

津波堆積物に基づく津波波源推定手法の開発

平成28年3月

関西大学

津波堆積物に基づく津波波源推定手法の開発

目 次

1. 序論	1-1
1.1 研究の背景と目的	1-1
1.2 研究内容	1-1
1.3 研究実施体制	1-1
2. 津波による陸上への土砂移動および堆積に関する水理実験	2-1
2.1 はじめに	2-1
2.2 実験装置	2-2
2.3 実験条件	2-3
2.4 砂の捕捉方法	2-6
2.5 実験ケース	2-7
2.6 実験方法	2-8
2.7 実験結果	2-11
2.8 遡上距離と堆積物形成距離の関係	2-63
2.9 入射波と堆積物の分布の関係	2-64
2.10 砂の粒径の相違による堆積物の分布の相違	2-65
2.11 単一粒径砂と混合砂による堆積物の分布の相違	2-66
2.12 粒度分布	2-68
2.13 おわりに	2-77
3. 沿岸湖沼に突入する津波による地形変化に関する水理実験	3-1
3.1 はじめに	3-1
3.2 実験方法	3-1
3.3 固定床実験結果	3-4
3.4 移動床実験結果	3-6
3.5 土砂移動解析結果との比較	3-27
3.6 まとめ	3-29
参考文献	3-29

4. 粒子と流体の相互作用に関する基礎的水理実験	4-1
4.1 本実験の目的	4-1
4.2 実験装置	4-2
4.3 実験および水理条件	4-3
4.4 画像解析手法	4-3
4.5 実験結果および考察	4-4
4.6 結論	4-8
参考文献	4-8
5. 砂移動の非定常性に関する水理実験	5-1
5.1 はじめに	5-1
5.2 実験水路	5-1
5.3 実験条件	5-3
5.4 実験方法	5-7
5.5 固定床実験結果	5-9
5.6 移動床実験結果	5-20
5.7 おわりに	5-26
6. 2011年東北地方太平洋沖地震津波による仙台湾南部沖の堆積物分析と海岸地形変化の再現計算	6-1
6.1 背景	6-1
6.2 花粉分析	6-2
6.3 仙台湾南部を対象とした土砂移動数値計算	6-4
6.4 柱状採泥で検出した津波堆積物の層厚との比較	6-12
6.5 まとめ	6-13
参考文献	6-13
7. 津波堆積物に基づく津波波源推定データベースの有効性に関する数値計算	7-1
7.1 はじめに	7-1
7.2 津波パラメータスタディ（地震規模，断層位置）	7-1
7.3 土砂移動パラメータスタディ（地震規模，断層位置，粒径）	7-12
7.4 まとめ	7-47

参考文献	7-47
8. 気仙沼市九九鳴浜における現地調査	8-1
8.1 調査の概要	8-1
8.2 調査内容と方法	8-2
8.3 調査結果	8-8
8.4 分析結果のまとめと考察	8-27
参考文献	8-34
9. 大分県大分市における現地調査	9-1
9.1 研究の背景	9-1
9.2 研究手法	9-1
9.3 結果ならびに考察	9-1
参考文献	9-2
10. 結論	10-1

1. 序論

1.1 研究の背景と目的

2011 年東北地方太平洋沖地震津波を踏まえると、原子力発電所に来襲する津波の想定においては、従来の決定論的な方法に加えて、確率論的な方法も重要となる。そこで、本研究では、確率論的津波ハザード評価手法における津波の波源に関する情報を拡充し、評価精度の向上を図るため、津波堆積物の情報に基づいて津波波源を推定する手法を開発することを目的とした。

1.2 研究内容

津波堆積物に基づく津波波源推定手法の開発を行うために、津波による土砂移動と土砂堆積に係る水理実験、数値計算および現地調査試料の分析を実施した。具体的な研究項目は以下の通りである。

津波による陸上への土砂移動および堆積に関する水理実験（第2章）、沿岸湖沼に突入する津波による地形変化に関する水理実験（第3章）、粒子と流体の相互作用に関する基礎的水理実験（第4章）、砂移動の非定常性に関する水理実験（第5章）、2011年東北地方太平洋沖地震津波による仙台湾南部沖の堆積物分析と海岸地形変化の再現計算（第6章）、津波堆積物に基づく津波波源推定データベースの有効性に関する数値計算（第7章）、気仙沼市九九鳴浜における現地調査（第8章）、大分県大分市における現地調査（第9章）。

1.3 研究実施体制

本業務での研究実施体制として、研究組織と研究メンバー、主な担当と業績を図1-1および表1-1に示す。本業務では水理実験、数値解析および現地調査が主な研究手法となるため、それぞれの研究手法でグループを構成している。

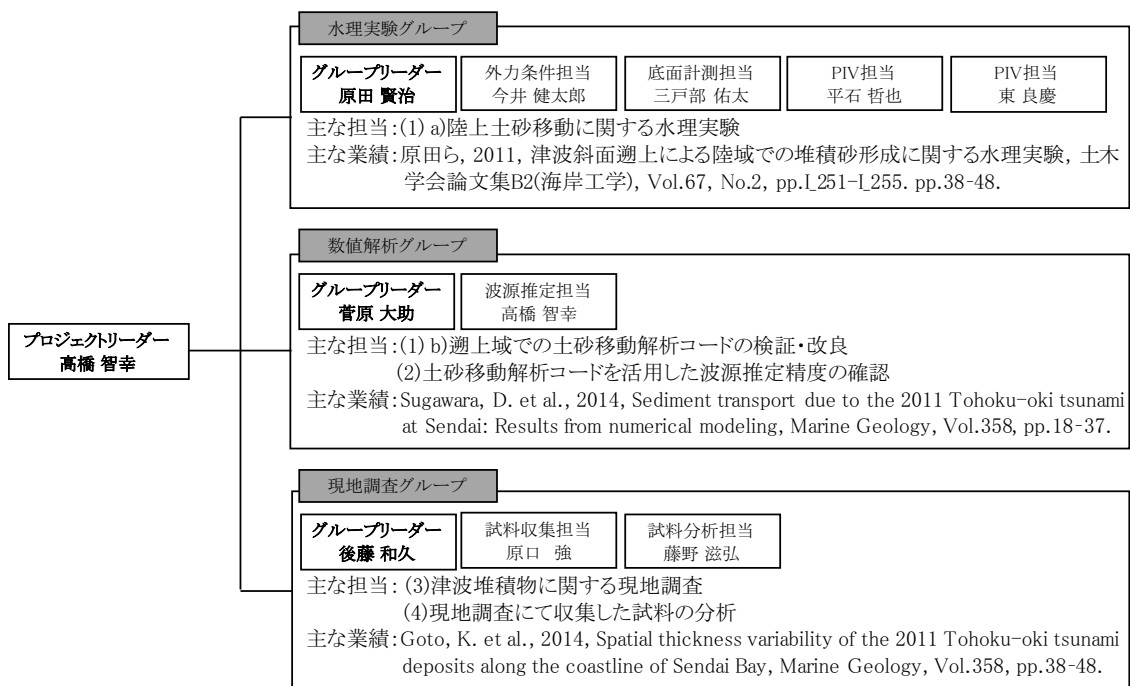


図 1-1 研究組織と主な担当, 業績

表 1-1 研究メンバーと主な担当

当該業務における主な担当業務	氏 名	所属・役職
プロジェクトリーダーおよび波源推定	高橋智幸	関西大学社会安全学部・教授
水理実験グループリーダー	原田賢治	静岡大学防災総合センター・准教授
数値解析グループリーダー	菅原大助	東北大学災害科学国際研究所・助教
現地調査グループリーダー	後藤和久	東北大学災害科学国際研究所・准教授
水理実験における外力条件	今井健太郎	東北大学災害科学国際研究所・助教
水理実験における底面計測	三戸部佑太	東北大学大学院工学研究科・助教
水理実験における PIV ^{※1}	平石哲也	京都大学防災研究所・教授
水理実験における PIV ^{※1}	東良慶	京都大学防災研究所・助教
現地調査における試料収集	原口強	大阪市立大学大学院理学研究科・准教授
現地調査試料の分析	藤野滋弘	筑波大学生命環境系・助教

※1 PIV : 粒子画像流速測定法 (Particle Image Velocimetry)

2. 津波による陸上への土砂移動および堆積に関する水理実験

2.1 はじめに

2011年東北地方太平洋沖地震津波では地震および津波の想定が過小評価となり被害が拡大した。このような過小評価の原因としては、既往地震および津波に関する知見が不足していたことが挙げられる。特に津波は発生頻度が低いため、歴史津波に関する資料は極めて限られている。歴史津波を調べる手法としては津波堆積物が有効であるが、津波来襲の有無の判定にのみ使われているのが現状である。しかし、津波堆積物の層厚や粒度分布などは水理量との相関が高いため、津波堆積物に関する調査結果からその堆積物を形成した津波外力を推定することが期待される。そのためには、津波堆積物の形成メカニズムの理解および津波移動床モデルによる再現性の向上が必要となる。

本検討では、砂の粒径、遡上域の勾配、外力を変化させた津波移動床の水理実験を実施し、水理量と津波堆積物の関係を調べ、①遡上距離と堆積物形成距離との関係、②入射波と堆積物の分布の関係、③砂の粒径の相違による堆積物の分布の相違、④単一砂と混合砂による堆積物の分布の相違を明らかにすることを目的として検討を行う。

2.2 実験装置

津波2次元造波水槽を用いて実験を行う。図2-1に実験装置を示す。この水槽は図2-2に示すとおり、水路上流側に設置した水槽に水を溜め、ゲートを急開することにより津波を模擬した入射波を発生させる。堆砂実験は任意の区間に砂を敷き、その砂が段波によりどのように移動するかを把握するものである。

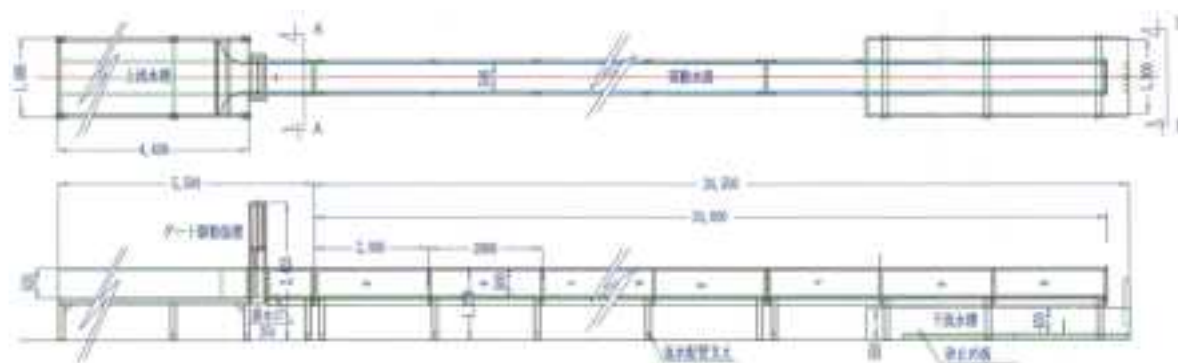


図 2-1 津波堆積物実験装置概要



図 2-2 ゲート急開の状況例

2.3 実験条件

(1) 砂の粒径

対象とする砂は単一粒径および混合砂の両方を対象とする。砂の粒径は3種類として、中央粒径を表 2-1 のとおりにする。また、混合砂の混合比については、表 2-2 のとおりにする。

表 2-1 砂の粒径 (単一砂)

#	対象	粒径 (d ₅₀ :mm)
1	大	0.600
2	中	0.350
3	小	0.165

表 2-2 砂の粒径 (混合砂)

#	対象	混合比 (大 : 中 : 小)
4	混合ケース 1	5 : 3 : 2
5	混合ケース 2	2 : 3 : 5

(2) 入射波

入射波は段波条件となり，図 2-3 から図 2-4 に示すような初期水位差を対象とする．勾配 1/90 における H1 の水位差は 14cm，H2 の水位差は 9cm である．勾配 1/60 における H1 の水位差は 19cm，H2 の水位差は 14cm である．

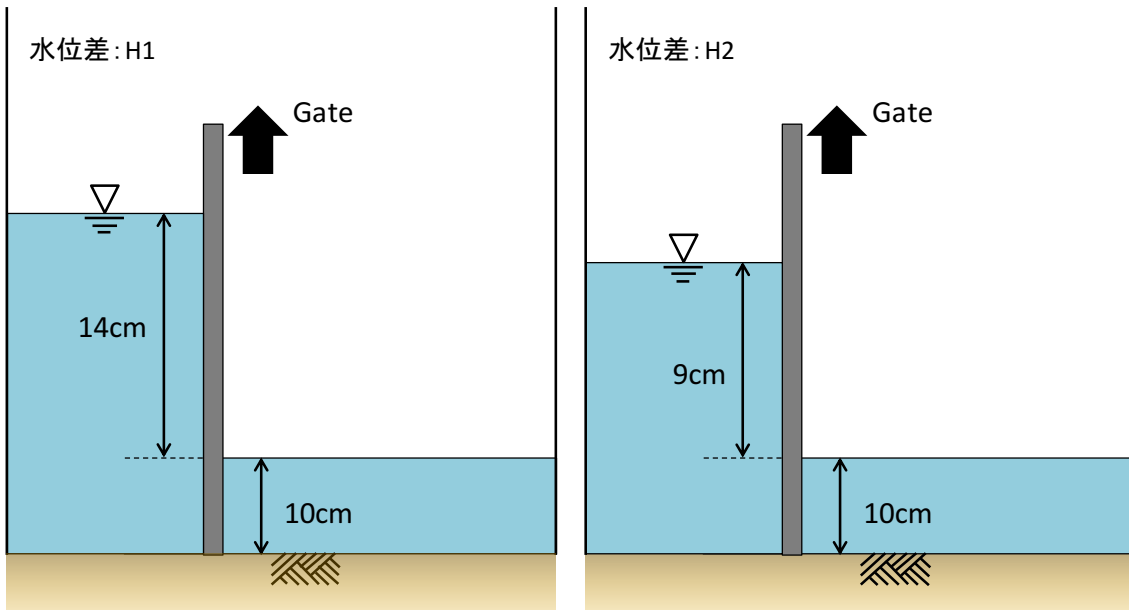


図 2-3 水位条件（勾配 1/90）

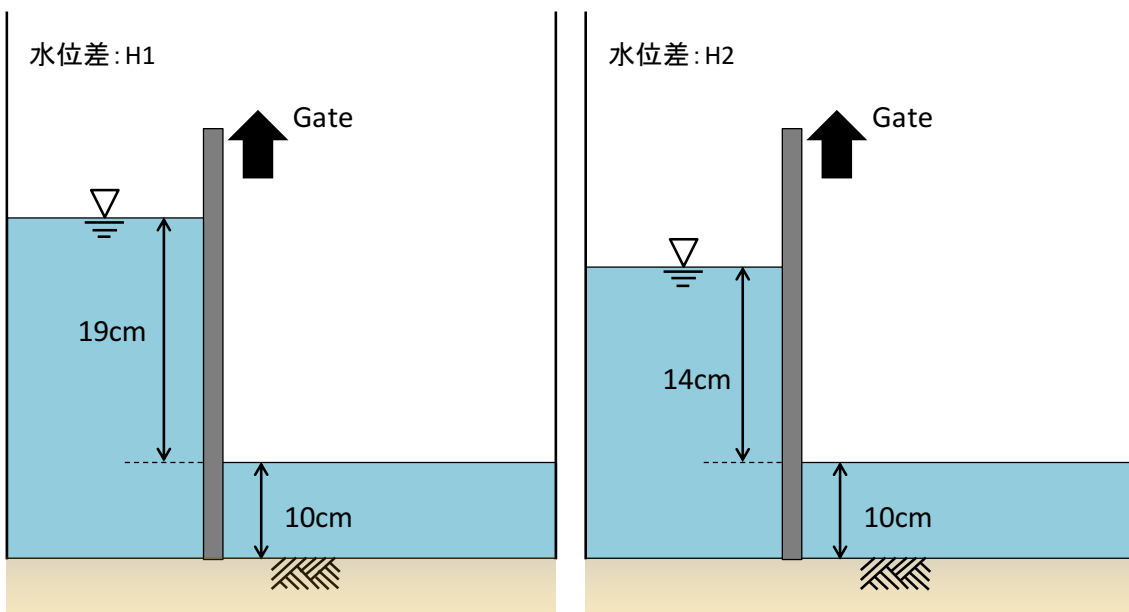


図 2-4 水位条件（勾配 1/60）

(3) 勾配および砂の配置

勾配は図 2-5 に示すとおり，遡上域の勾配を $1/90$ (S1)， $1/60$ (S2) の 2 ケースとする．初期条件として砂が堆積する箇所は， $1/20$ とする．なお，図 2-5 のとおり厚さ 5cm の砂を堆積できるような段差のある勾配として，中に砂を敷き詰めるようにする（図 2-6 参照）．

