面の波高/沖波波高

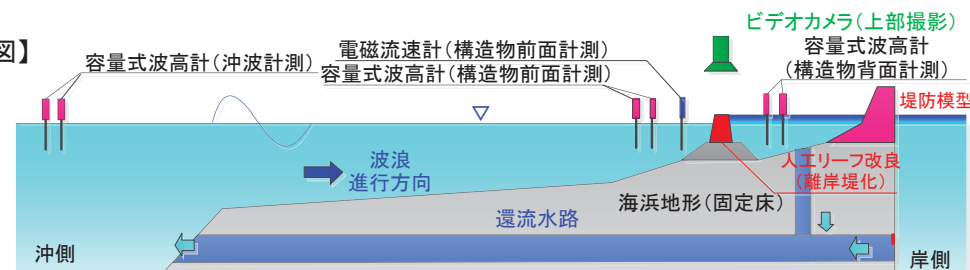
【ブロック配置位置イメージ】



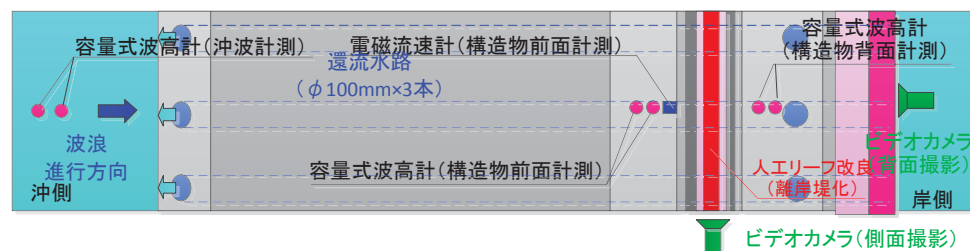
【実験状況写真(ブロックを沖側に配置した場合)】



【断面図】

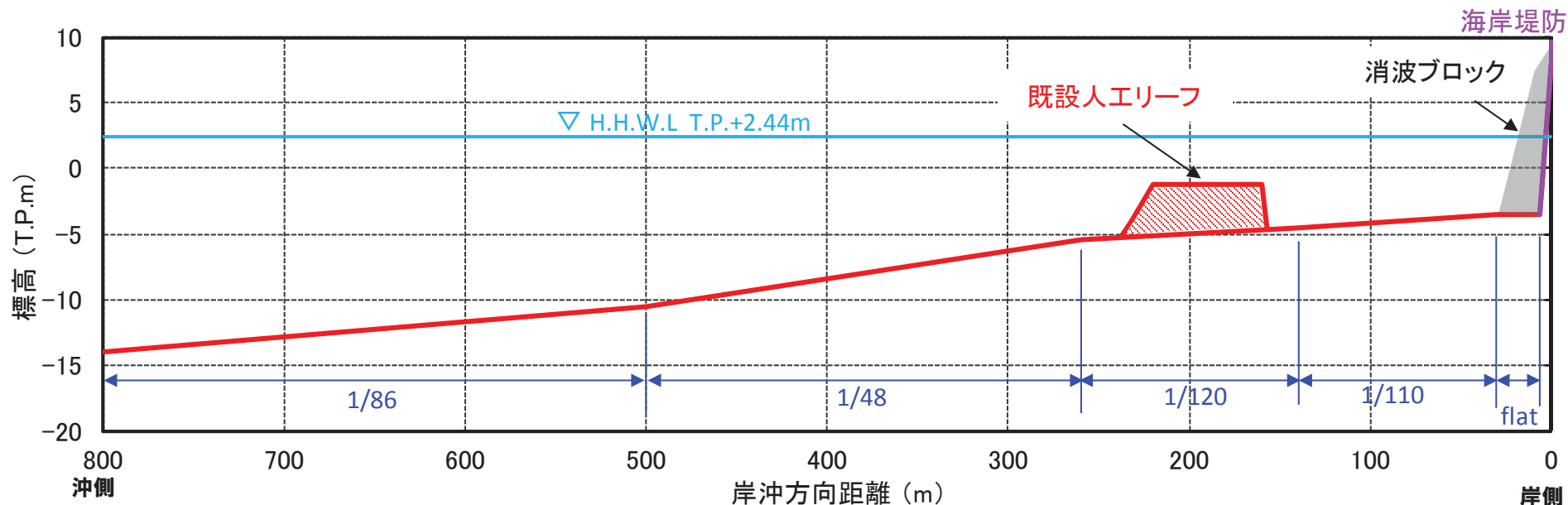


【平面図】



④ 水理模型実験の概要(実験の地形条件、波浪条件)

■ 地形条件(海浜地形:H19測量断面に基づき設定)



※沖合は約2,000mまで模型再現している

■ 実験対象波浪(不規則波)

波浪	換算沖波波高	沖波周期	考え方
計画波浪	12.0m	15.5s	設計波

④ 水理模型実験の概要(実験ケース・検討フロー)

