

# 津波氾濫水密度の土砂堆積や遡上高への影響

秋田大学 学生員○今野史子 正員 松富英夫

1.はじめに 津波氾濫水の密度  $\rho$  は津波荷重だけでなく、津波の遡上高（遡上距離）や土砂の堆積状況、例えば堆積厚や津波氾濫域長（面積）に対する土砂堆積域長（面積）の比にも影響すると考えられる。したがって、氾濫水密度は津波の再現計算・想定計算や土砂堆積域長を基礎データとして評価する歴史津波の規模にも影響を与える。しかし、遡上高や堆積厚、土砂堆積域長と津波氾濫域長比の密度依存性を主目的とした研究は実験的にも行われたことがない。

本研究は工夫を凝らした水理実験に基づいて<sup>1)</sup>、歴史津波の規模評価に影響する土砂堆積厚（分布を含む）、土砂堆積域長と津波氾濫域長比（ $\leq 1$ ）、津波遡上高の密度依存性を検討する。

2. 実験とデータ解析の方法 土砂は仙台海岸の2011年東北津波の浸水域で採取したものをを用いた。表-1に実験ケース毎の使用土砂の粒度特性例を示す。「仙台海岸（混合）」は仙台海岸の3地点で採取した使用後土砂の混合を意味する。粒径加積曲線の代表例として「二の倉前川」のものを後に示す（図-5参照）。4種類の土砂の粒度特性に大差はない。実験水路は簡易に高シールズ数を確保するため、すべり台状の開水路とした。ただし、すべり台の下端には土砂を敷詰める水平水路部を設け、水平水路部の下流端には土砂を含んだ氾濫水を採水するために緩い上り勾配のジャンプ台を、また氾濫水を遡上させるためにそのジャンプ台に引き続き粒径  $850\sim 2000\ \mu\text{m}$  の砂を貼り付けて粗度を高めた緩斜面を設けた。実験水路の概略、測定器具（メスシリンダー群）の配置などを図-1に示す。

津波氾濫流はすべり台上端の水平部にゲート付きの貯水槽を設置し、ゲート急開流れて模擬した。ゲートはすべり台上端の水平部の斜面開始点直背後に位置する。すべり台上端の水平部の高さは  $1.2\ \text{m}$ 、水路幅は  $0.3\ \text{m}$ 、貯水槽の諸元は高さ  $0.5\ \text{m}$ 、幅  $0.3\ \text{m}$ 、奥行  $0.3\ \text{m}$  とし、貯水深  $h_U$  やすべり台の斜面勾配  $S_1$ 、斜面と水平水路接続部の曲面部の長さ、水平水路部の長さ  $L_S$ 、緩い上り勾配のジャンプ台の高さ  $h_S$  と斜面勾配  $S_2$ 、ジャンプ台下流端とメスシリンダー群の先端間の距離  $L_G$ （本実験では  $L_G=0$ ）、ジャンプ台に引き続く緩斜面の長さ  $L_G$  と斜面勾配  $S_3$ 、実験前の土砂厚（量） $L_T$  は試行錯誤して決定した。図-1に示した実験水路の諸元は試行錯誤後の最終的なものである。

密度の実験では、氾濫水はすべり台を流下し、水平水路部に敷詰められた土砂を巻き込み、下流端の緩勾配のジャンプ台を駆け上がり、空中に飛出す。空中に飛出した土砂を含む氾濫水の一部は氾濫水の落下域に

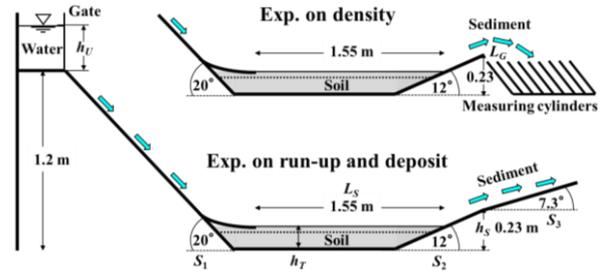


図-1 実験水路の概略、測定器具の配置と諸記号の定義

表-1 実験前土砂の粒度特性例（密度実験における評価）

土砂採取地	$L_T$ (cm)	中央粒径 (mm)	均等係数	曲率係数
荒浜北今切	2	0.28	2.42	1.077
	6	0.32	2.41	1.232
小塚原大南	2	0.31	-	-
	6	0.31	-	-
二の倉前川	2	0.32	2.16	1.272
	6	0.33	2.19	1.116
仙台海岸 (混合)	2	0.28	-	-
	6	0.30	2.59	1.157