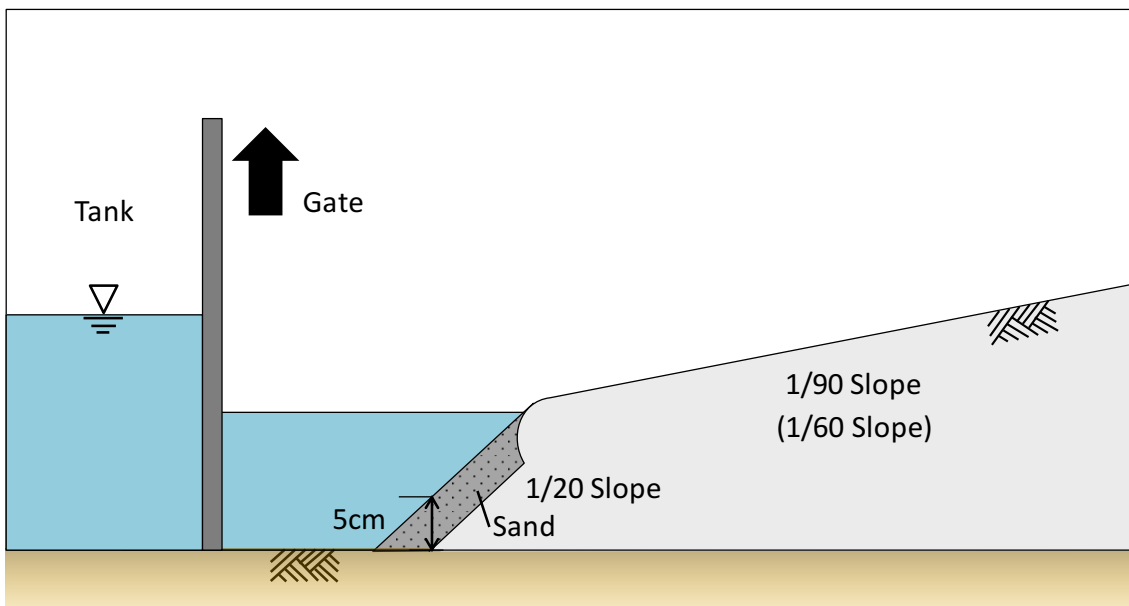


図 2-5 砂の初期条件



図 2-6 砂の初期条件の例

2.4 砂の捕捉方法

入射波の影響により、汀線付近に置いた砂が遡上により移動し、固定床に堆積する。この分布を把握するためには、波が発生した後に反射波の影響を受ける前のものである必要がある。波の反射が生じる前に、砂の状態を固定させるために、図 2-7 に示すようなサンドキャッチャーを遡上域に落として、枠の中の土砂の量や粒径を測定する。なお、サンドキャッチャーは図 2-8 に示すように 20cm×20cm のマス状のものを約 6m の長さ（枠の長さを含む）につなげたものとする。

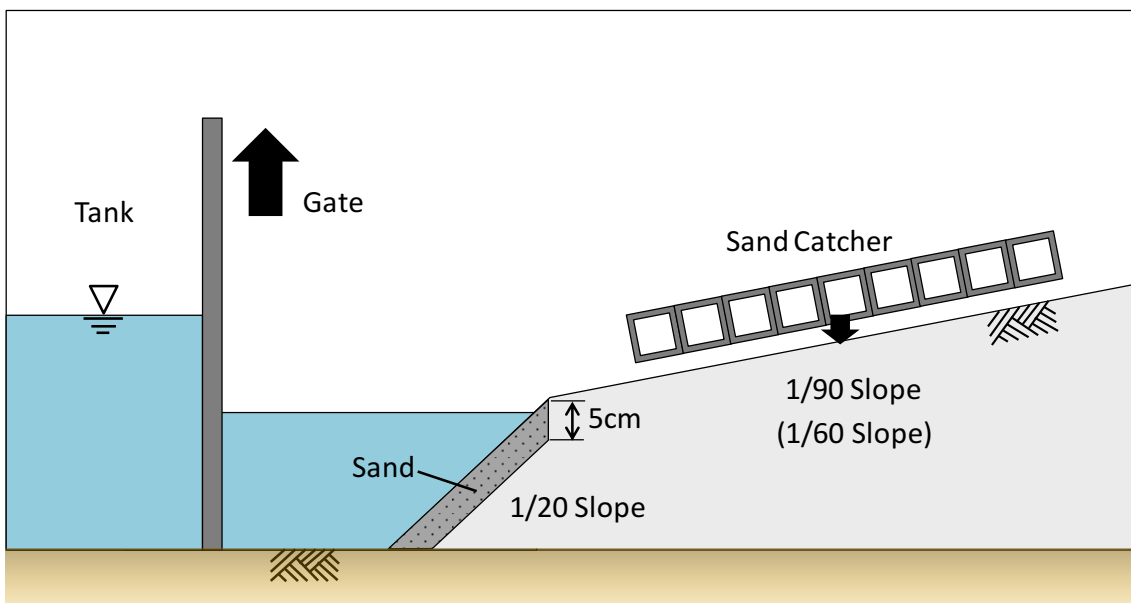


図 2-7 砂の捕捉方法

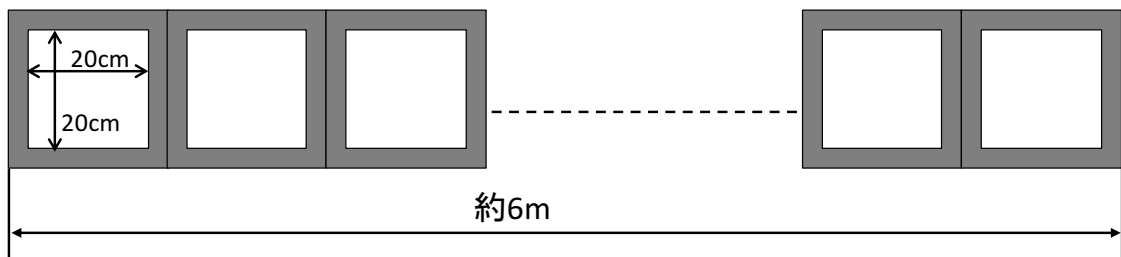


図 2-8 サンドキャッチャー

2.5 実験ケース

水路勾配，入射波高および粒径の組み合わせによる実験ケース一覧を表 2-3 に示す。

表 2-3 実験ケース一覧

No	勾配 s	砂床	入射波 ΔH (cm)	粒径 (d50:mm)		ケース名	備考
1	1/90 (S1)	固定床	14 (H1)	—		S1-H1	各ケース 3 回 実施する。
2			9 (H2)	—		S1-H2	
3		移動床	14 (H1)	単一	0.600 (D1)	S1-H1-D1	各ケース, 3 回 実施する. こ のうち, 1 回を 予備実験とす る。
4					0.350 (D2)	S1-H1-D2	
5					0.165 (D3)	S1-H1-D3	
6				混合	ケース 1 (D4)	S1-H1-D4	
7					ケース 2 (D5)	S1-H1-D5	
8				9 (H2)	単一	0.600 (D1)	
9			0.350 (D2)			S1-H2-D2	
10			0.165 (D3)		S1-H2-D3		
11			混合		ケース 1 (D4)	S1-H2-D4	
12				ケース 2 (D5)	S1-H2-D5		
13	1/60 (S2)	固定床	19 (H1)	—		S2-H1	各ケース 3 回 実施する。
14			14 (H2)	—		S2-H2	
15		移動床	19 (H1)	単一	0.600 (D1)	S2-H1-D1	各ケース, 3 回 実施する. こ のうち, 1 回を 予備実験とす る。
16					0.350 (D2)	S2-H1-D2	
17					0.165 (D3)	S2-H1-D3	
18				混合	ケース 1 (D4)	S2-H1-D4	
19					ケース 2 (D5)	S2-H1-D5	
20				14 (H2)	単一	0.600 (D1)	
21			0.350 (D2)			S2-H2-D2	
22			0.165 (D3)		S2-H2-D3		
23			混合		ケース 1 (D4)	S2-H2-D4	
24				ケース 2 (D5)	S2-H2-D5		

2.6 実験方法

砂の堆砂実験は、水路上流側に設置した水槽に水を溜め、ゲートを急開することにより津波を模擬した入射波を発生させる。水路内に砂床区間を設け、水路下流側に設置した斜面に砂を堆積させる。それぞれの実験の方法について以下に示す。

なお、実験は固定床（予備実験）および移動床（本実験）の2種類を行う。以下に実験内容および測定項目を示す。

(1) 固定床による予備実験

堆積範囲、粒径分布を検討する実験を行うに先立って、遡上範囲および岸沖方向の流速分布把握するための予備実験を行う。基本とする勾配に対して、各地点で流速および遡上先端位置の計測を行う。

流速の測定は、図 2-9 に示すとおり 6 箇所で行う。また、汀線直下流にはせん断力計を水路下部に設置して、流速を測定できるようにしておく。

遡上範囲は図 2-10 に示すとおり、目視、ビデオ撮影および遡上跡の状態により測定する。

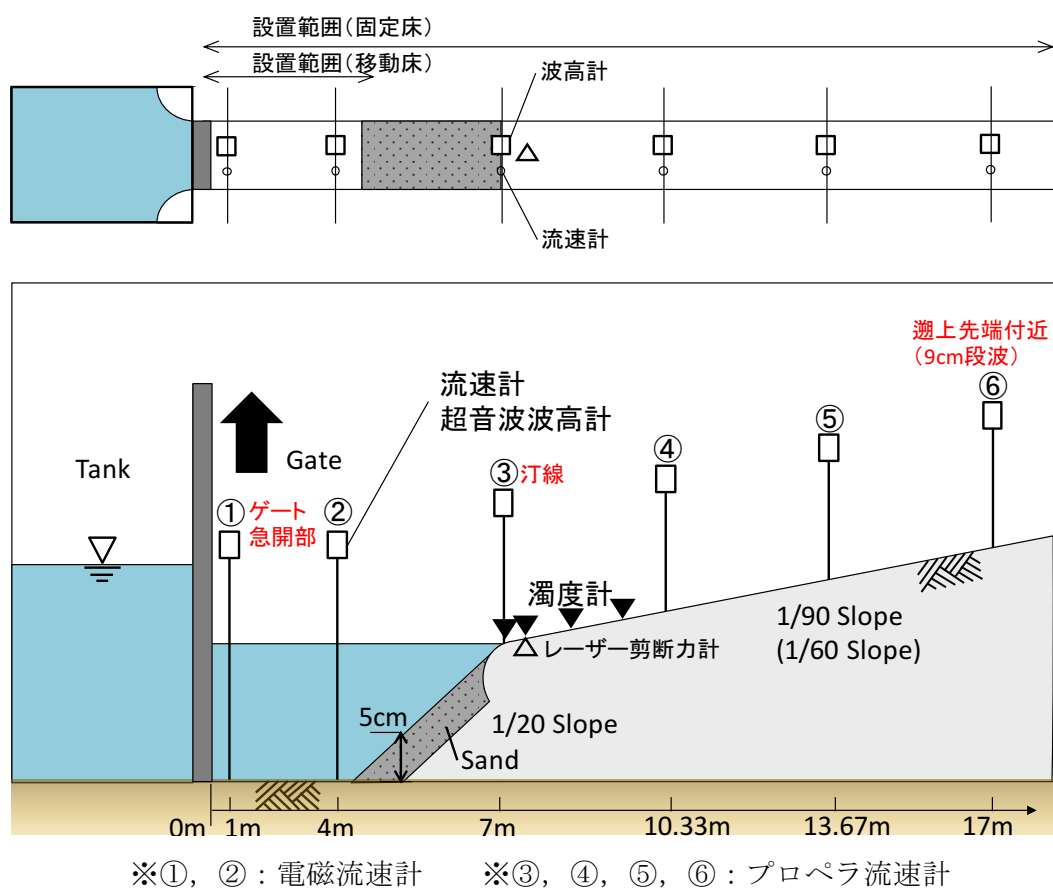


図 2-9 計測器装置位置

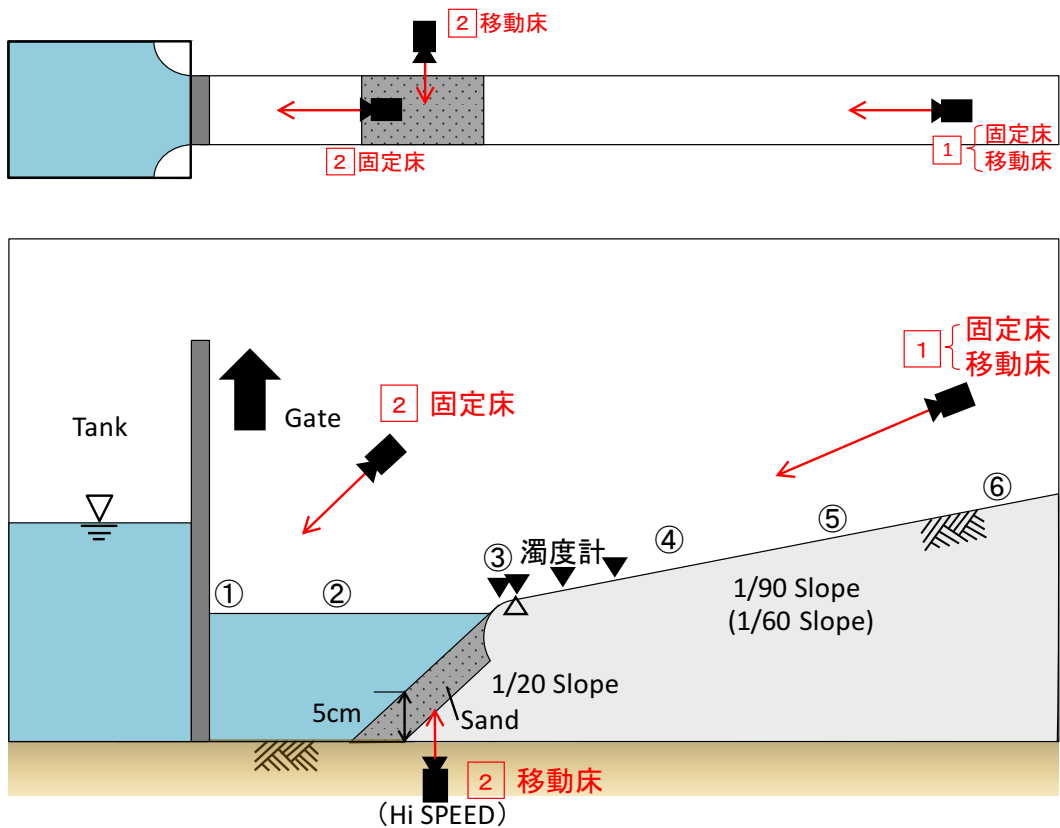


図 2-10 カメラ設置位置

(2) 移動床実験における計測

予備実験で得られた遡上範囲に対して、砂がどの程度の範囲で広がるかを確認するために、移動床で複数ケースの実験を行う。その際、砂が津波によりどの程度遡上するかを把握するため、初期水位の条件や粒径の違いによる堆積範囲の違いを考察し、傾向を把握する。また、混合砂の実験では、遡上範囲で粒径分布が異なると考えられる。各地点における粒径分布を把握して、初期水位や遡上位置と粒径分布の考察を行う。

水位と流速の測定は、主要な箇所については、移動床実験を行う場合も測定を行う。さらに、遡上域周辺の土砂の移動状況を把握するために、濁度の測定を行う。濁度は図 2-11 に示すとおり、汀線直上、汀線から 0.2m, 1.0m, 1.8m の位置に 4 箇所設定して、時間変化を測定する。

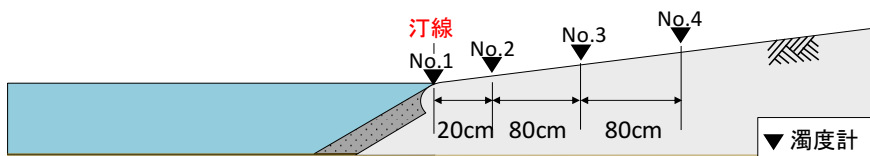


図 2-11 濁度計位置

(3) 移動床実験における堆積砂の分布の計測

汀線付近に設置した砂が波により岸側へ移動して堆積する。この堆積砂の分布状態、量および粒径分布を計測するために、図 2-8 に示すようなサンドキャッチャーを用いる。この装置は、段波発生後、反射波が形成されるまえに遡上域に瞬時にサンドキャッチャーをかぶせるようにする。これにより、各マス (20cm×20cm) の中にある砂を採取して、量および粒径分布 (混合砂の場合) を計測する。また、岸沖方向の量を各マスで測定して分布状態を求める。

(4) 砂の採取方法

サンドキャッチャーのマスに入った砂を採取する。採取した砂はそれぞれ別途の試料として、次に示す粒度分析を行うとともに、マスにある砂の乾燥重量を計測する。

(5) 粒度分析

各試料をふるい試験に基づき粒度分析を行う。使用するふるいは、粒径大、中、小砂の粒度分布 (図 2-12) から判断して、0.212mm と 0.425mm とした。回収した砂を乾燥炉で 24 時間乾燥した後、ふるい試験機に投入しふるい分し、ふるいおよび、受け皿に残った砂の重量を計測単位 0.01g の電子計測器で計測する。ふるい試験は各実験ケースあたり 1 サンプルとする。