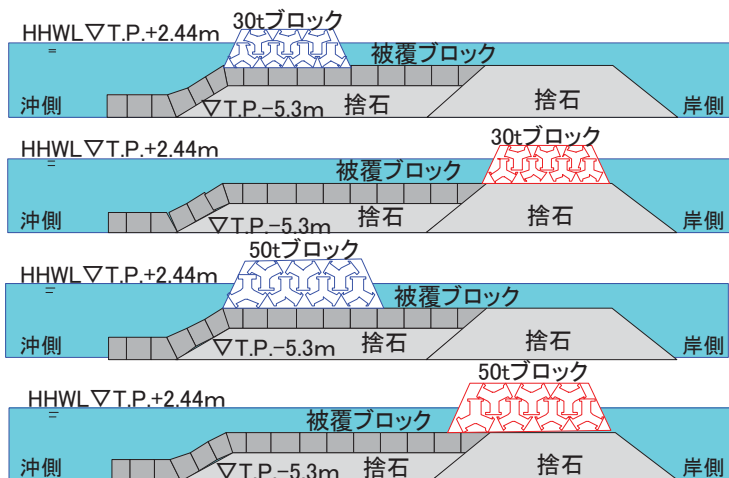
■ 実験ケース

【予備実験】本実験の条件を設定									
ケース No	検討内容	波浪条件			潮位条件	ブロック重量	ブロック配置	構造物背後水位	堤防の再現方法
		波浪種類	有義波高	有義周期					
予備1	既設人工リーフ部の安定性の確認 (模型での再現方法の設定)	計画波浪	12.0m	15.5s	H.H.W.L	なし (既設人工リーフのみ)	一定水位	堤防なし	
予備2	実験対象の波浪条件の設定	計画波浪	12.0m	15.5s	H.H.W.L	なし (既設人工リーフのみ)	一定水位	堤防なし	
予備3	構造物背後水位の調整	計画波浪	12.0m	15.5s	H.H.W.L	30t	沖側配置 (天端3個) (ブロック固定)	調整水位	
予備4-1	消波ブロックの安定性の確認 (ハドソン式で設定した重量の確認) ※1	計画波浪	12.0m	15.5s	H.H.W.L	30t	沖側配置 (天端3個)	還流水路による調整水位	
予備4-2							岸側配置 (天端3個)		
予備4-3							沖側配置 (天端3個)		
予備4-4							50t		岸側配置 (天端3個)
予備4-5									L.W.L

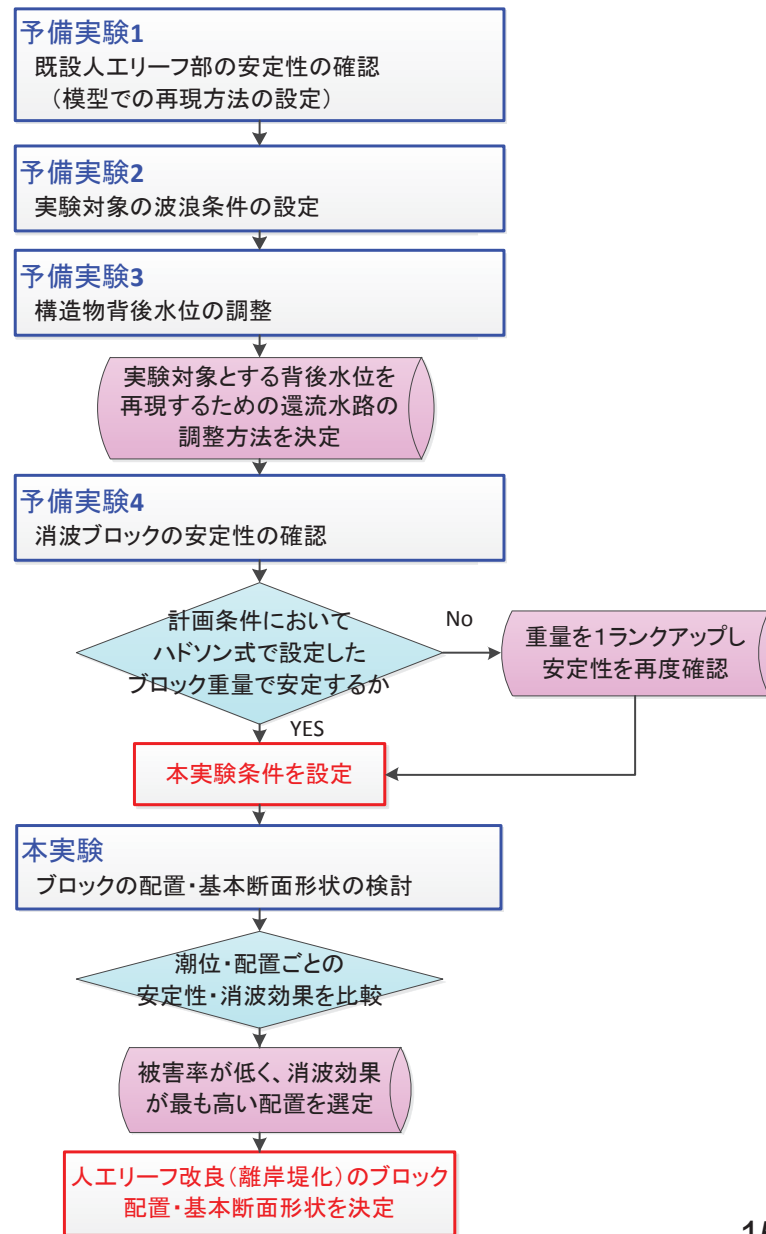
【本実験】ブロック配置位置・基本断面形状の検討									
ケース No	検討内容	波浪条件			潮位条件	ブロック重量	ブロック配置	構造物背後水位	堤防の再現方法
		波浪種類	有義波高	有義周期					
1-1	ブロック配置基本断面形状の検討	計画波浪	12.0m	15.5s	L.W.L	50t	沖側配置 (天端4個)	還流水路による調整水位	
1-2						中央配置 (天端4個)			
1-3						30t	岸側配置+背後補強		
1-4						H.H.W.L	50t		沖側配置 (天端4個)
1-5							中央配置 (天端4個)		
1-6							30t		岸側配置+背後補強

