円形造波水槽を用いた沿岸漂砂機構と人工リーフの効果に関する実験的研究

名古屋大学大学院工学研究科　学生会員　秋田　直輝
名古屋大学大学院工学研究科　正会員　中村　友昭，趙　容垣
名古屋大学大学院工学研究科　フェロー　水谷　法美

1. はじめに：海岸侵食による砂浜の減少が全国で深刻な問題となっている．砂浜には波を減衰させ，陸地への波の侵入を軽減する機能，すなわち，沿岸地域に対する減災機能を有している．このため，海岸侵食が進行すると，沿岸地域における被災リスクは高まるため．海岸侵食の防止対策を検討することは極めて重要である．

海岸侵食の主要因として供給・流出漂砂量の不均衡性が挙げられ，そこには沿岸流にともなって発生する沿岸漂砂量の変化が大きく関わっている．そのため，沿岸流・沿岸漂砂に関する研究はこれまで数多く行われてきた．田中ら(1980)は水理実験の結果から，斜め入射波では先に波が到達する上手側とその後到達する下手側で水位差が生じ，この水位差により上手側から下手側に向かう沿岸流が形成されるという従来の理論と異なる沿岸流発生メカニズムの可能性を示した．一方で鈴木ら(2017)は，波崎海岸にて蛍光砂を用い現地観測を行った結果，砕波点付近であるバーやトラフ付近で沿岸漂砂が卓越することを示した．これらのように，沿岸流・沿岸漂砂に関する研究は行われているものの，詳細なメカニズムは未解明であり，更なる研究が必要であると考えられる．また通常の平面水槽では，沿岸漂砂について側壁の影響を受ける等の制約条件があり，本研究では沿岸方向に側壁の影響を受けない円形水槽を用い，水理実験を実施し沿岸漂砂機構に関して検討を行った．

2. 円形造波水槽の概要：本研究では，図-1に示す直径10.2 m，高さ50 cmの円形造波水槽にて水理実験を行った．水槽中心部には，沿岸流成分を有した波を造波させるため直径3 mのらせん波造波機を設置した．この造波機は，16枚の独立した造波板を異なるタイミングで一定の周期にて前後(岸沖)に動かすことで，らせん波を造波する仕組みとなっている．また，らせん波の周期に関しては，造波機中心部に設置された造波板を動かすためのモーターの1分間における回転数(rpm)を調節し，変化させた．

図-1　円形造波水槽

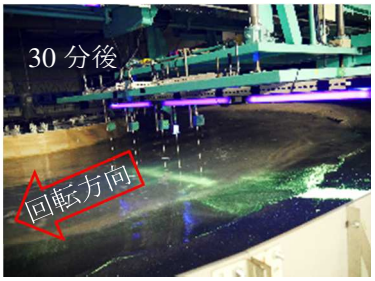
表-1　実験条件

ケース	回転数	周期	時間	初期地形	人工リーフ	水深
1	27 rpm	2.22 s	1 時間	1 : 7	なし	18 cm
1a	27 rpm	2.22 s		1 の最終地形	なし	
2	27/33 rpm	2.22/1.82 s		1 : 7	type1	
2a	33 rpm	1.82 s		2 の最終地形	type1	
3	27 rpm	2.22 s		1 : 7	type2	
3a	27 rpm	2.22 s		3 の最終地形	type2	

3. 実験条件：本研究では，円形造波水槽を用いて，表-1 に示す人工リーフ模型未設置の状態と 2 種類の人工リーフ模型設置の状態(地形部の沖端付近で砕波が期待される type1・未設置時の砕波点付近にて砕波が期待される type2)に対して実験を行った．なおケース 2 では，実験開始 30 分を境に造波機の回転数を 27 rpm から 33 rpm に変更した．実験時間は，地形変化が安定し平衡状態に近い地形が形成されるまでの時間とした．初期地形についてはケース 1，2，3 では，円の外側に 1 : 7 の一様勾配地形を整地した．加えて，ケース 1a，2a，3a では安定下での漂砂機構を観察するため，ケース 1，2，3 における最終地形を対象に再度造波を行った．また本研究では漂砂の分析方法として地形断面に蛍光砂を設置し，ブラックライトを照射させることで，砂の動きを可視化した．加えて，地形変化について考究するため，実験開始前と終了後にレーザー変位計にて地形を計測した．