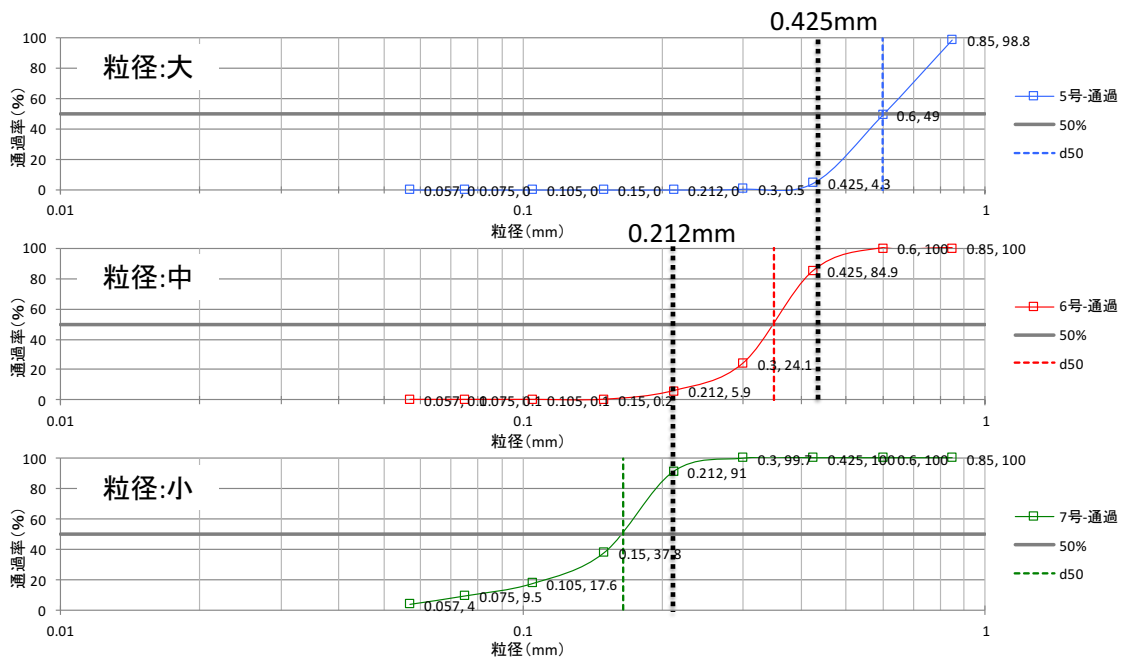


図 2-12 実験で用いた砂の粒径成分

2.7 実験結果

以下に実験計測結果を示す。水位・流速および濁度の時刻歴のグラフは、同一の実験条件で計測した結果の代表値である。

(1) 水位・流速の計測結果（勾配 1/90）

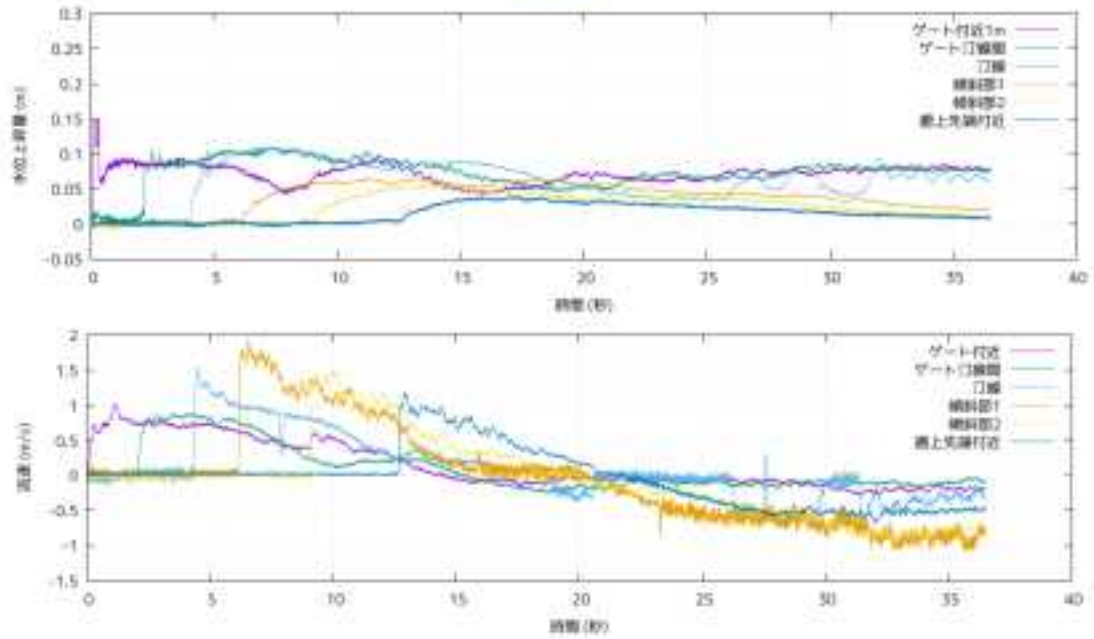


図 2-13 計測値（水位・流速，勾配 1/90，入射波 14cm）

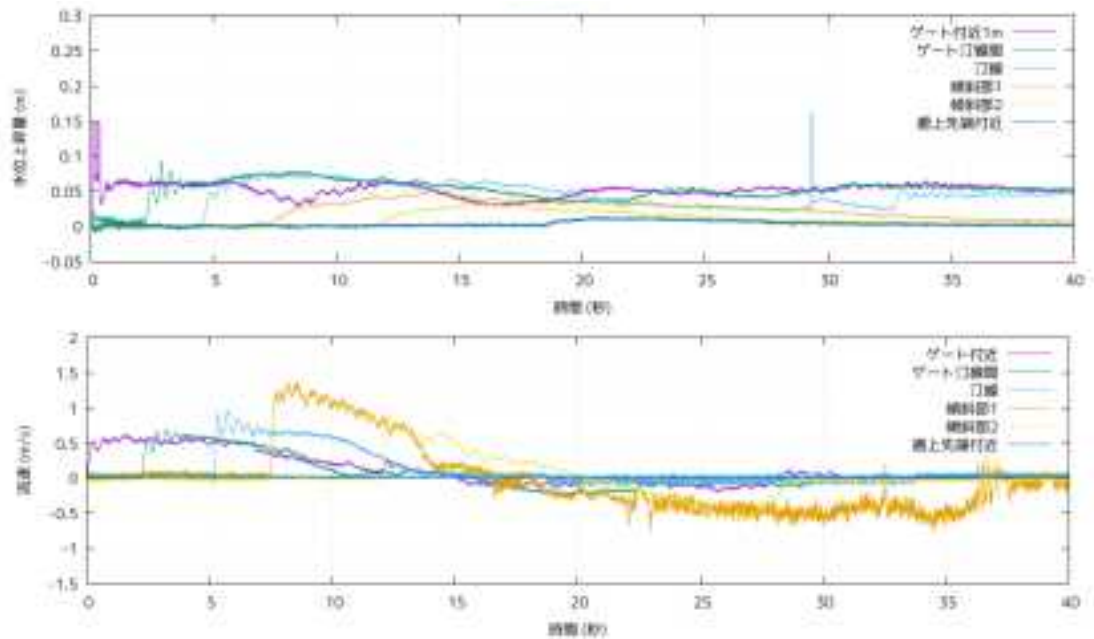


図 2-14 計測値（水位・流速，勾配 1/90，入射波 9cm）

(2) 水位・流速の計測結果 (勾配 1/60)

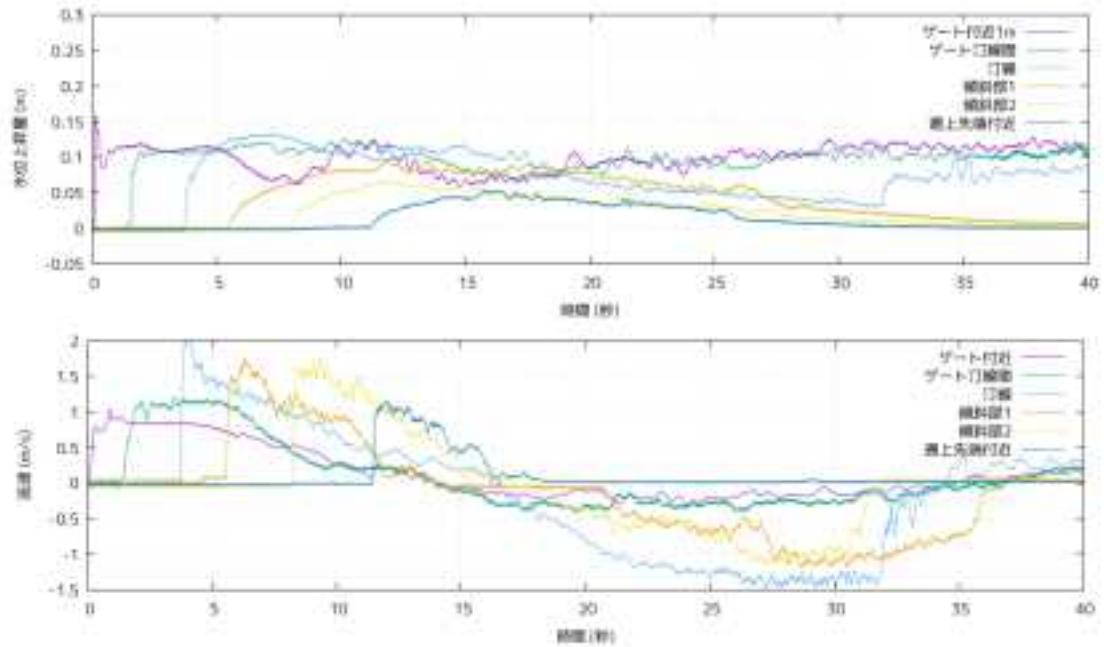


図 2-15 計測値 (水位・流速, 勾配 1/60, 入射波 19cm)

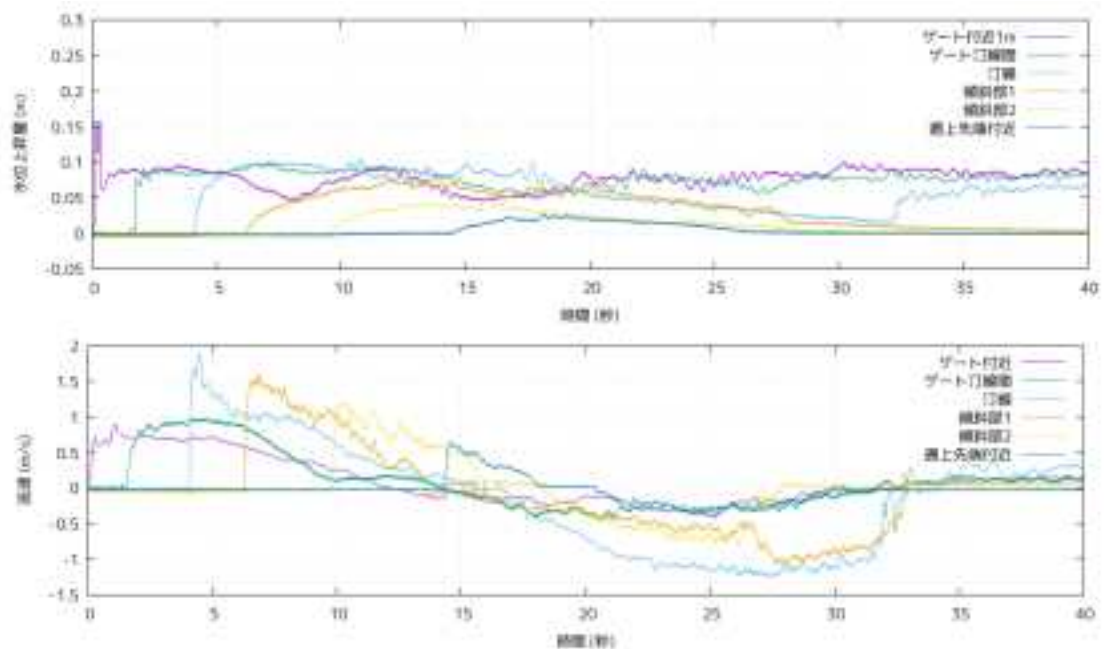


図 2-16 計測値 (水位・流速, 勾配 1/60, 入射波 14cm)

(3)移動床実験における遡上範囲と砂の到達範囲の計測結果 (勾配 1/90)

表 2-4 遡上範囲とサンドキャッチャー投下位置 (勾配 1/90)

粒径	段波条件	ケース名	サンドキャッチャー 投下位置 (ゲートからの距離 m)		遡上範囲 (ゲートからの距離 m)	
			下端	上端	水	砂
単一粒径 (大)	大 (14cm)	S1-H1-D1	11.0	17.0	22.0	17.0
	小 (9cm)	S1-H2-D1	9.0	15.0	17.5	14.8
単一粒径 (中)	大 (14cm)	S1-H1-D2	12.0	18.0	22.0	19.0
	小 (9cm)	S1-H2-D2	9.0	15.0	17.5	16.0
単一粒径 (小)	大 (14cm)	S1-H1-D3	13.0	19.0	22.0	22.0
	小 (9cm)	S1-H2-D3	9.0	15.0	17.5	17.5
混合粒径 ケース 1	大 (14cm)	S1-H1-D4	12.0	18.0	22.0	22.0
	小 (9cm)	S1-H2-D4	9.0	15.0	17.5	17.5
混合粒径 ケース 2	大 (14cm)	S1-H1-D5	12.0	18.0	22.0	22.0
	小 (9cm)	S1-H2-D5	9.0	15.0	17.5	17.5

(4) 移動床実験における水位・流速・濁度の計測結果 (勾配 1/90)

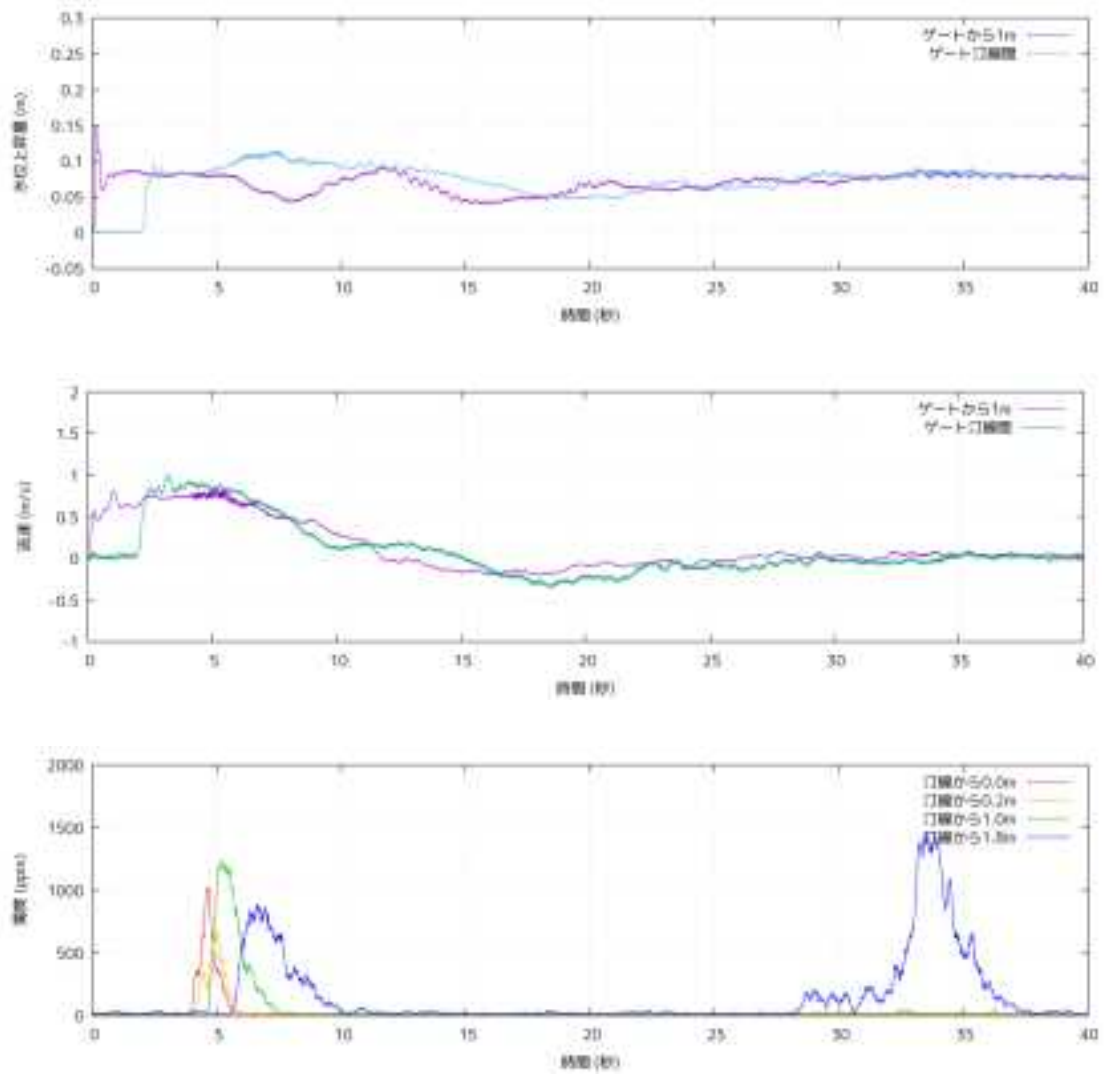


図 2-17 計測値 (水位・流速・濁度, 勾配 1/90, 入射波 14cm, 粒径 (大))