※1: ハドソン式で設定した重量で被災する場合には、重量を1ランクアップして再度確認

■ ブロック配置イメージ(予備実験4)



■ 実験の検討フロー



⑤ 水理模型実験の結果(予備実験4:消波ブロックの安定性の確認)

■ Step1: ハドソン式より算定したブロック重量30トﾝ(天端3個)による実験【ブロック配置: 沖側・岸側】

- 30トﾝ(天端3個)では、いずれの場合においても、ブロックが被災(移動、回転)する。
- このため、Step2で重量を1ランクアップ(50トﾝ・天端3個)し再度安定性を確認する。

■ Step2: ブロック重量50トﾝ(天端3個)による実験【ブロック配置: 沖側・岸側】

- 50トﾝ(天端3個)では、H.H.W.Lの場合、岸側にブロックを配置すると、被災しない(沖側の場合は被災する)。
- このため、Step3で岸側50トﾝ(天端3個)を対象に、L.W.Lでの安定性を確認する。

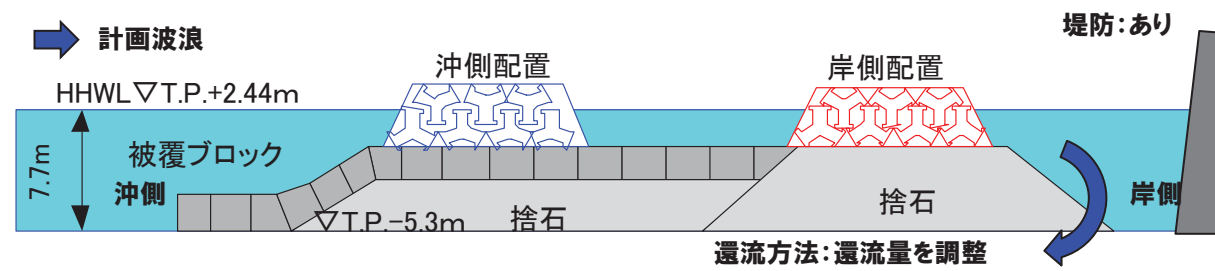
■ Step3: ブロック重量50トﾝ(天端3個)による実験【ブロック配置: 岸側(L.W.L)】

- L.W.Lでは、既設人工リーフ(捨石法面部)が被災し、ブロックも被災する。

Step	沖側	岸側
1	30トﾝ ×	30トﾝ ×
2	50トﾝ ×	50トﾝ ○(HHWL)
3	—	50トﾝ ×(LWL)

実験条件

- 水位 : (Step1)H.H.W.L(T.P.+2.44m)
(Step3)L.W.L(T.P.-0.94m)
- 波浪 : 計画波浪(H=12.0m,T=15.5s)
- ブロック : (Step1)30トﾝブロック(天端3個)
(Step2,3)50トﾝブロック(天端3個)
- 還流 : 還流量を調整
- 堤防 : あり



Step1の実験結果(造波後のブロックの被災状況)

Step1: 沖側30トﾝブロック(H.H.W.L): 被災		Step1: 岸側30トﾝブロック(H.H.W.L): 被災	
沖側		沖側	
人工リーフ		人工リーフ	

⑤ 水理模型実験の結果(予備実験4:消波ブロックの安定性の確認)

■ Step1: ハドソン式より算定したブロック重量30トン(天端3個)による実験【ブロック配置: 沖側・岸側】

- 30トン(天端3個)では、いずれの場合においても、ブロックが被災(移動、回転)する。
- このため、Step2で重量を1ランクアップ(50トン・天端3個)し再度安定性を確認する。

Step	沖側	岸側
1	30トン ×	30トン ×
2	50トン ×	50トン ○(HHWL)
3	—	50トン ×(LWL)