4. 実験結果および考察：本節では，1 : 7の一様勾配地形を初期地形としたケースとその後の最終地形を初期

地形としたケースに分けて考察する．初めに1:7の一様勾配地形を初期地形としたケースの結果を示す．蛍光砂の動向に関してケース1・2・3の実験開始30分後の結果を図-2に示す．ケース1では造波機の回転方向に沿岸漂砂が生じている様子が確認された．一方で，人工リーフ模型を設置したケース2・3では沿岸漂砂は活発に生じず，初期断面付近に留まったことがわかる．これらの結果から人工リーフを設置した際には，下手側へ流出する沿岸漂砂が生じにくくなる傾向が推察される．続いて，実験時に発生した地形変化を図-3に示す．人工リーフを設置していないケース1では，汀線より岸側では侵食が発生し，その沖側では堆積傾向となりバー地形が発達し，ステップ地形が形成された．一方で，人工リーフ模型を設置したケース2，3では，ケース1と比較して地形変化量が明らかに少ないことがわかる．特に，type2の人工リーフを設置し実験を行ったケース3では，堆積量が侵食量を大きく上回っており，汀線が沖側へ前進する様子が確認された．以上から蛍光砂の観測結果も踏まえ，これらの地形変化特性の違いは，人工リーフ模型の岸沖断面では砕波点より沖側にて波を砕波させ波浪が低減し，流出する沿岸漂砂を抑制できたため生じたと推察される．特に未設置時の砕波点近く(岸側)に設置したtype2の人工リーフ模型は，沖側に設置したケースに比べ汀線を前進させ，侵食対策に有効性がある可能性が示唆される．



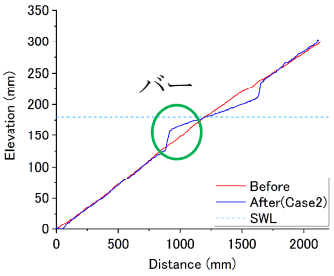
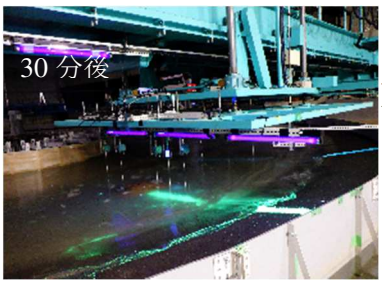


図-2(a)　蛍光砂-ケース 1　　図-3(a)　地形変化-ケース 1



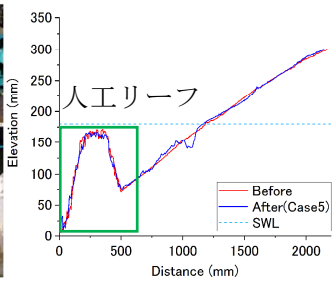
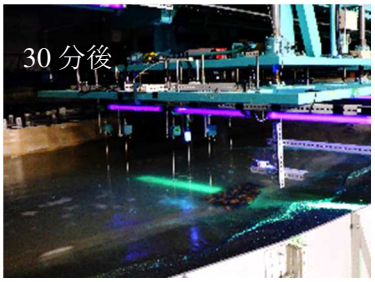


図-2(b)　蛍光砂-ケース 2　　図-3(b)　地形変化-ケース 2



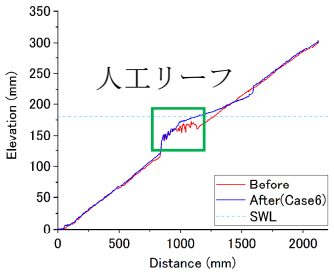
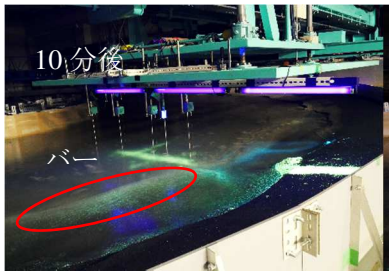


図-2(c)　蛍光砂-ケース 3　　図-3(a)　地形変化-ケース 3

続いて，最終地形を初期地形としたケースの結果について示す．蛍光砂の動向に関してケース1a・3aの実験開始10分後の結果を図-4に示す．ケース1aでは，沿岸漂砂がバー(砕波点)付近で生じた．またケース3aの結果から，人工リーフ模型を設置した状態でも下手側へ流出する沿岸漂砂が卓越する様子が確認された．この要因は図-4(b)の赤枠に示すように，人工リーフの上手側(右上)では前ケースにて堆積が進行したことで，上手側と下手側の間で砕波する時間差が発生し水位差が生じたことによると推察され，この現象が上手側から下手側へ向かう沿岸流を強めた可能性がある．



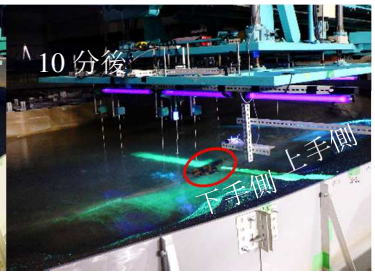


図-4(a)　蛍光砂-ケース 1a　　図-4(b)　蛍光砂-ケース 3a

6. おわりに：本研究では，人工リーフ模型が沿岸漂砂に与える影響に関して考究した．また実験結果は沿岸漂砂の卓越箇所が鈴木ら(2017)の結果と類似した上に，沿岸流の生成が砕波の時間差によって発生する可能性を示し，田中ら(1980)と同様の結果を得た．最後になるが，本研究は科学研究費補助金基盤研究 B（代表者　水谷法美）により行われたことを付記する．

参考文献：[1] 田中・和田(1980)：海岸工学，第 27 巻，pp. 153-157.
[2] 鈴木・伊波・崎濵・比嘉・中村・柳嶋(2017)：海岸工学，Vol. 73，No. 2，pp. 667-672.