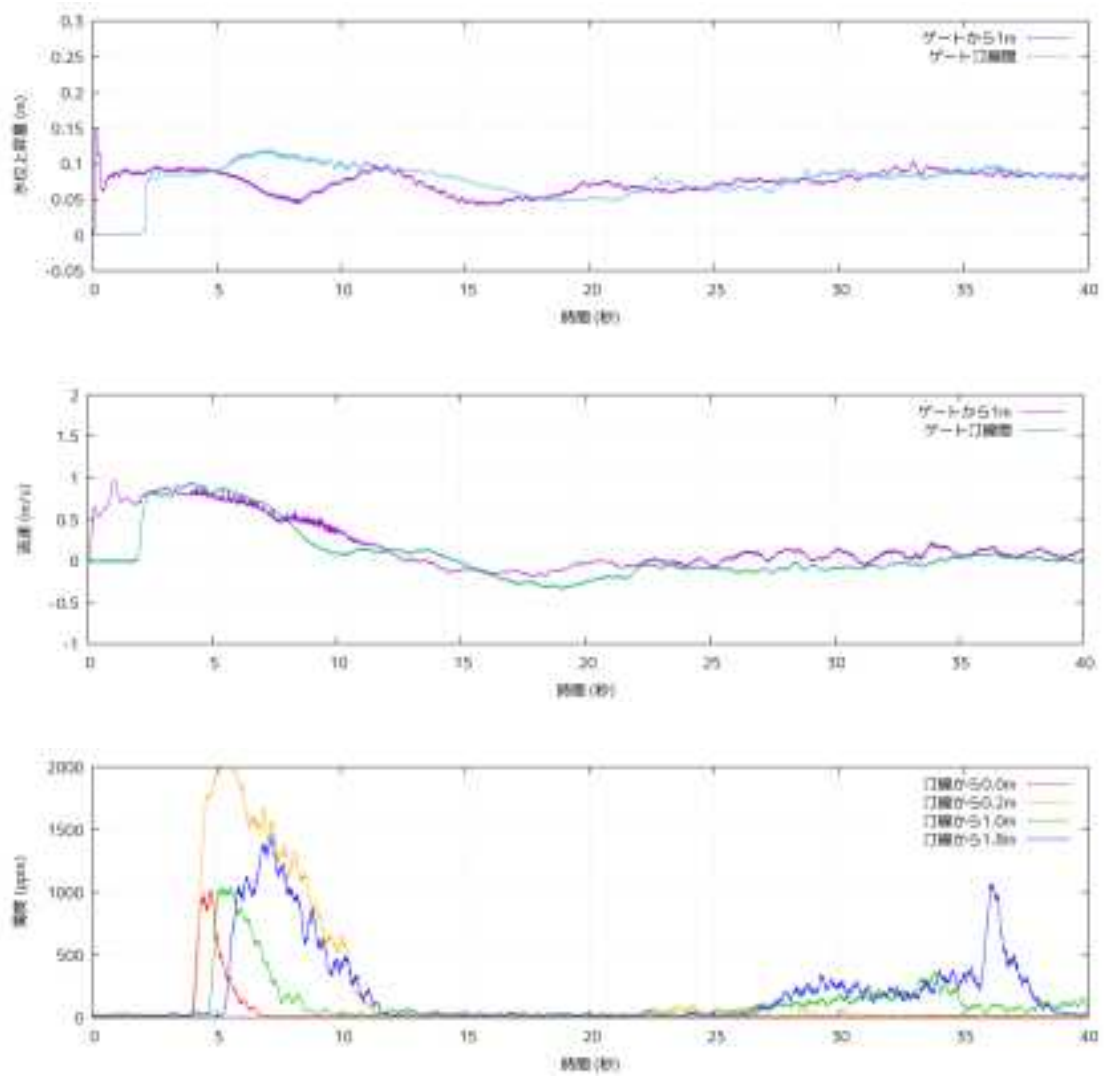


図 2-18 計測値（水位・流速・濁度，勾配 1/90，入射波 14cm，粒径（中））

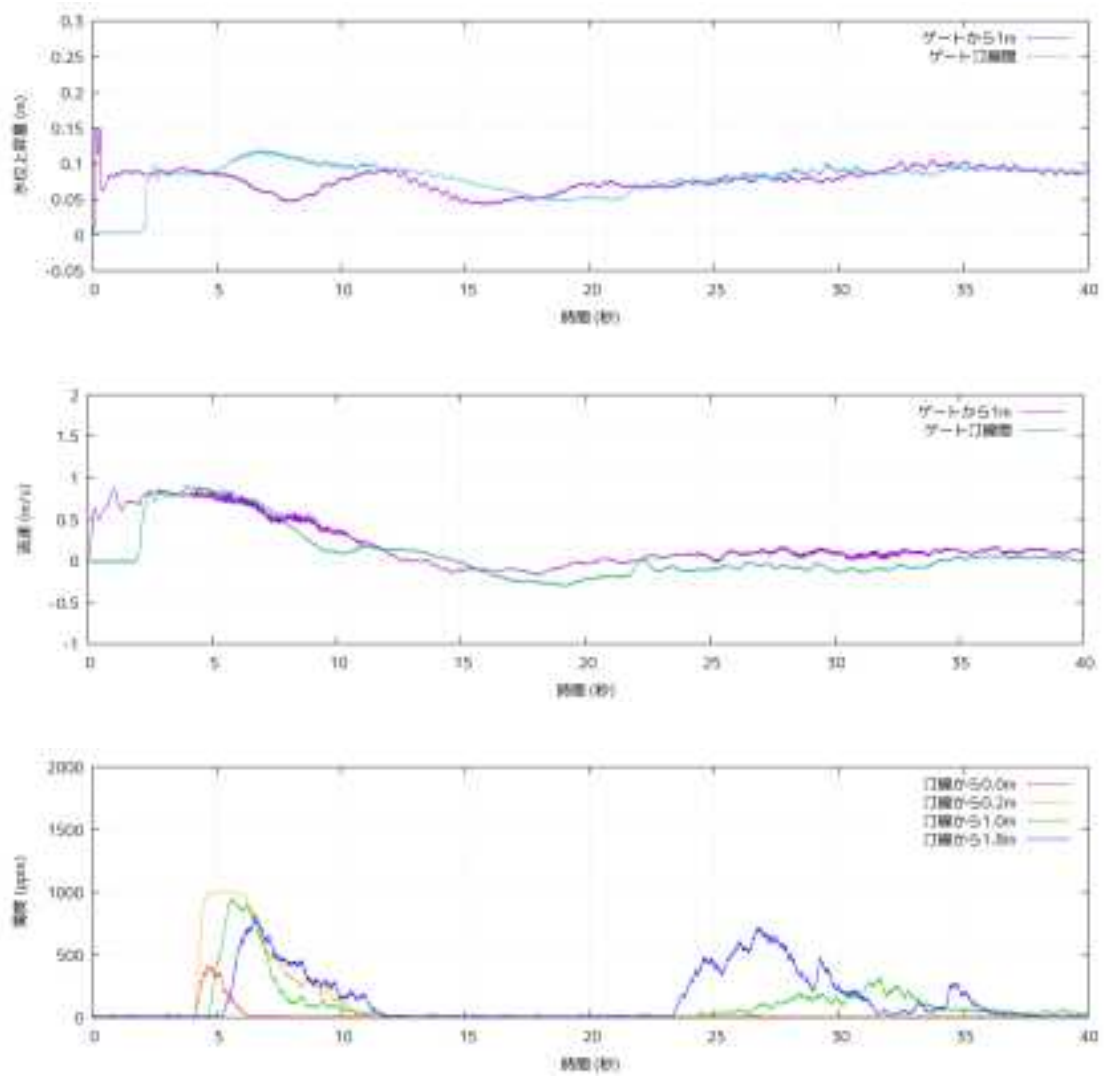


図 2-19 計測値（水位・流速・濁度，勾配 1/90，入射波 14cm，粒径（小））

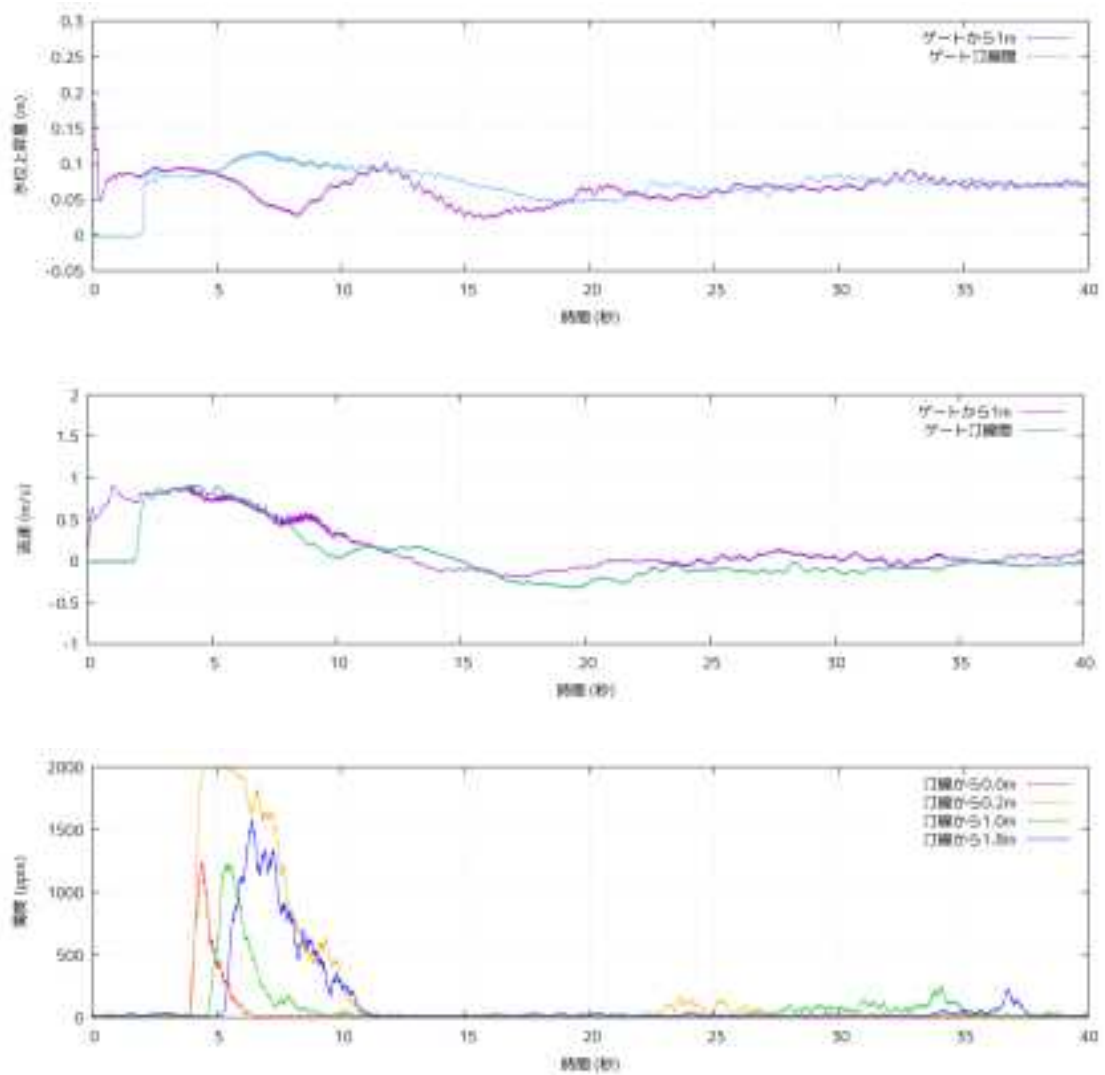


図 2-20 計測値（水位・流速・濁度，勾配 1/90，
入射波 14cm，粒径：混合砂（ケース 1））

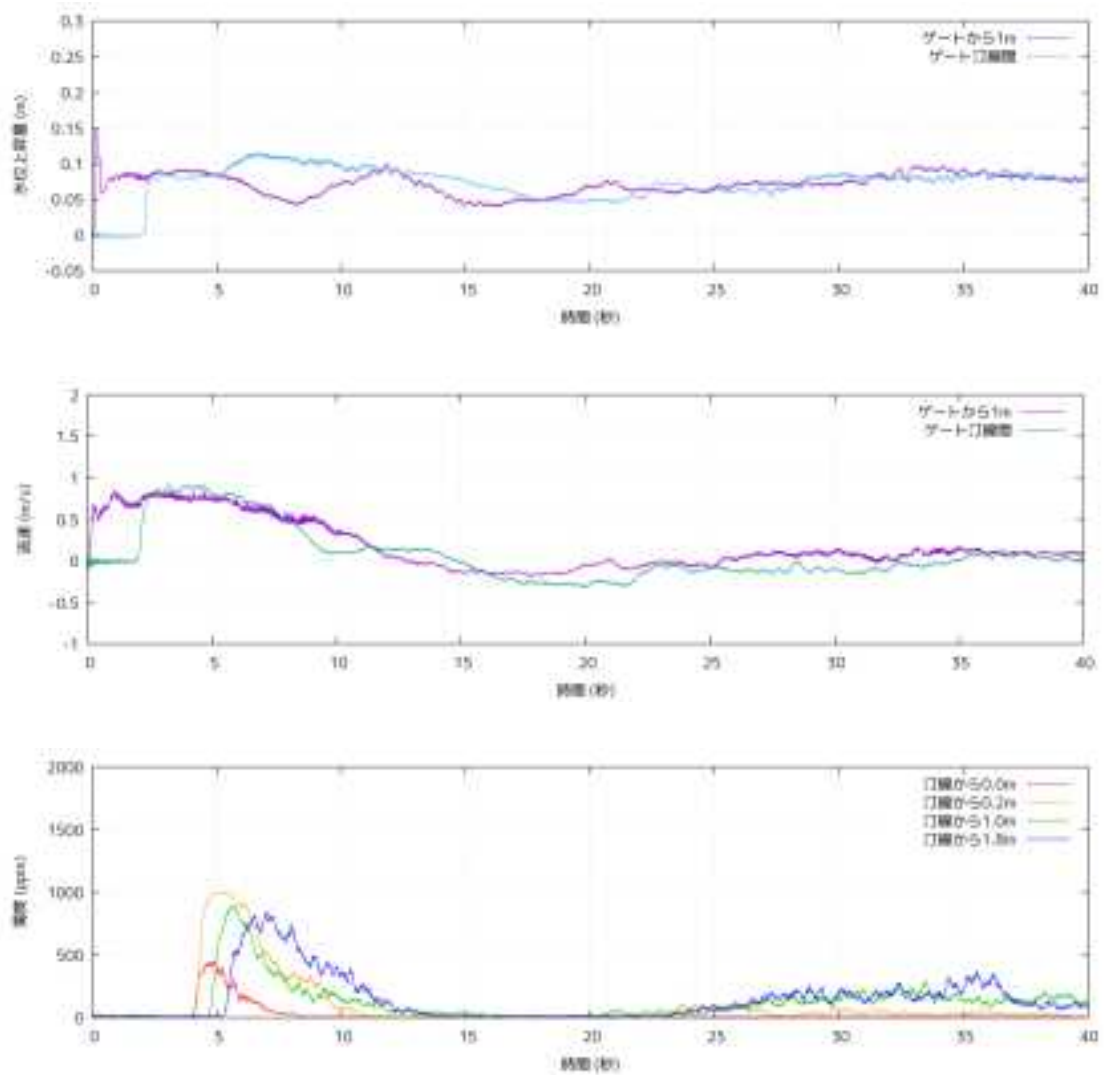


図 2-21 計測値（水位・流速・濁度，勾配 1/90，
入射波 14cm，粒径：混合砂（ケース 2））

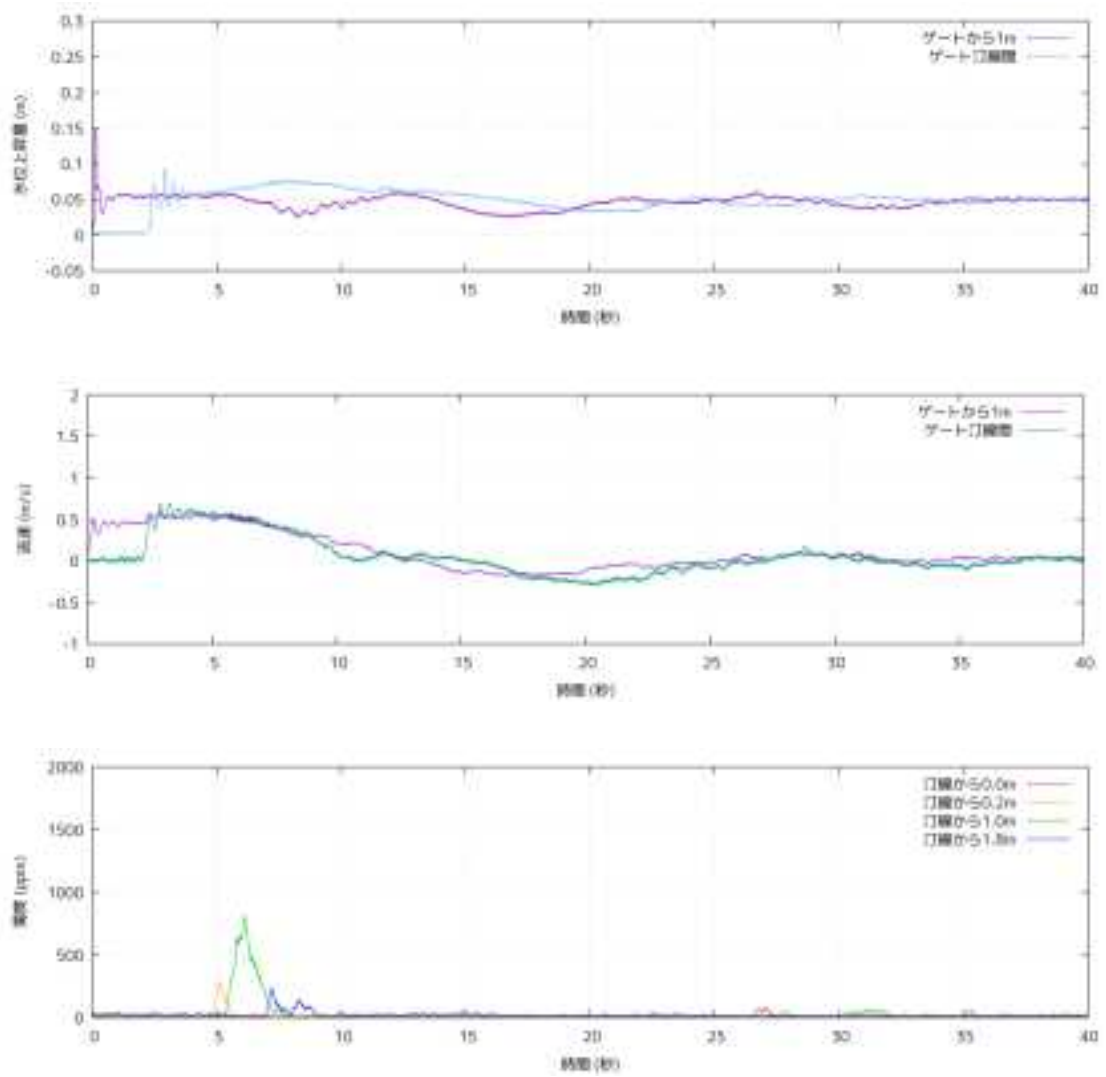


図 2-22 計測値（水位・流速・濁度，勾配 1/90，入射波 9cm，粒径（大））

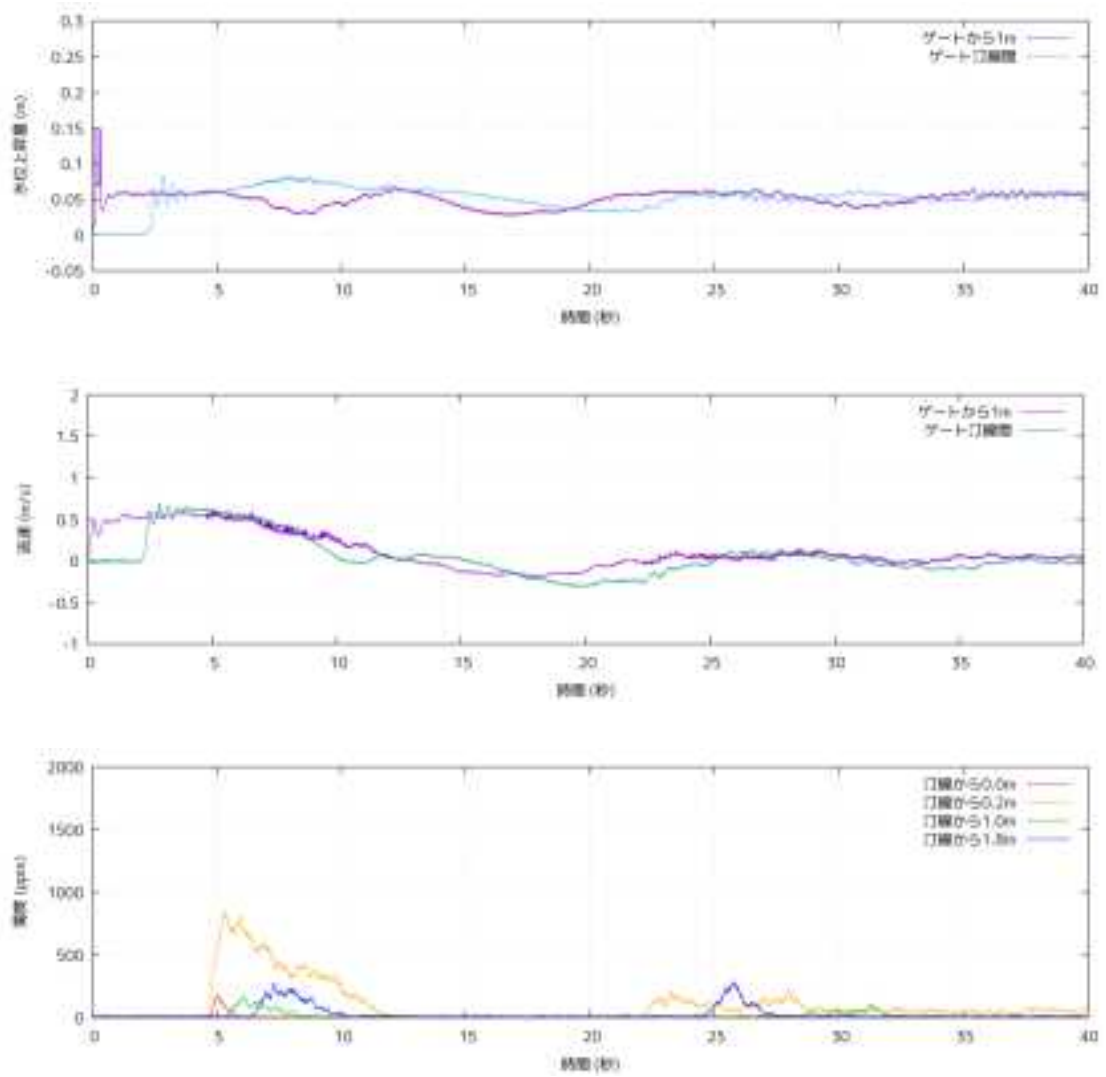