■ Step2: ブロック重量50トン(天端3個)による実験【ブロック配置: 沖側・岸側】

- 50トン(天端3個)では、H.H.W.Lの場合、岸側にブロックを配置すると、被災しない(沖側の場合は被災する)。
- このため、Step3で岸側50トン(天端3個)を対象に、L.W.Lでの安定性を確認する。

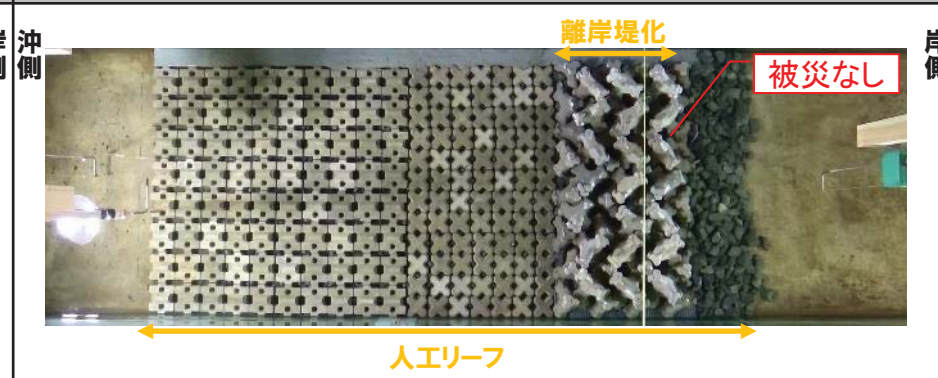
■ Step3: ブロック重量50トン(天端3個)による実験【ブロック配置: 岸側(L.W.L)】

- L.W.Lでは、既設人工リーフ(捨石法面部)が被災し、ブロックも被災する。

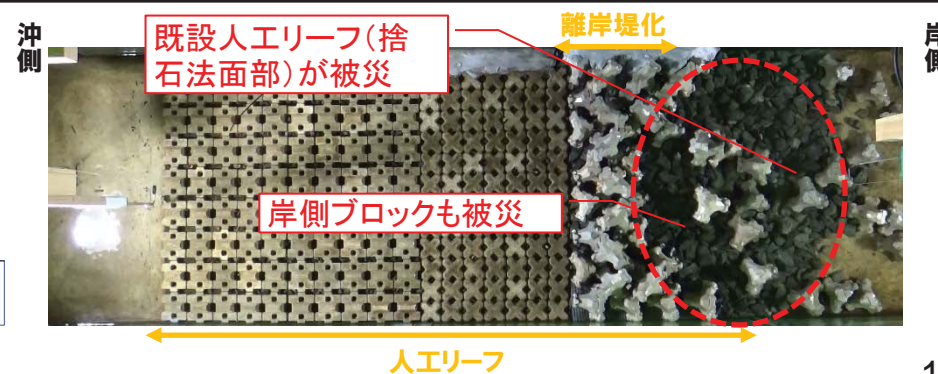
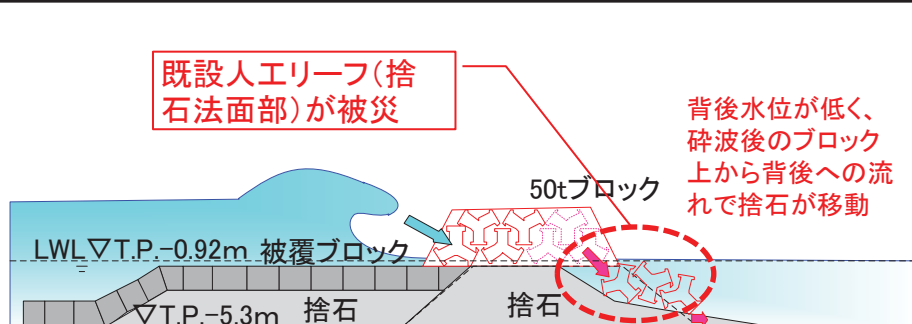
Step2: 沖側50トンブロック(H.H.W.L): 被災



Step2: 岸側50トンブロック(H.H.W.L): 被災なし



Step3: 岸側50トンブロック(L.W.L): 被災



⑤ 水理模型実験の結果(予備実験に基づく本実験の条件設定)

■ Step1: ハドソン式より算定したブロック重量30t_ト(天端3個)による実験(計画波浪・H.H.W.L) ⇒ 全て被災

安定性評価: ✕ (ブロック部が被災)	安定性評価: ✕ (ブロック部が被災)

↓

■ Step2: ブロック重量50t_ト(天端3個)による実験(計画波浪・H.H.W.L) ⇒ 岸側が被災なし

安定性評価: ✕ (ブロック部が被災)	安定性評価: ○ (被災なし)