において手前側へ約  $45^\circ$ 傾けて格子状に密に設置したメスシリンダー群（外径  $42\ \text{mm}$ 、内径  $40\ \text{mm}$ 、秤量  $250\ \text{cm}^3$ ）のものを流れ方向に8本、水路横断方向に8本の計64本に飛込む。あらかじめ各メスシリンダーの重量を量り、氾濫水が飛込んだ後の各メスシリンダーの重量を量れば、氾濫水の体積はメスシリンダーから直接読み取ることができるので、氾濫水の密度とその空間分布が評価できることになる。

土砂堆積・遡上高（遡上距離）の実験では、水平水路部で土砂を巻き込んだ氾濫水は下流端のジャンプ台を駆け上がり、ジャンプ台に引き続き一様勾配の緩斜面を遡上する。ジャンプ台以後の緩斜面域は舌状に伸びた土砂堆積域とその上流域の非常に厚さの薄い堆積域に大別される。舌状部を有意な堆積域と判断し、流れ方向は  $5\ \text{cm}$  間隔で、水路横断方向は8等分（9測点）して、ポイントゲージにより格子状に堆積厚を測定した。実験条件を表-2にまとめて示す。表中、 $M_{SD}$  は密度実験、 $M_{SR}$  は土砂堆積・遡上高実験で使用した土砂の質量である（他の記号は図-1参照）。実験では炉乾燥後に自然放置して冷ました土砂を水平水路部に敷詰めた。実験回数は各ケース1回とした。

3. 結果 図-2に氾濫水密度による遡上高の違いを示す。遡上高は水路横断方向の位置で異なり、凡例の最大と最小はその最大値と最小値を示す。図-3に氾濫水密度の土砂堆積域長・津波氾濫域長比への影響を示す。図には、「仙台海岸」として使用後の土砂による実験結果も示している。図-4(a)~(d)に初期土砂厚毎の

表-2 実験条件と密度の実験結果

	土砂採取地	$h_U$ (cm)	$S_1$ (°)	$L_S$ (cm)	$h_S$ (cm)	$S_2$ (°)	$S_3$ (°)	$L_T$ (cm)	$M_{SD}$ (g)	$M_{SR}$ (g)	平均氾濫水密度 (g/cm <sup>3</sup> )
Case 1-1	荒浜北今切	25	20	155	23	12	7.3	2	15,500	15,500	1.135 (1.118)
Case 1-2		25	20	155	23	12	7.3	6	42,700	41,600	1.092 (1.077)
Case 2-1	小塚原大南	25	20	155	23	12	7.3	2	11,500	10,000	1.134 (1.119)
Case 2-2		25	20	155	23	12	7.3	6	35,300	30,200	1.102 (1.094)
Case 3-1	二の倉前川	25	20	155	23	12	7.3	2	14,500	17,000	1.103 (1.086)
Case 3-2		25	20	155	23	12	7.3	6	36,800	38,500	1.104 (1.078)
Case 4-1	仙台海岸 (混合)	25	20	155	23	12	7.3	2	11,500	9,500	1.128 (1.104)
Case 4-2		25	20	155	23	12	7.3	6	39,300	39,100	1.158 (1.129)