図 2-23 計測値（水位・流速・濁度，勾配 1/90，入射波 9cm，粒径（中））

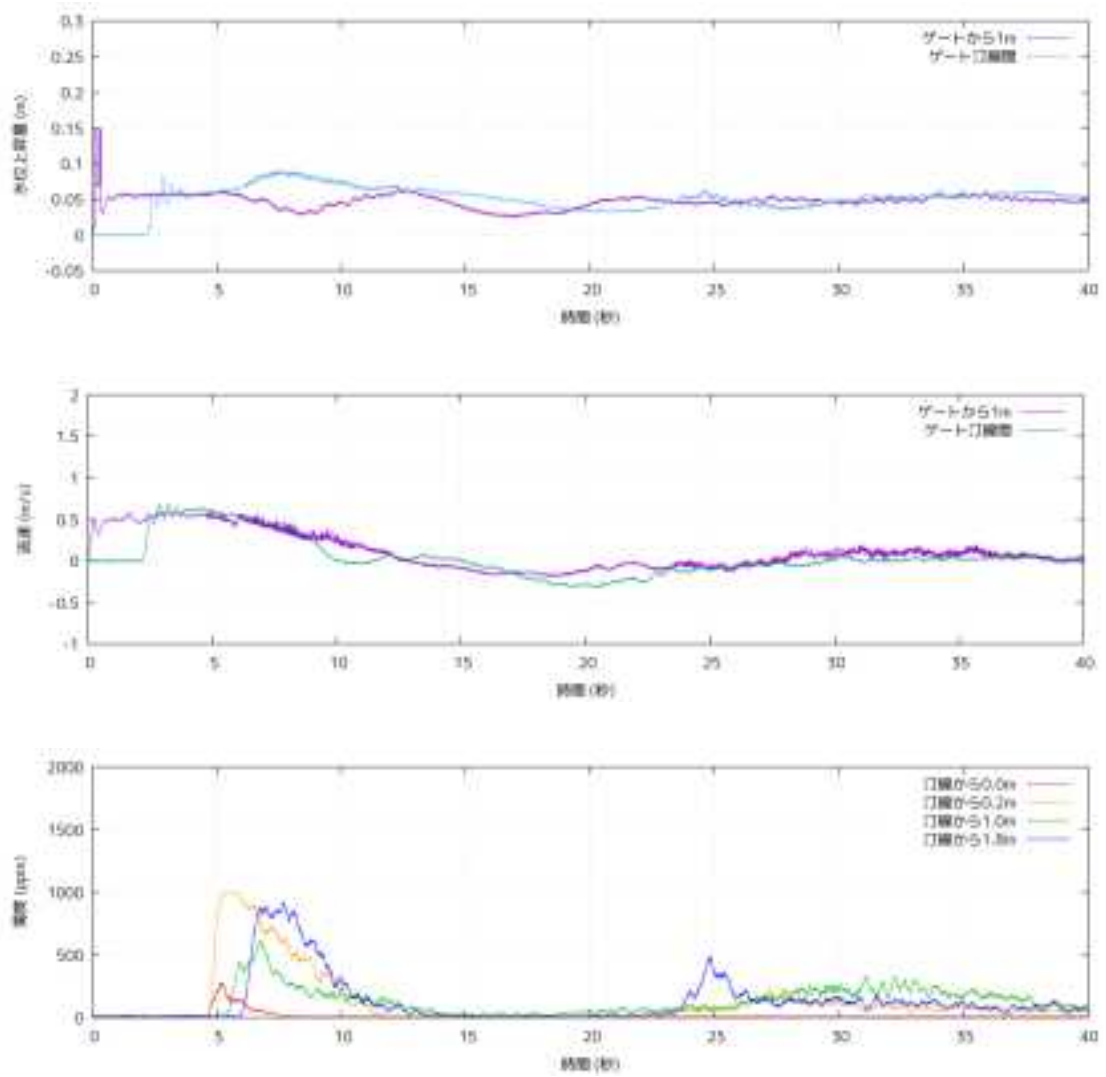


図 2-24 計測値（水位・流速・濁度，勾配 1/90，入射波 9cm，粒径（小））

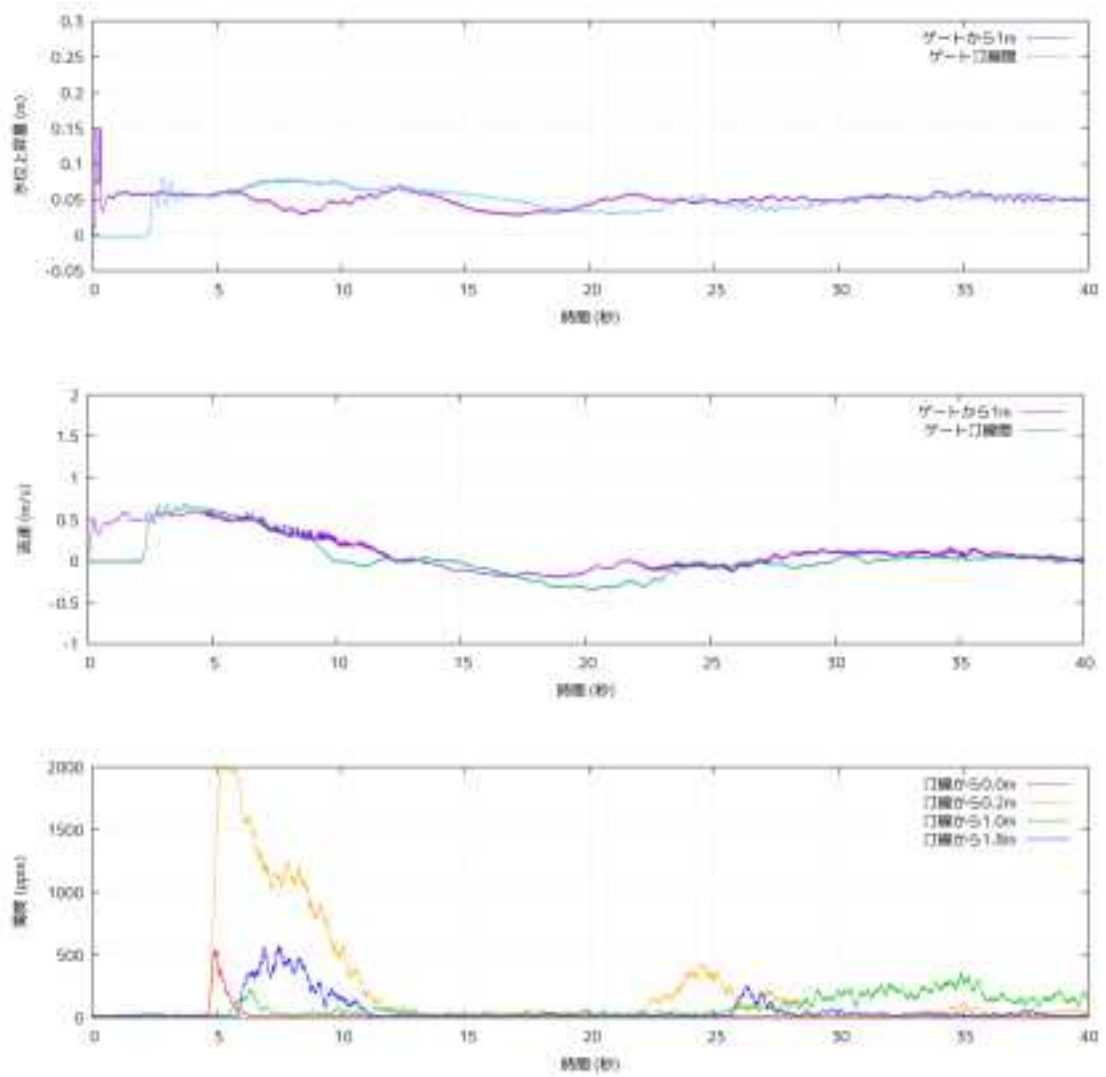


図 2-25 計測値 (水位・流速・濁度, 勾配 1/90, 入射波 9cm, 粒径: 混合砂 (ケース 1))

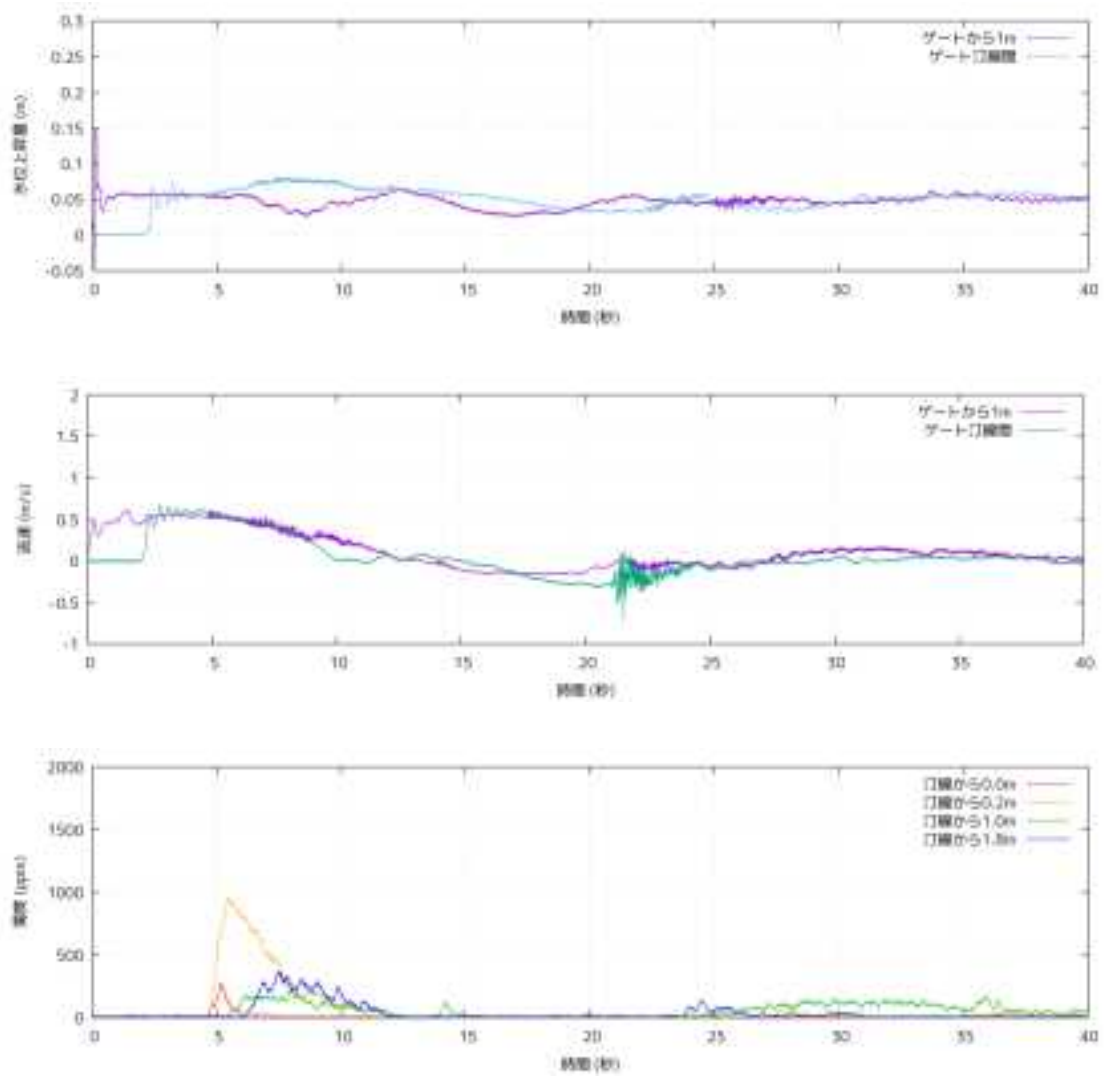


図 2-26 計測値 (水位・流速・濁度, 勾配 1/90, 入射波 9cm, 粒径: 混合砂 (ケース 2))

(5) 移動床実験における移動砂量の計測結果 (勾配 1/90)

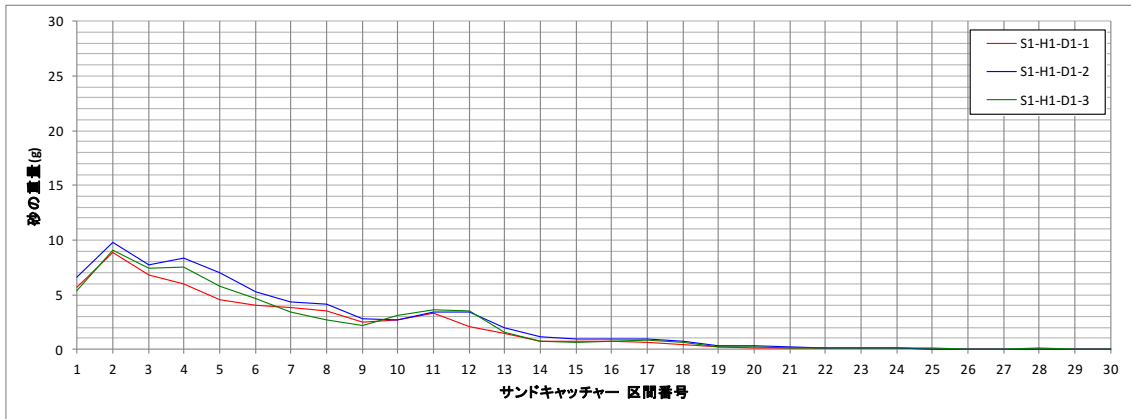


図 2-27 移動砂量 (勾配 1/90, 入射波 14cm, 粒径 (大))

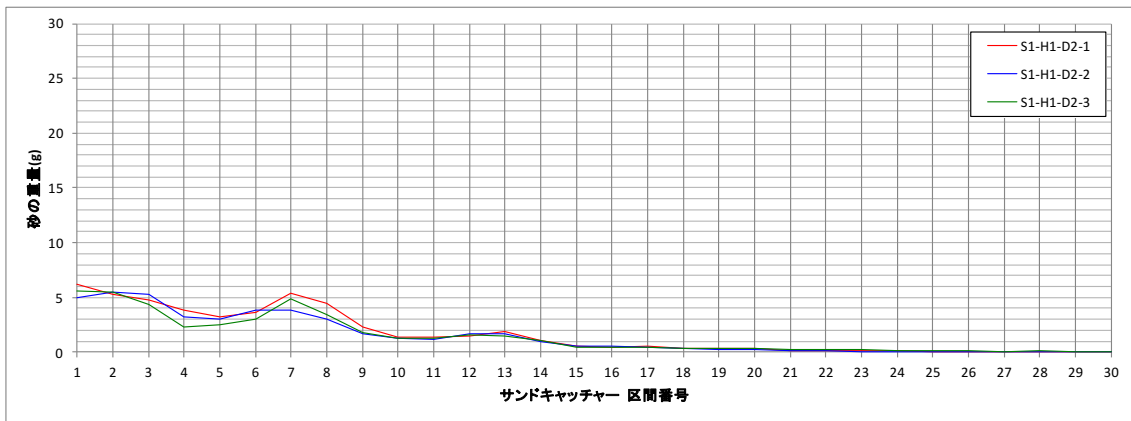


図 2-28 移動砂量 (勾配 1/90, 入射波 14cm, 粒径 (中))