↓

■ Step3: ブロック重量50t_ト(天端3個)による実験(計画波浪・L.W.L) ⇒ 人工リーフ(捨石法面部)及びブロックが被災

【Step1～3を踏まえた基本断面形状の設定の考え方】

- ・岸側: 既設捨石部法面が被災するため、法面を補強する天端幅が広がるため、30t_トブロックを用いる
- ・中央: 設計基準等を踏まえ、天端幅をさらに広げる
- ・沖側: 設計基準等を踏まえ、天端幅をさらに広げる

安定性評価: ✕ (既設部に悪影響を及ぼす)

↓

■ 本実験の条件設定 ⇒ 3ケースのブロック配置位置を設定し、本実験(ブロック配置の選定)を実施

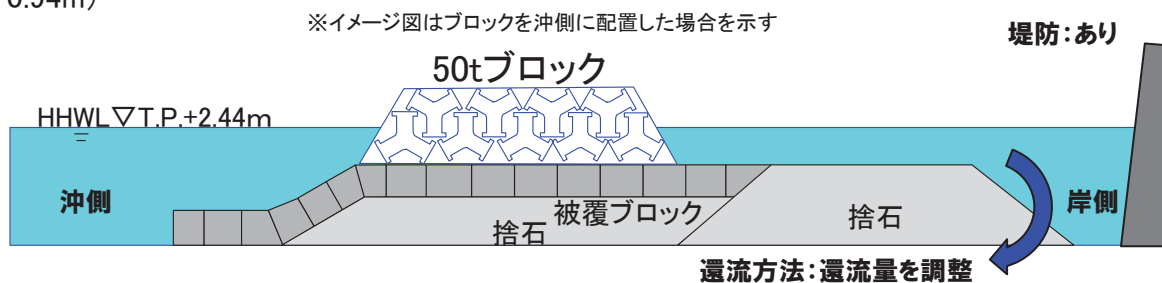
<p>沖側50t_トブロック(天端4個)</p>	<p>中央50t_トブロック(天端4個)</p>	<p>岸側30t_トブロック(天端3個)+背後法面補強</p>
------------------------------------	------------------------------------	---

⑥本実験によるリーフ改良の構造検討(波浪の岸沖分布状況)

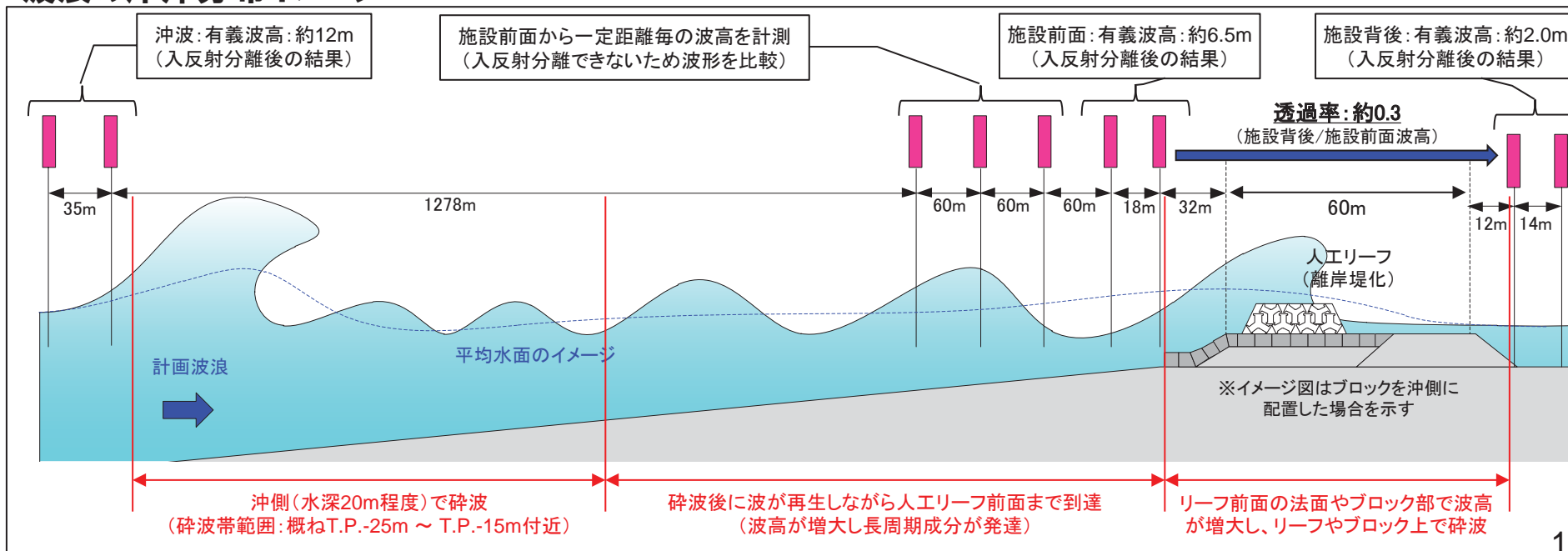
- 計画波浪(波高:12m、周期:15.5s)では、沖側(水深20m程度)で砕波した後、波が再生(波高が増大し長周期成分が発達)しながら人工リーフ前面(水深7m程度)まで到達し、リーフ前面の法面(勾配1:4)や消波ブロック(勾配1:1.3)部で波高がさらに増大し、リーフやブロック上で再度砕波が生じる。
- ブロックの配置位置によって、人工リーフ周辺における波高分布特性と砕波位置が異なる(詳細は次頁以降)。