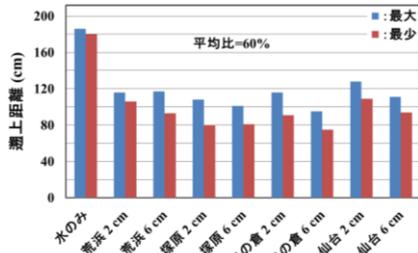


図-2 氾濫水密度の遡上高（遡上距離）への影響

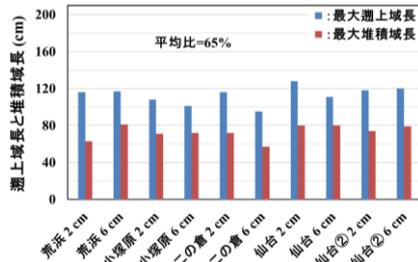


図-3 氾濫水密度の土砂堆積域長・津波氾濫域長比への影響

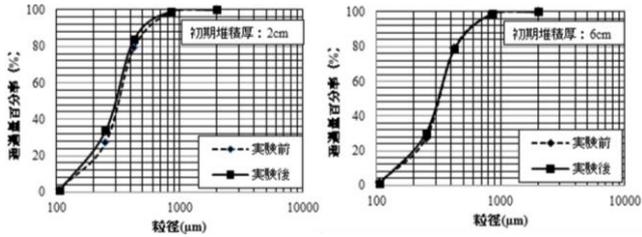


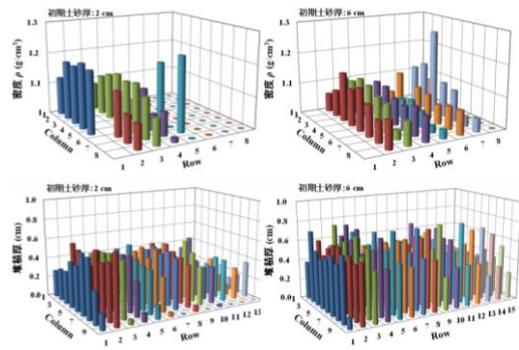
図-5 遡上実験前後の粒径加積曲線の比較例（二の倉前川）

氾濫水密度と土砂堆積厚の空間分布に関する実験結果を示す。各図左手前が海側、右奥が陸側である。図-5に土砂堆積・遡上高実験前後の粒径加積曲線の比較例を示す。実験前後で曲線に大差がないことが判る。

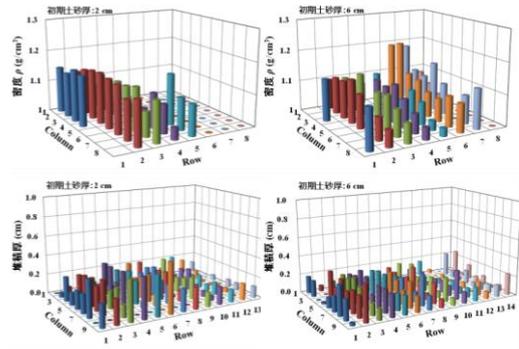
4. おわりに 本研究で得られた主な結果は次の通りである。①津波遡上高（遡上距離）は氾濫水密度  $\rho$  が大きくなるほど低くなるが、実際の遡上高は地形やその変化し易さの兼ね合いに依存する。②津波氾濫計算では氾濫水密度の考慮が必要な場合がある。③津波氾濫域長と土砂堆積域長は異なることが考えられ、土砂堆積域長のみからの古津波の規模推定は危険な場合がある。④氾濫水密度が大きくなるほど、土砂堆積厚は厚くなる傾向が確認できた。⑤粒径加積曲線は実験前のものと実験後の緩斜面に堆積したもの（土砂堆積・遡上高実験で得たもの）とでほとんど差がない。

謝辞：一般財団法人漁港漁場漁村総合研究所の H27 年度研究費助成を受けた。記して謝意を表す。

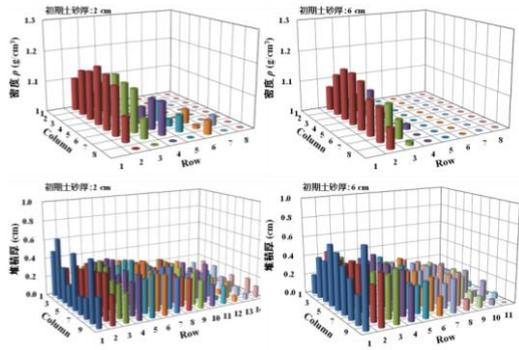
参考文献 1) 松富・川島：津波氾濫流の密度に関する基礎実験，土木論文集 B2 (海岸工学)，Vol.71, No.2, pp.355-360, 2015.



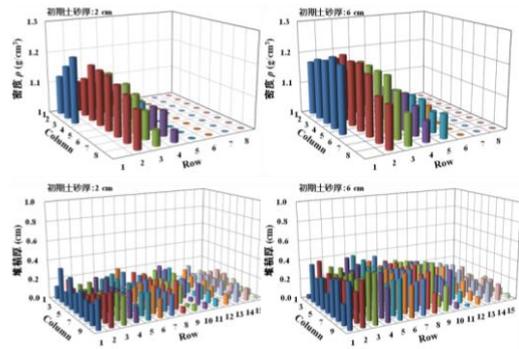
(a) 荒浜北今切



(b) 小塚原大南



(c) 二の倉前川



(d) 仙台海岸（混合）

図-4 氾濫水密度と土砂堆積の空間分布