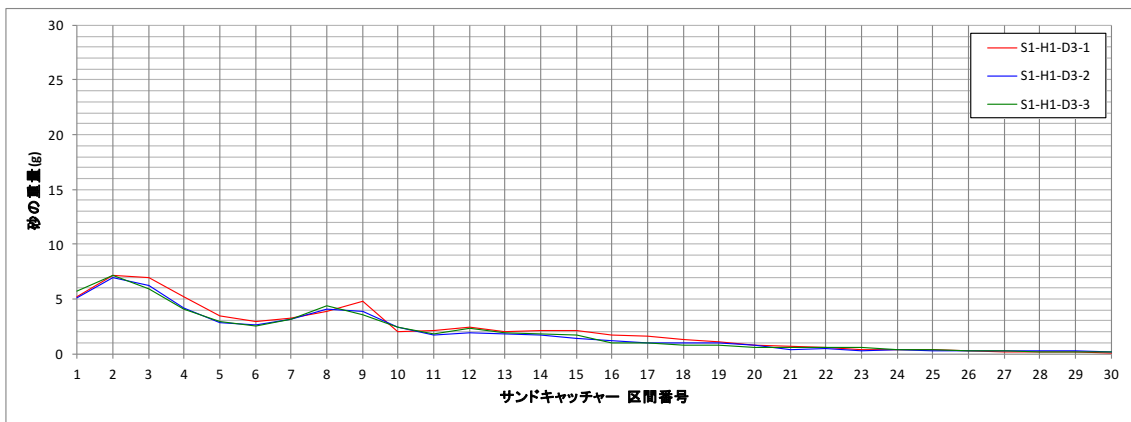


図 2-29 移動砂量 (勾配 1/90, 入射波 14cm, 粒径: 単一砂 (小))

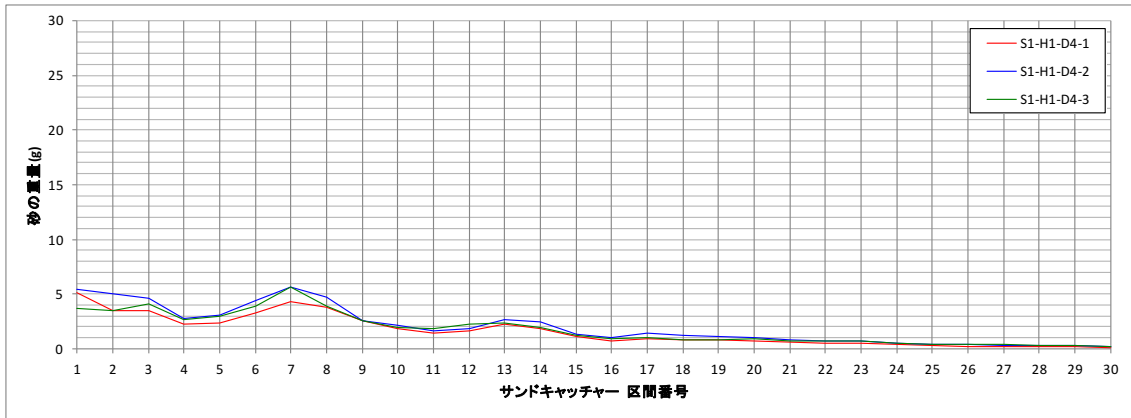


図 2-30 移動砂量 (勾配 1/90, 入射波 14cm, 粒径: 混合砂 (ケース 1))

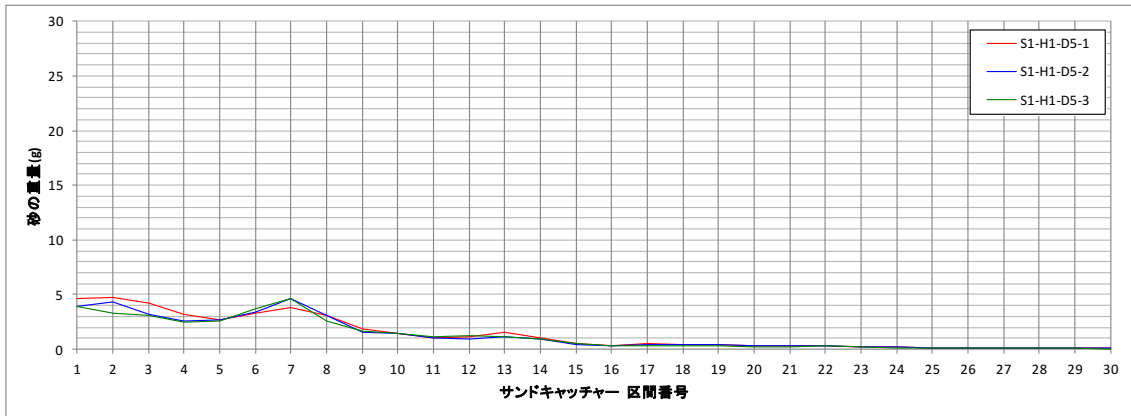


図 2-31 移動砂量 (勾配 1/90, 入射波 14cm, 粒径: 混合砂 (ケース 2))

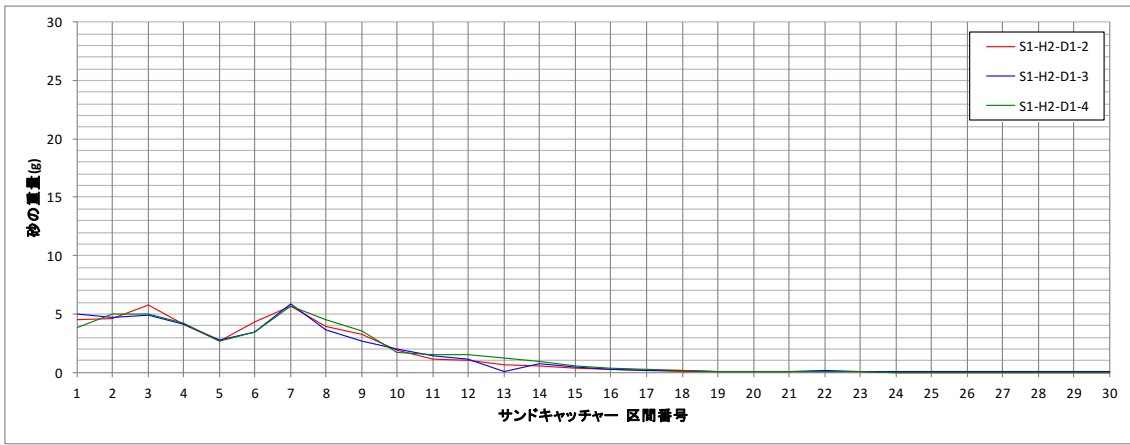


図 2-32 移動砂量 (勾配 1/90, 入射波 9cm, 粒径 (大))

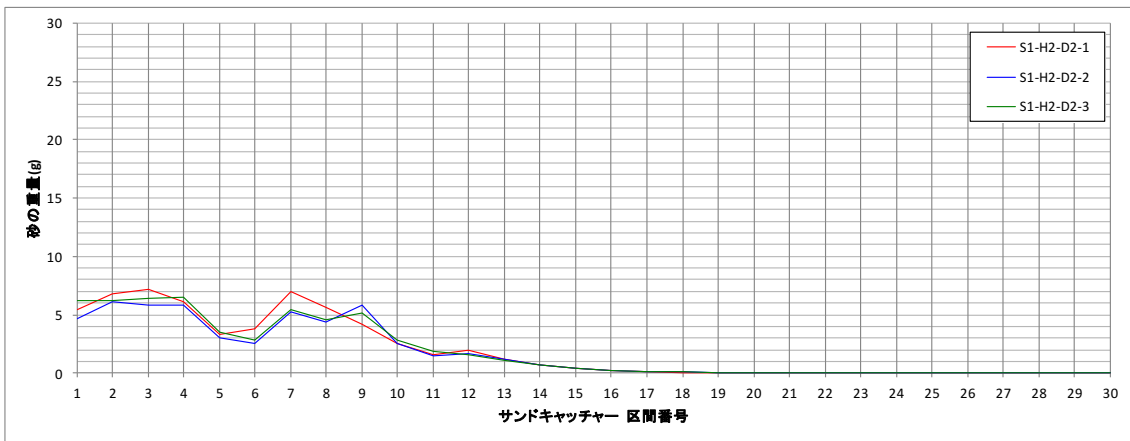


図 2-33 移動砂量 (勾配 1/90, 入射波 9cm, 粒径 (中))

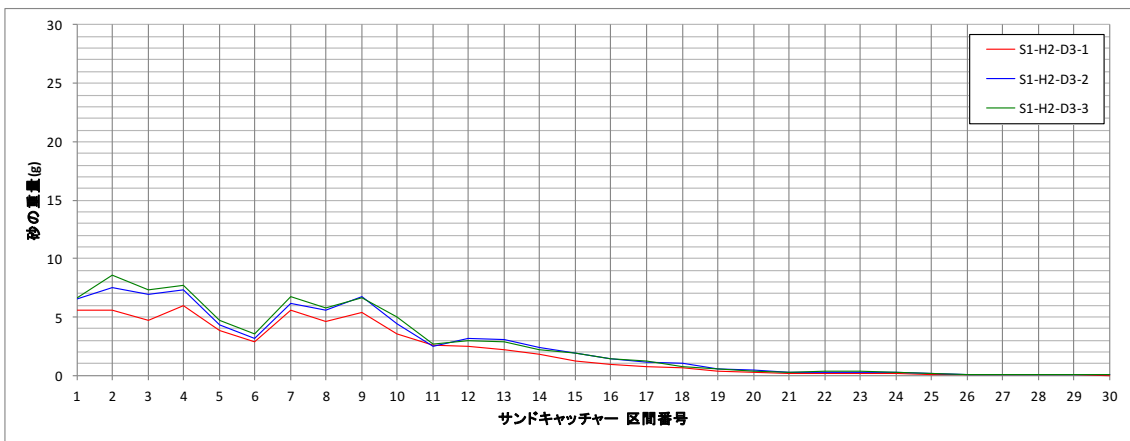


図 2-34 移動砂量 (勾配 1/90, 入射波 9cm, 粒径: 単一砂 (小))

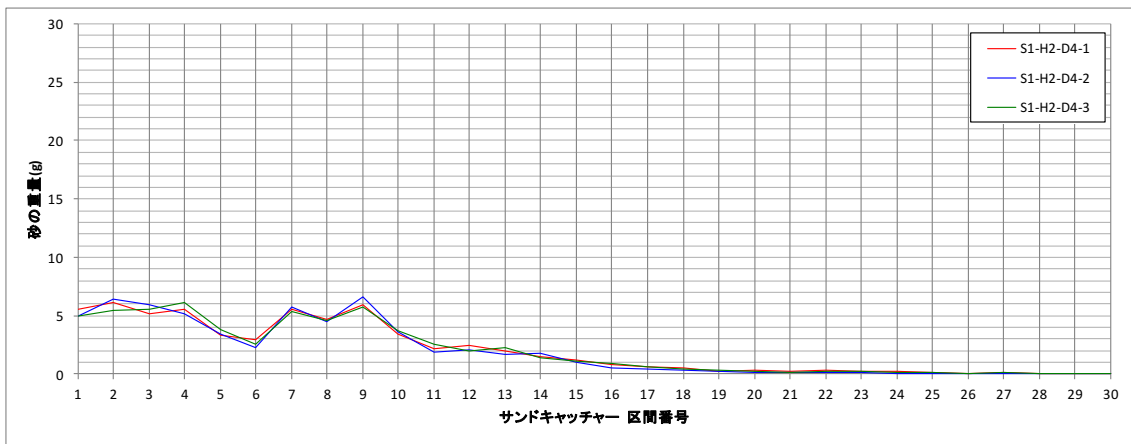


図 2-35 移動砂量 (勾配 1/90, 入射波 9cm, 粒径: 混合砂 (ケース 1))

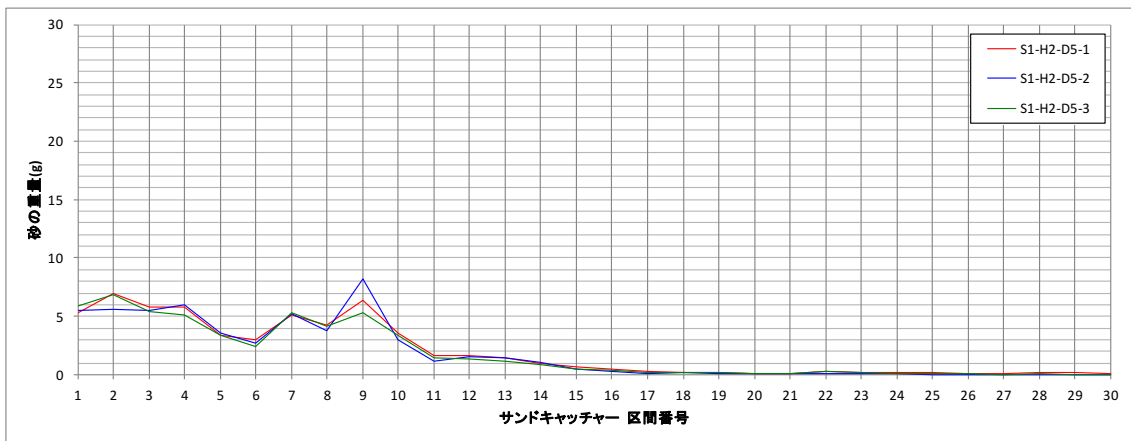
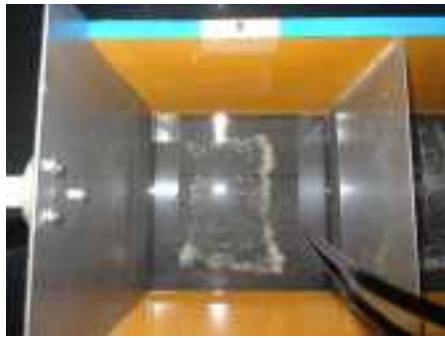


図 2-36 移動砂量 (勾配 1/90, 入射波 9cm, 粒径: 混合砂 (ケース 2))

(6) 移動床実験におけるサンドキャッチャー写真 (勾配 1/90)

勾配 1/90 の各実験ケースにおいてサンドキャッチャーで捕捉した砂の様子を, 図 2-37 から図 2-46 に示す. ここでは一例として, 区間 No1, 10, 20, 30 の写真を示す.



No.1



No.10



No.20



No.30

図 2-37 勾配 1/90, 入射波 14cm, 粒径 (大)



No.1



No.10

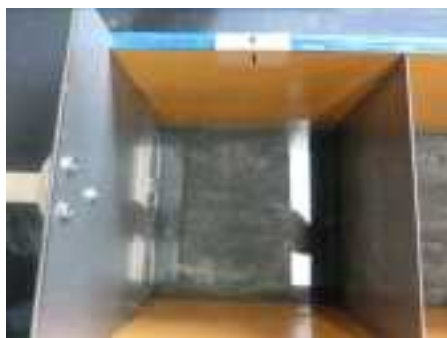


No.20



No.30

图 2-38 勾配 1/90, 入射波 14cm, 粒径 (中)



No.1



No.10



No.20



No.30

图 2-39 勾配 1/90, 入射波 14cm, 粒径 (小)



No.1



No.10



No.20



No.30

図 2-40 勾配 1/90, 入射波 14cm, 粒径: 混合砂 (ケース 1)



No.1



No.10



No.20



No.30

図 2-41 勾配 1/90, 入射波 14cm, 粒径: 混合砂 (ケース 2)



No.1



No.10



No.20



No.30

图 2-42 勾配 1/90, 入射波 9cm, 粒径 (大)



No.1



No.10

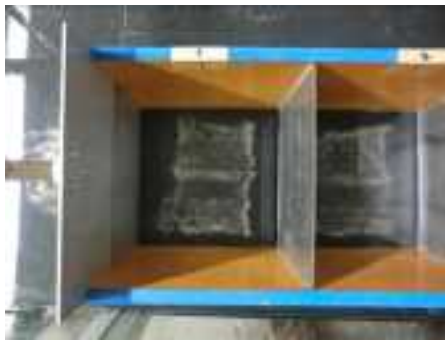


No.20

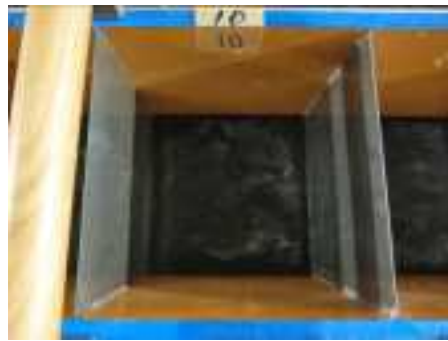


No.30

图 2-43 勾配 1/90, 入射波 9cm, 粒径 (中)



No.1



No.10



No.20

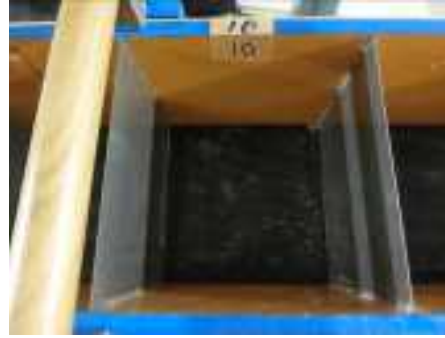


No.30

图 2-44 勾配 1/90, 入射波 9cm, 粒径 (小)



No.1



No.10



No.20



No.30

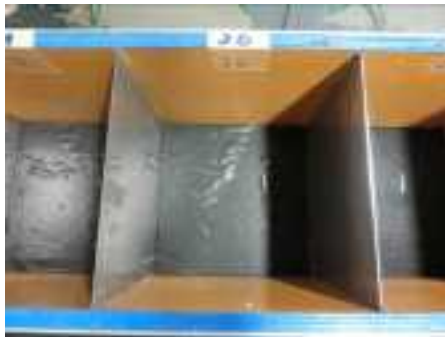
図 2-45 勾配 1/90, 入射波 9cm, 粒径: 混合砂 (ケース 1)



No.1



No.10



No.20



No.30

図 2-46 勾配 1/90, 入射波 9cm, 粒径：混合砂 (ケース 2)

(7) 移動床実験における遡上範囲と砂の到達範囲の計測結果 (勾配 1/60)

表 2-5 遡上範囲とサンドキャッチャー投下位置 (勾配 1/60)