実験条件(本実験)

- 水位 : H.H.W.L(T.P.+2.44m)、L.W.L(T.P.-0.94m)
- 波浪 : 計画波浪(H=12.0m,T=15.5s)
- ブロック : 沖側50tブロック(天端4個)
中央50tブロック(天端4個)
岸側30tブロック(天端3個)
+背後法面補強
- 還流 : 還流量を調整
- 堤防 : あり



波浪の岸沖分布イメージ



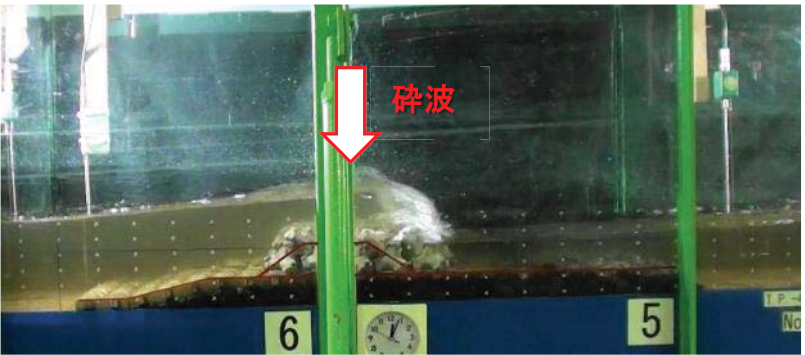
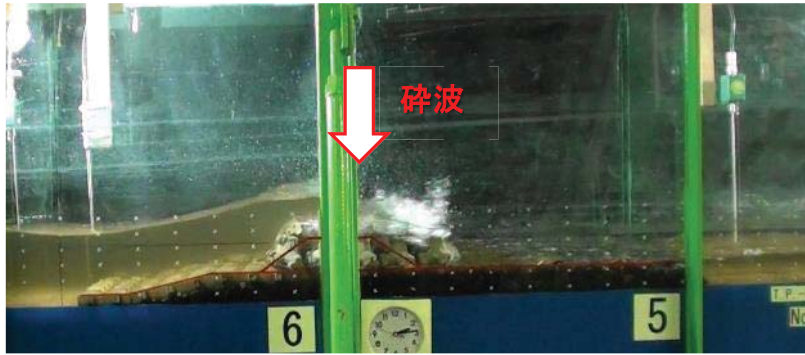
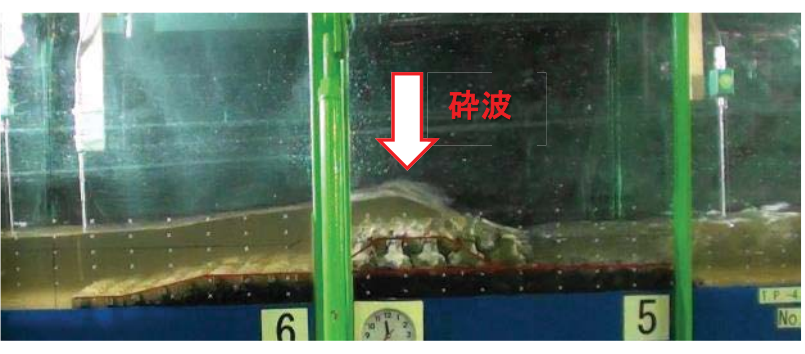
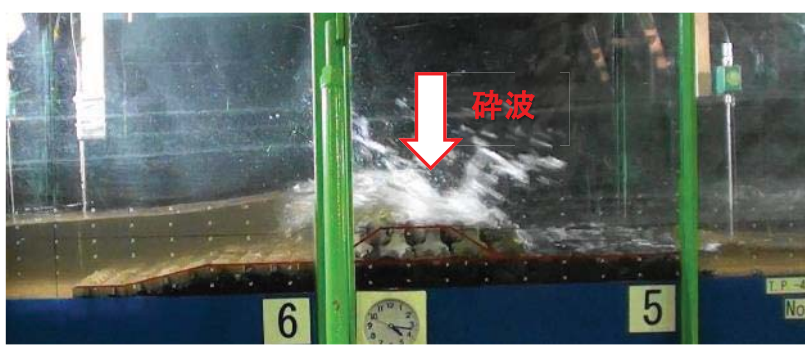

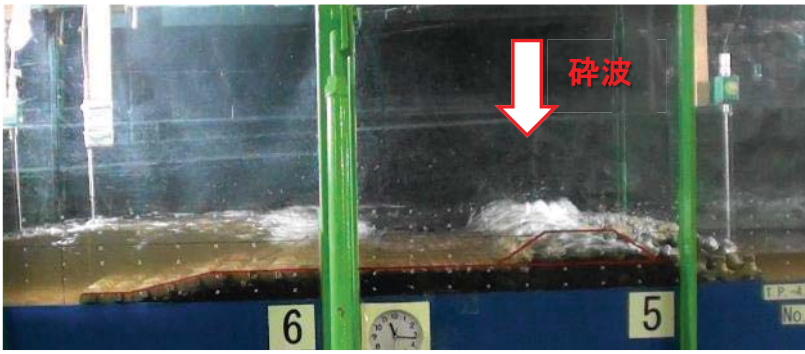
⑥本実験によるリーフ改良の構造検討(ブロック配置による外力状況)

○本実験の実験条件: 計画波浪・H.H.W.L.(L.W.Lでもメカニズムは同じ傾向)

ブロック配置	ブロック配置位置による外力状況(メカニズム)
<p>沖側50tブロック (天端4個)</p>	<p>・沖側で碎波した後、波が再生しながら伝搬し、人工リーフ前面(法面部)~ブロック上部で2回目の碎波が発生する。 ・ブロックを沖側に配置した場合、前面の海底勾配が急となり、その他ケースと比べて、波高が増大しより沖側で碎波する。</p>
<p>中央50tブロック (天端4個)</p>	<p>・沖側で碎波した後、波が再生しながら伝搬し、人工リーフの中央側(ブロック上部)で2回目の碎波が発生する。 ・ブロックを中央に配置した場合、沖側配置と比べて、前面の海底勾配が緩く、波高が減衰しより中央側で碎波する。</p>
<p>岸側30tブロック (天端3個) + 背後法面補強</p>	<p>・沖側で碎波した後、波が再生しながら伝搬し、人工リーフの中央側(ブロック手前付近)で2回目の碎波が発生する。 ・ブロックを岸側に配置した場合、他配置と比べて、前面の海底勾配が緩く、波高が減衰しブロック手前付近で碎波する。</p>

⑥本実験によるリーフ改良の構造検討(砕波状況)

動画

ブロック配置	H.H.W.L	L.W.L
沖側50 ^ト ブロック (天端4個)		
中央50 ^ト ブロック (天端4個)		
岸側30 ^ト ブロック (天端3個) +背後法面補強		

⑥本実験によるリーフ改良の構造検討(ブロック配置の選定結果)

- 波浪低減効果は、ブロック配置による大きな違いはない(いずれも構造諸元に応じた効果を発揮する)。
- ブロックを沖側または中央に配置した場合は被災が生じ、岸側に配置した場合は被災が生じない。
- **ブロック配置は、ブロックの被災が生じない「岸側30tブロック(天端3個)+背後法面補強」が優位。**

項目	沖側50tブロック(天端4個)	中央50tブロック(天端4個)	岸側30tブロック(天端3個)+背後補強																		
ブロック配置イメージ																					
波浪低減効果 ※透過率 (波高伝達率)	H.H.W.L.: 0.31 (0.17) L.W.L.: 0.11 (0.04)	H.H.W.L.: 0.31 (0.16) L.W.L.: 0.13 (0.05)	H.H.W.L.: 0.32 (0.17) L.W.L.: 0.13 (0.05)																		
安定性 ※被災有無 (被害率)	<table border="1"> <tr> <td rowspan="2">消波ブロック</td> <td>H.H.W.L.: 被災(14%) ×</td> </tr> <tr> <td>L.W.L.: 被災(17%) ×</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">既設人工リーフ</td> <td>H.H.W.L.: 被災なし ○</td> </tr> <tr> <td>L.W.L.: 被災なし ○</td> </tr> </table>	消波ブロック	H.H.W.L.: 被災(14%) ×	L.W.L.: 被災(17%) ×	既設人工リーフ	H.H.W.L.: 被災なし ○	L.W.L.: 被災なし ○	<table border="1"> <tr> <td rowspan="2">消波ブロック</td> <td>H.H.W.L.: 被災(5%) ×</td> </tr> <tr> <td>L.W.L.: 被災(9%) ×</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">既設人工リーフ</td> <td>H.H.W.L.: 被災なし ○</td> </tr> <tr> <td>L.W.L.: 被災なし ○</td> </tr> </table>	消波ブロック	H.H.W.L.: 被災(5%) ×	L.W.L.: 被災(9%) ×	既設人工リーフ	H.H.W.L.: 被災なし ○	L.W.L.: 被災なし ○	<table border="1"> <tr> <td rowspan="2">消波ブロック</td> <td>H.H.W.L.: 被災なし ○</td> </tr> <tr> <td>L.W.L.: 被災なし ○</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">既設人工リーフ</td> <td>H.H.W.L.: 被災なし ○</td> </tr> <tr> <td>L.W.L.: 被災なし ○</td> </tr> </table>	消波ブロック	H.H.W.L.: 被災なし ○	L.W.L.: 被災なし ○	既設人工リーフ	H.H.W.L.: 被災なし ○	L.W.L.: 被災なし ○
消波ブロック	H.H.W.L.: 被災(14%) ×																				
	L.W.L.: 被災(17%) ×																				
既設人工リーフ	H.H.W.L.: 被災なし ○																				
	L.W.L.: 被災なし ○																				
消波ブロック	H.H.W.L.: 被災(5%) ×																				
	L.W.L.: 被災(9%) ×																				
既設人工リーフ	H.H.W.L.: 被災なし ○																				
	L.W.L.: 被災なし ○																				
消波ブロック	H.H.W.L.: 被災なし ○																				
	L.W.L.: 被災なし ○																				
既設人工リーフ	H.H.W.L.: 被災なし ○																				
	L.W.L.: 被災なし ○																				
被災メカニズム ※不規則波実験に基づく被災イメージ	<p>ブロック上部で碎波し岸側へ流れが発生することで岸側端部付近が被災</p> <p>重複した波浪の作用で前面水位が全体的に上昇 離岸堤部の裏法肩で碎波した波が衝突 背後に支持のない最後のブロックが全体的に岸側に移動 背後水深の低下</p>	<p>ブロック上部で碎波し岸側へ流れが発生することで岸側端部付近が被災</p> <p>重複した波浪の作用で前面水位が全体的に上昇 離岸堤部の上部で碎波した波が岸側天端ブロックに作用 岸側天端ブロックが転倒して岸側に移動 背後水深の低下</p>	<p>被災なし(ブロック手前で碎波しブロック上では波浪が減衰)</p> <p>離岸堤部の沖側で碎波するため離岸堤部では波浪が減衰 消波ブロック全体が安定</p>																		
総合評価	× 設計外力において要求性能を満たさない。	× 設計外力において要求性能を満たさない。	○ 設計外力において要求性能を満足する。																		