粒径	段波条件	ケース名	サンドキャッチャー 投下位置 (ゲートからの距離 m)		遡上範囲 (ゲートからの距離 m)	
			下端	上端	水	砂
単一粒径 (大)	大 (19cm)	S2-H1-D1	12.0	18.0	22.5	19.0
	小 (14cm)	S2-H2-D1	9.0	15.0	19.5	17.2
単一粒径 (中)	大 (19cm)	S2-H1-D2	12.0	18.0	22.5	20.0
	小 (14cm)	S2-H2-D2	9.0	15.0	19.5	17.5
単一粒径 (小)	大 (19cm)	S2-H1-D3	13.0	19.0	22.5	22.0
	小 (14cm)	S2-H2-D3	9.0	15.0	19.5	19.0
混合粒径 ケース 1	大 (19cm)	S2-H1-D4	12.0	18.0	22.5	22.0
	小 (14cm)	S2-H2-D4	9.0	15.0	19.5	19.0
混合粒径 ケース 2	大 (19cm)	S2-H1-D5	12.0	18.0	22.5	22.0
	小 (14cm)	S2-H2-D5	9.0	15.0	19.5	19.0

(8) 移動床実験における水位・流速・濁度の計測結果 (勾配 1/60)

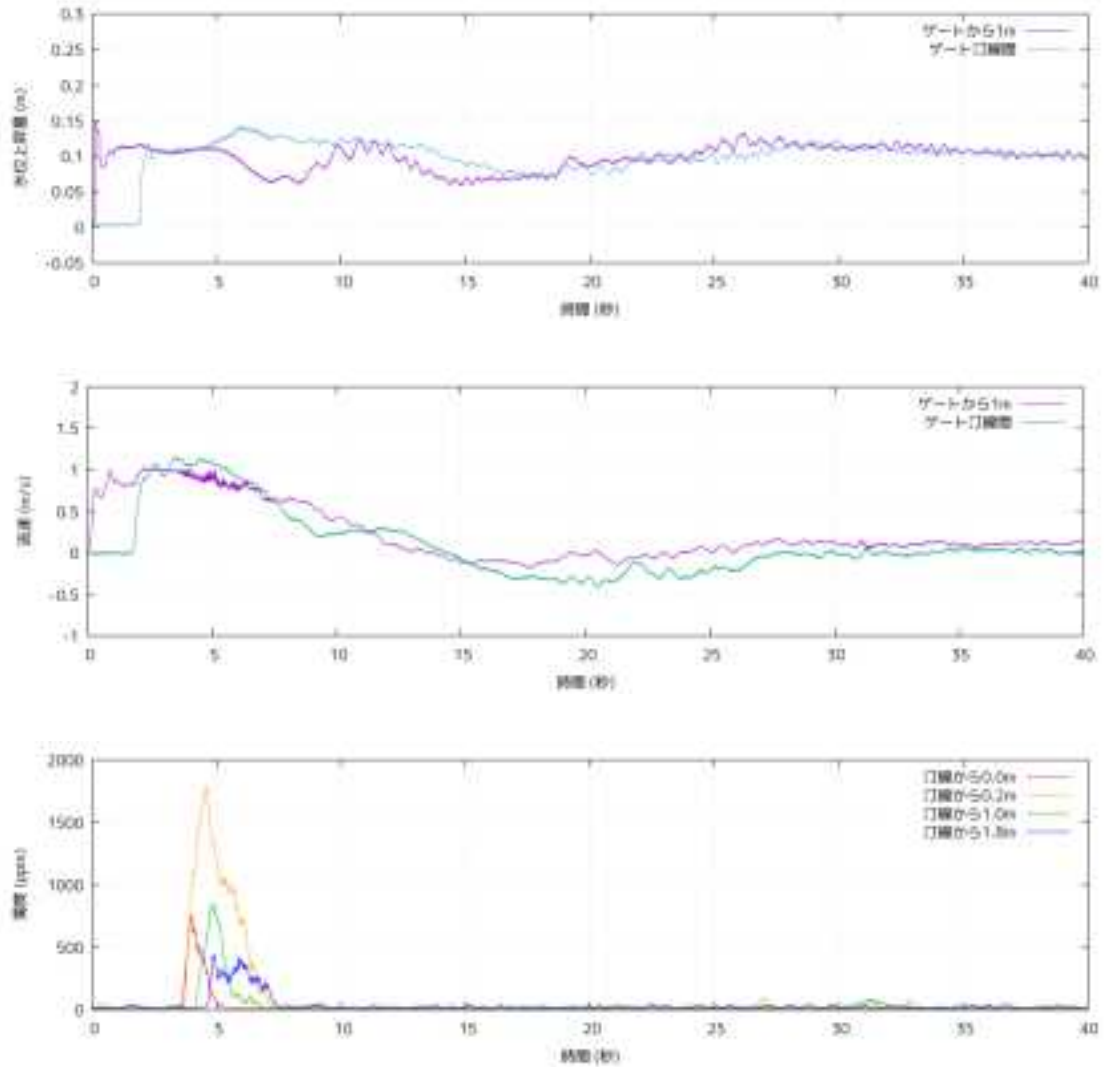


図 2-47 計測値 (水位・流速・濁度, 勾配 1/60, 入射波 19cm, 粒径 (大))

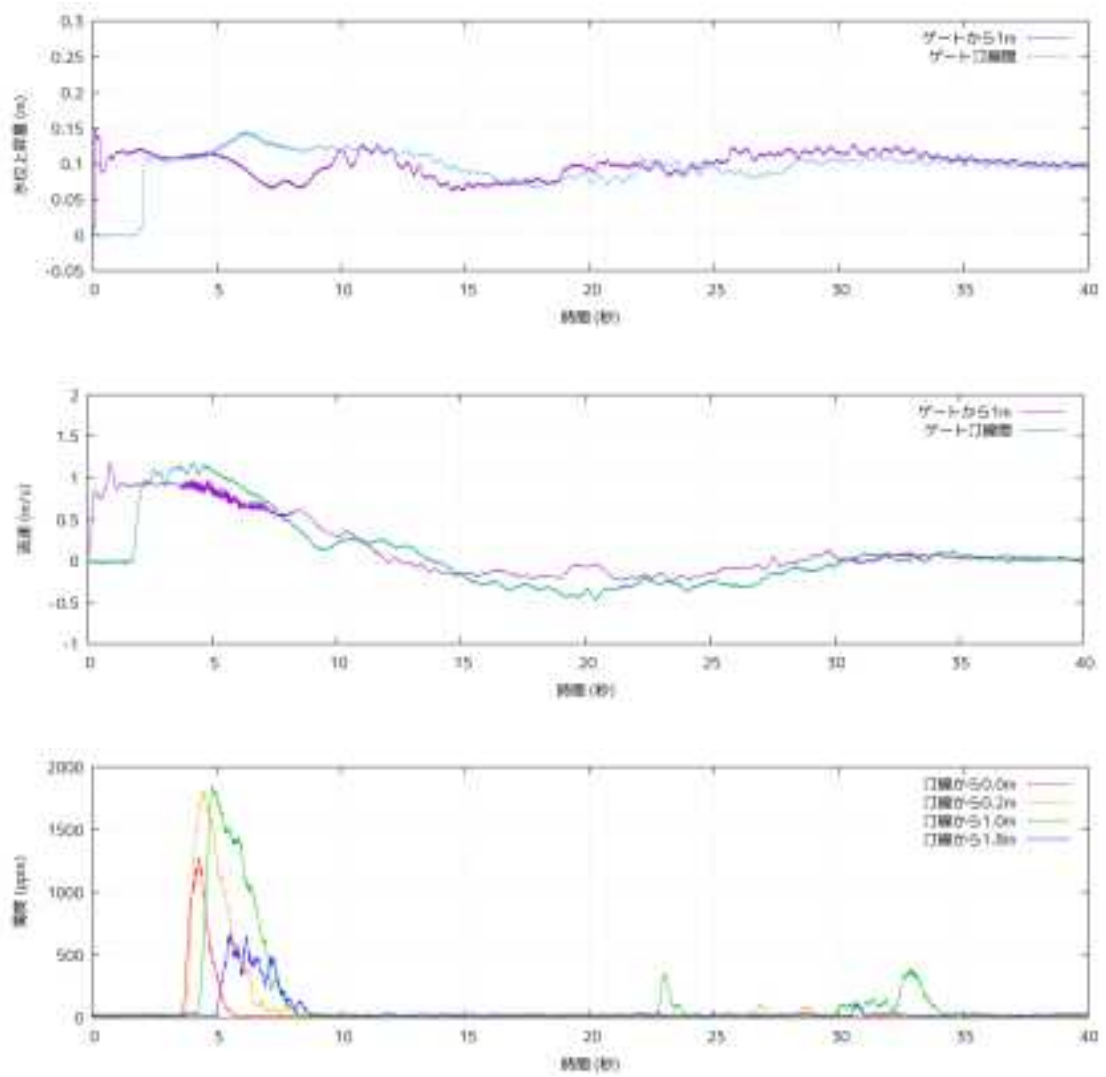


図 2-48 計測値（水位・流速・濁度，勾配 1/60，入射波 19cm，粒径（中））

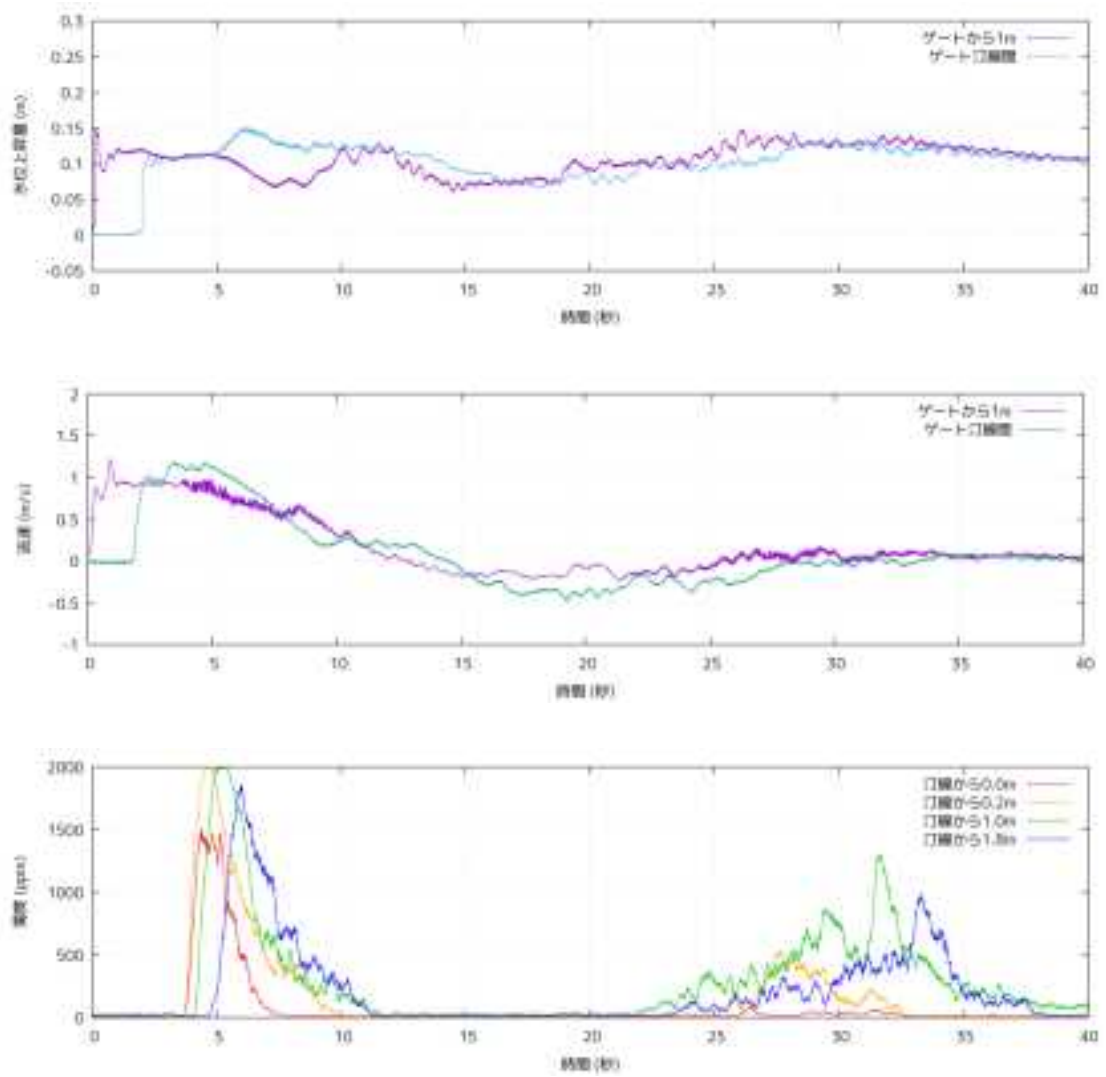


図 2-49 計測値（水位・流速・濁度，勾配 1/60，入射波 19cm，粒径（小））

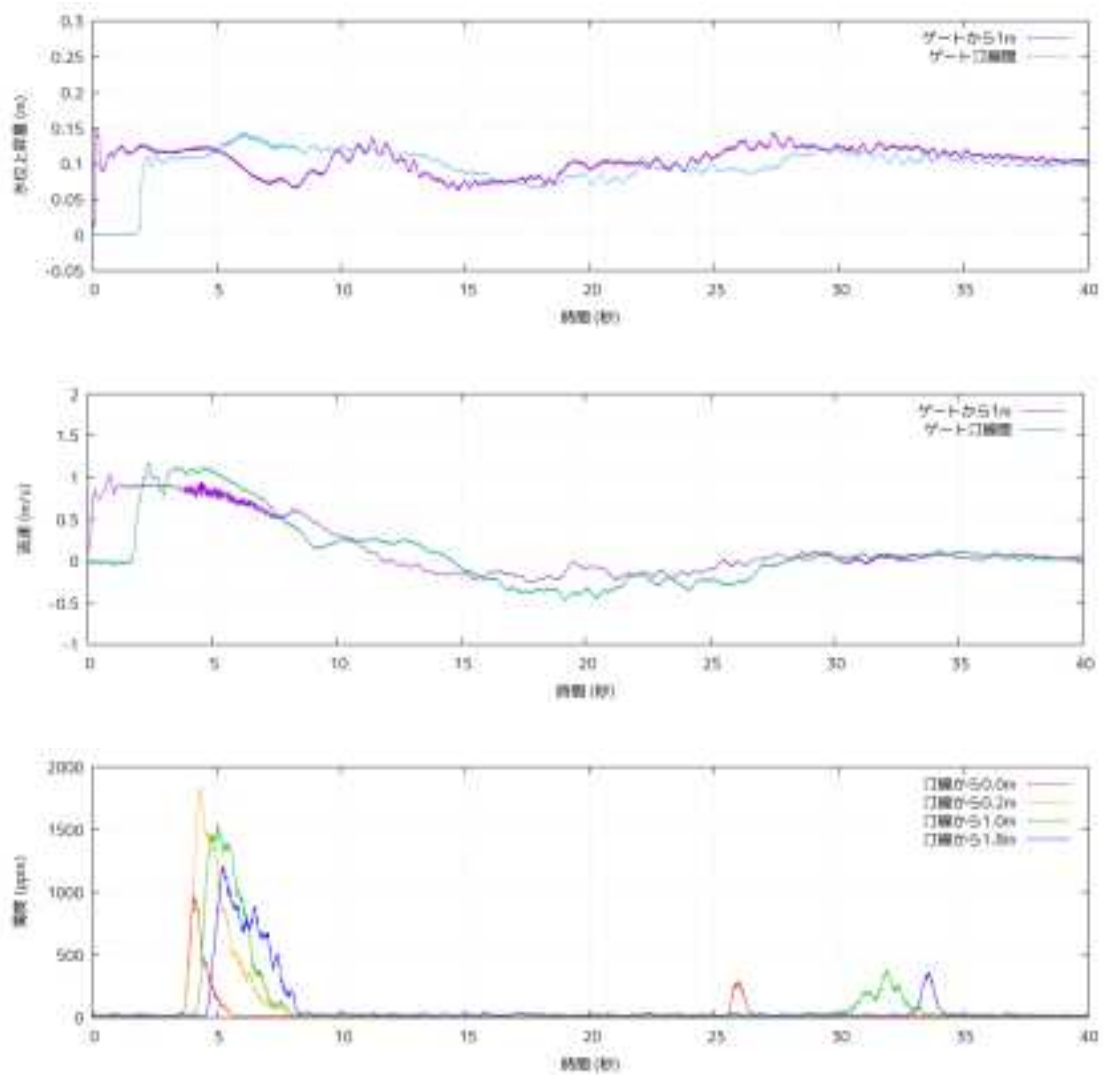


図 2-50 計測値 (水位・流速・濁度, 勾配 1/60,
入射波 19cm, 粒径: 混合砂 (ケース 1))