⑥本実験によるリーフ改良の構造検討(ブロック重量の検討)

- 以上の実験結果から、ブロック配置は「岸側が最適」(ただし背後法面の補強は必要)であることがわかった。
- 重量については、実験に使用したテトラネオでは、30トンの被災しないことを確認したことから、30トン及び50トン(1ランクアップ)について総合的な比較を実施した。
- **比較の結果、30トンの方が経済性・景観性に優れ、50トンよりも優位。(実験に使用したテトラネオでの結果)**

項目	岸側30トンブロック(天端3個)+背後補強	岸側50トンブロック(天端3個)+背後補強
ブロック配置イメージ	<p>HHWL▽T.P.+2.44m 天端高:T.P.+3.16m 30tブロック +4.4m 被覆ブロック ▽T.P.-5.3m 捨石</p>	<p>HHWL▽T.P.+2.44m 天端高:T.P.+3.96m 50tブロック +5.2m 被覆ブロック ▽T.P.-5.3m 捨石</p>
安定性	実験結果から、設定した基本断面形状は設計外力において要求性能を満足する(被災が生じない)ことを確認	左記と同じ
施工性	構造がシンプルであり、隣接する離岸堤において同重量程度のブロック施工実績がある。	左記と同じ
周辺施設との整合性	人工リーフからの嵩上げ高は+4.4m(天端高:T.P.+3.16m)であり、隣接する離岸堤(天端高:T.P.+2.94m)と同程度の高さとなる。	人工リーフからの嵩上げ高は+5.2m(天端高:T.P.+3.96m)であり、隣接する離岸堤(天端高:T.P.+2.94m)よりも施設規模が大きくなる。
経済性 (概算事業費)	約 5.6億円/1基(290m) (ブロック必要数:1,169個)	約 7.5億円/1基(290m) (ブロック必要数:1,032個)
総合評価	○ 経済性等において50トンよりも優位。	× 経済性等において30トンよりも劣る。

水理模型実験による構造検討のまとめ(案)

水理模型実験による人工リーフ改良(離岸堤化)の構造検討のまとめ(案)

■消波ブロックの配置の位置

- ・波浪低減効果は、ブロック配置による大きな違いはない。
- ・ブロックを沖側または中央に配置した場合は被災が生じ、岸側に配置した場合は被災が生じない。
- ・以上の実験結果から、**ブロックの被災が生じない「岸側」が優位**。
- ・ただし、**既設人工リーフの捨石部法面が被災する恐れがあるため、背後の補強が必要**。

■消波ブロックの重量

- ・ブロックを岸側に配置し背後を補強した場合、**30トンのブロックでは被災が生じない**。
- ・30トンと50トン(1ランクアップ)の総合的な比較を行った結果、**30トンの方が経済性等で優位**。

■基本断面形状

- ・構造 : 岸側30トンブロック(2層積、天端3個) + 背後法面補強
 - ・天端高: T.P.3.16m(既設人工リーフ+4.4m)
 - ・天端幅: 12.4m(ブロック4個)
 - ・法勾配: 1:1.3(標準勾配)
- ※諸元は実験に使用したテトラネオでのものである。