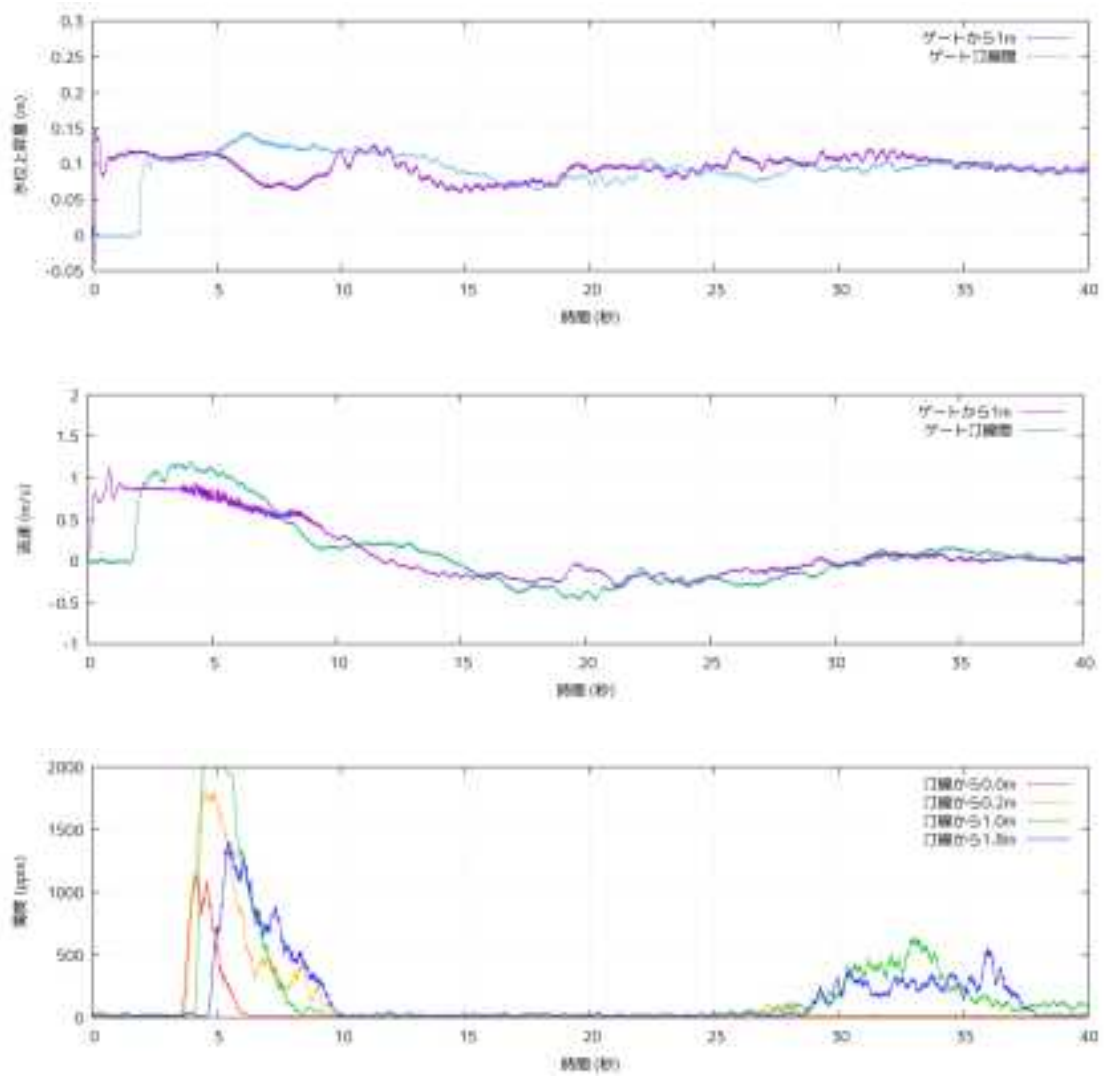


図 2-51 計測値（水位・流速・濁度，勾配 1/60，
入射波 19cm，粒径：混合砂（ケース 2））

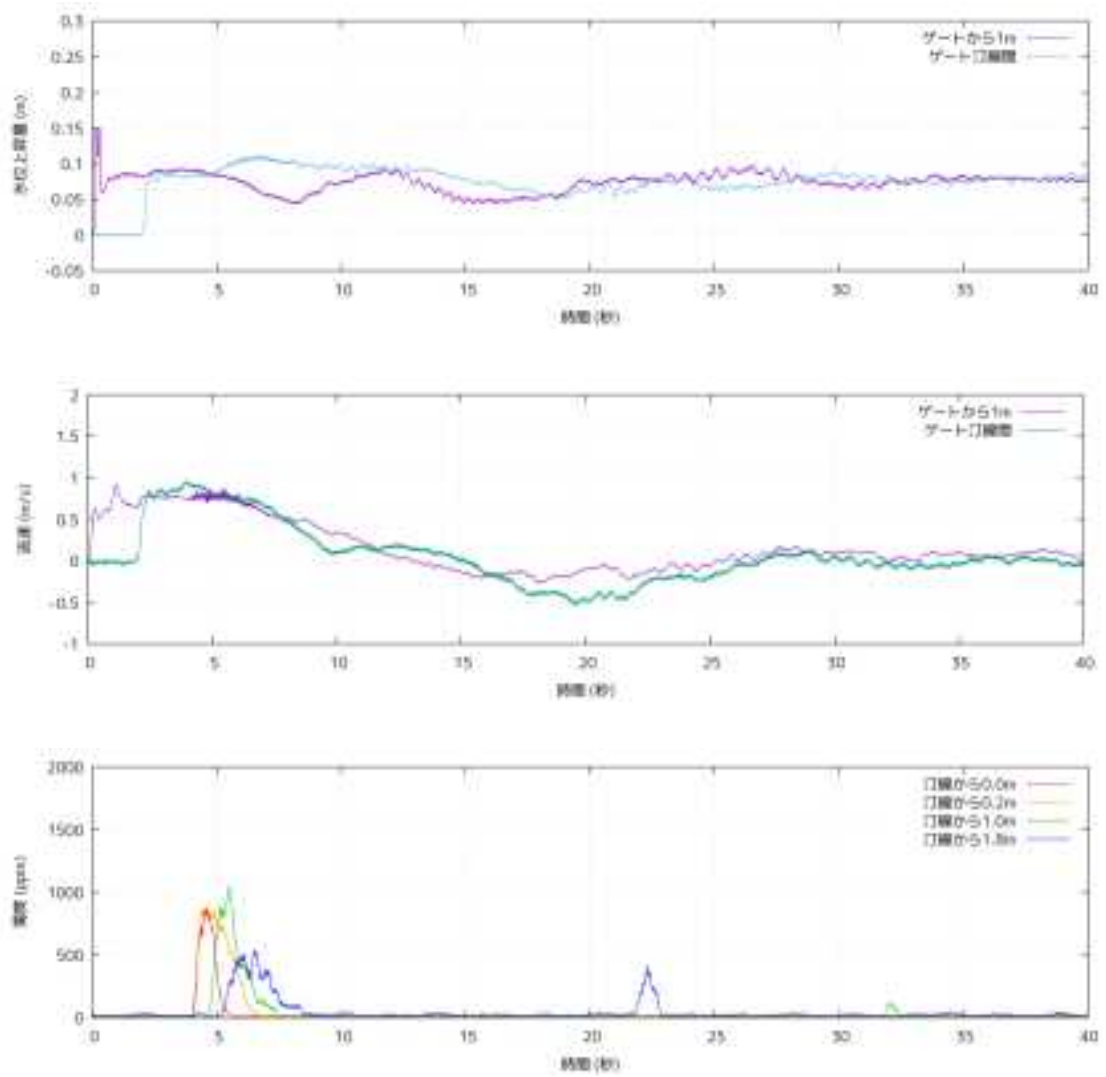


図 2-52 計測値（水位・流速・濁度，勾配 1/60，入射波 14cm，粒径（大））

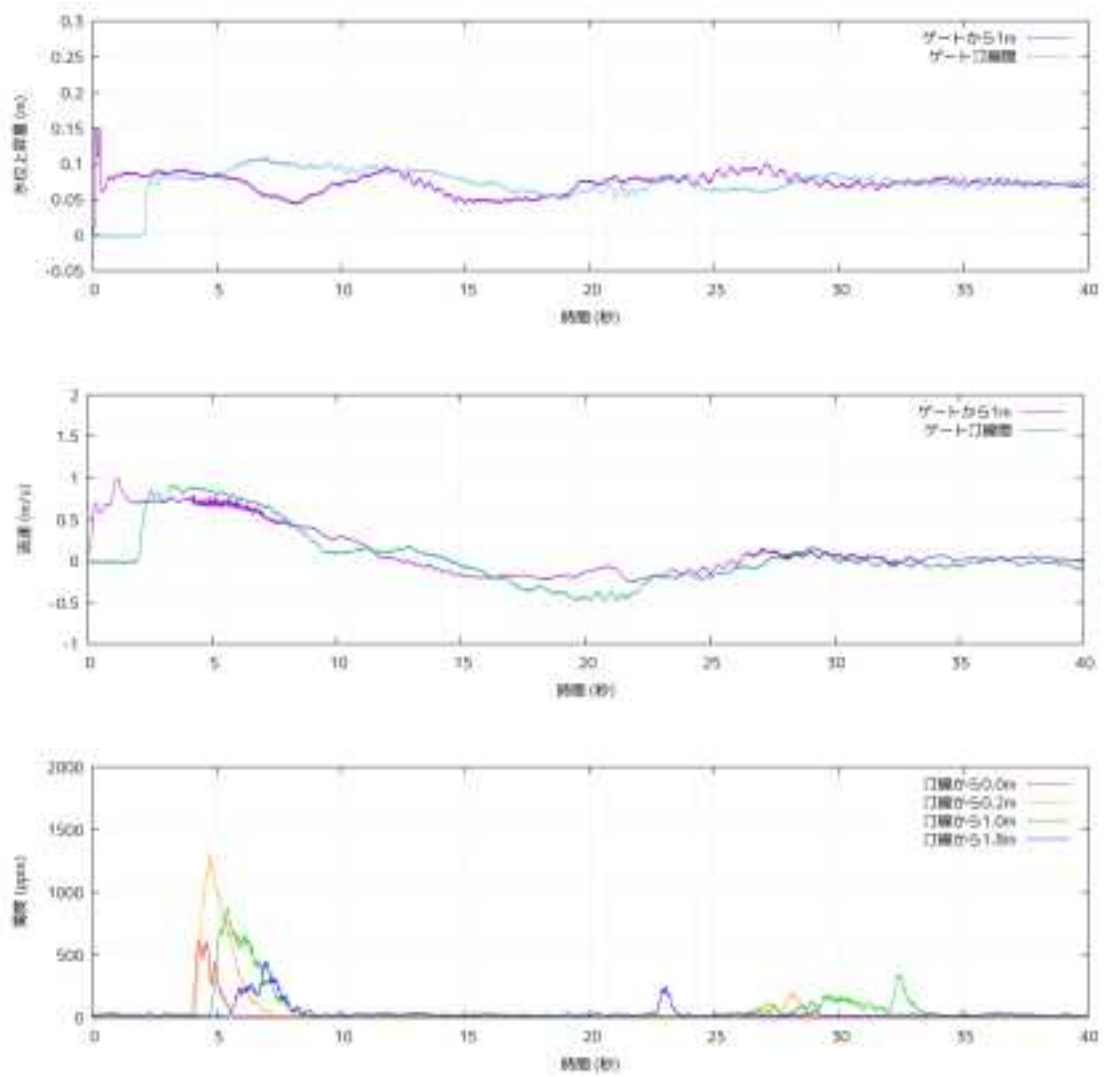


図 2-53 計測値（水位・流速・濁度，勾配 1/60，入射波 14cm，粒径（中））

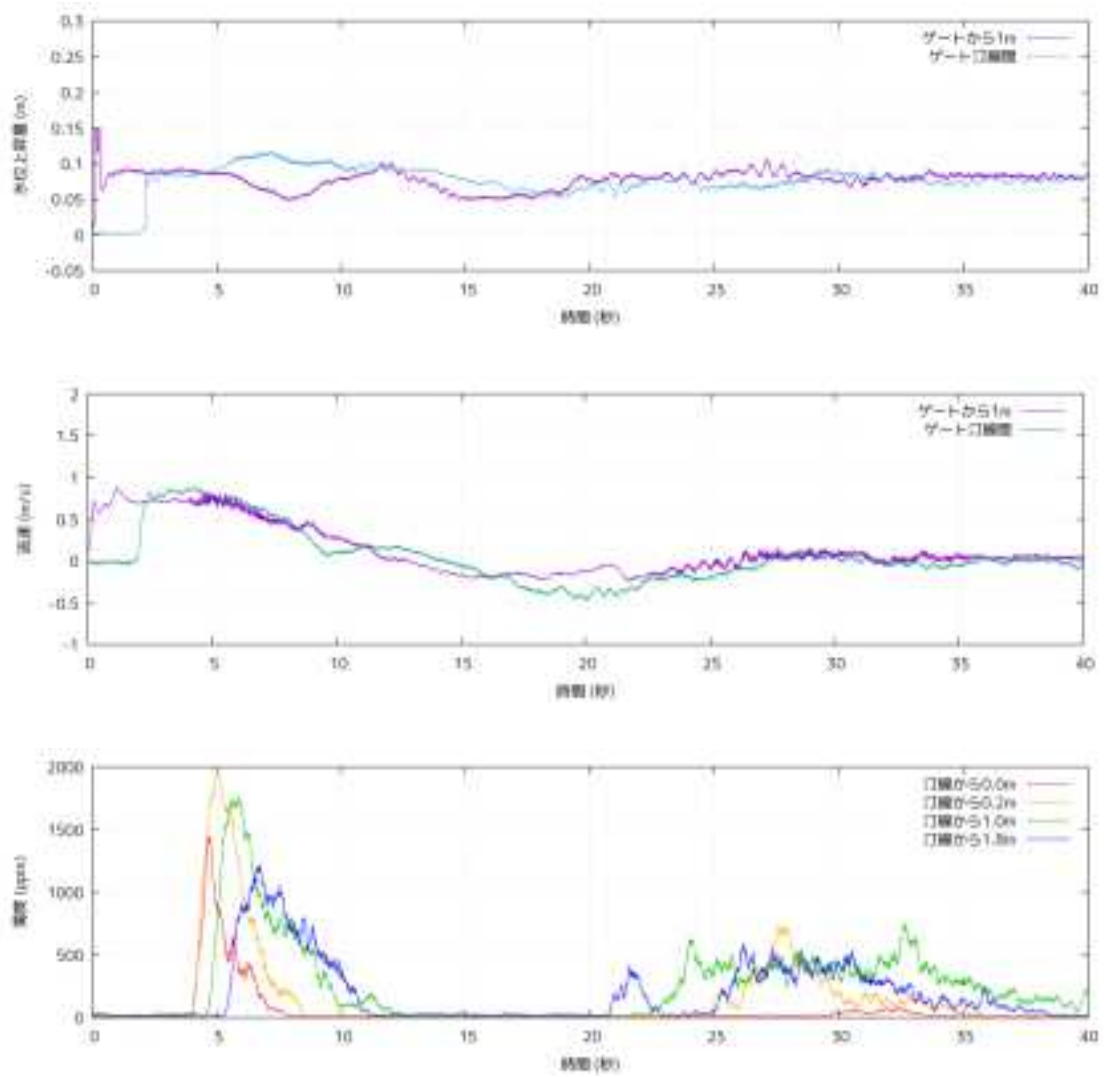


図 2-54 計測値（水位・流速・濁度，勾配 1/60，入射波 14cm，粒径（小））

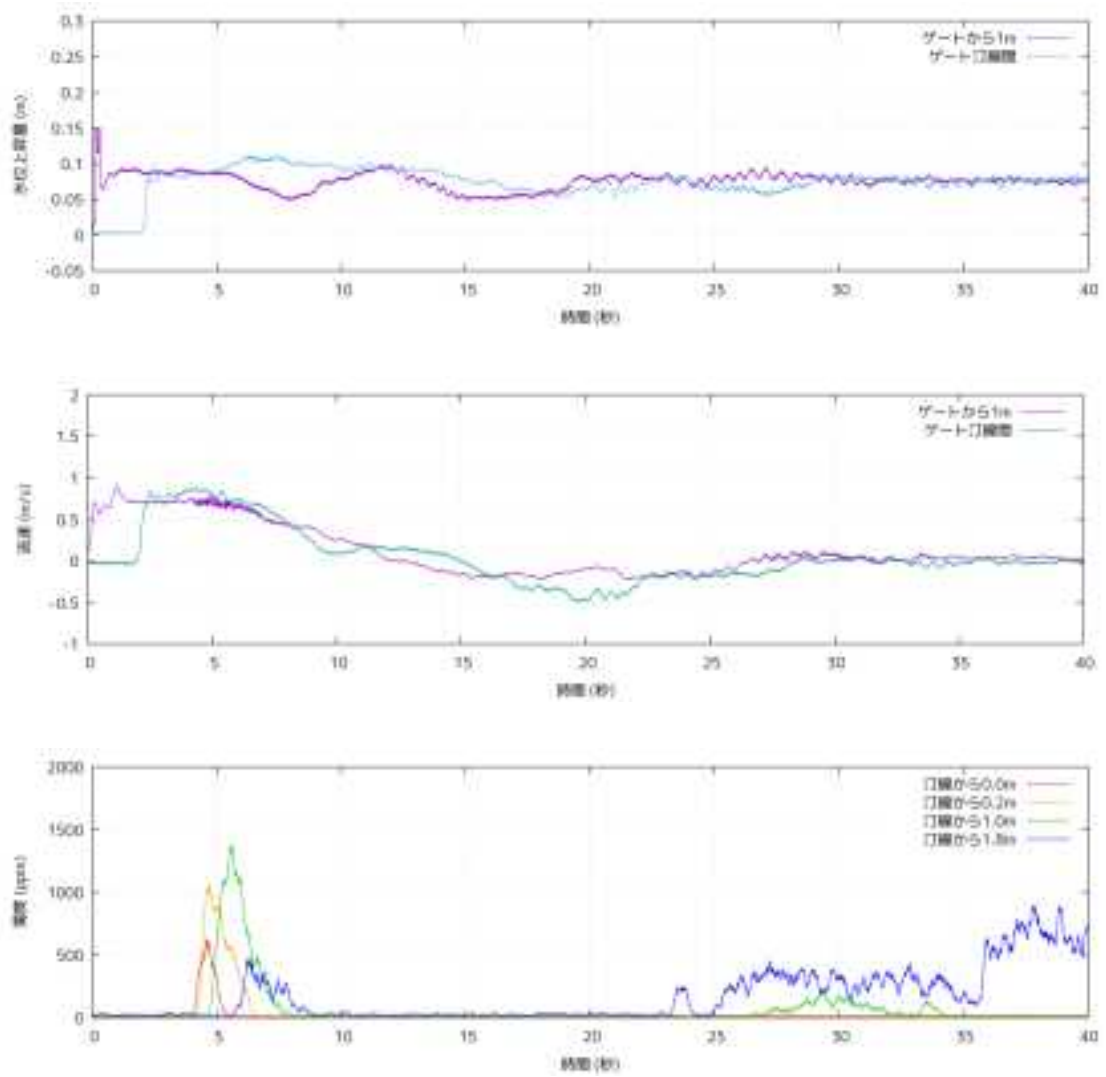


図 2-55 計測値 (水位・流速・濁度, 勾配 1/60,
入射波 14cm, 粒径: 混合砂 (ケース 1))

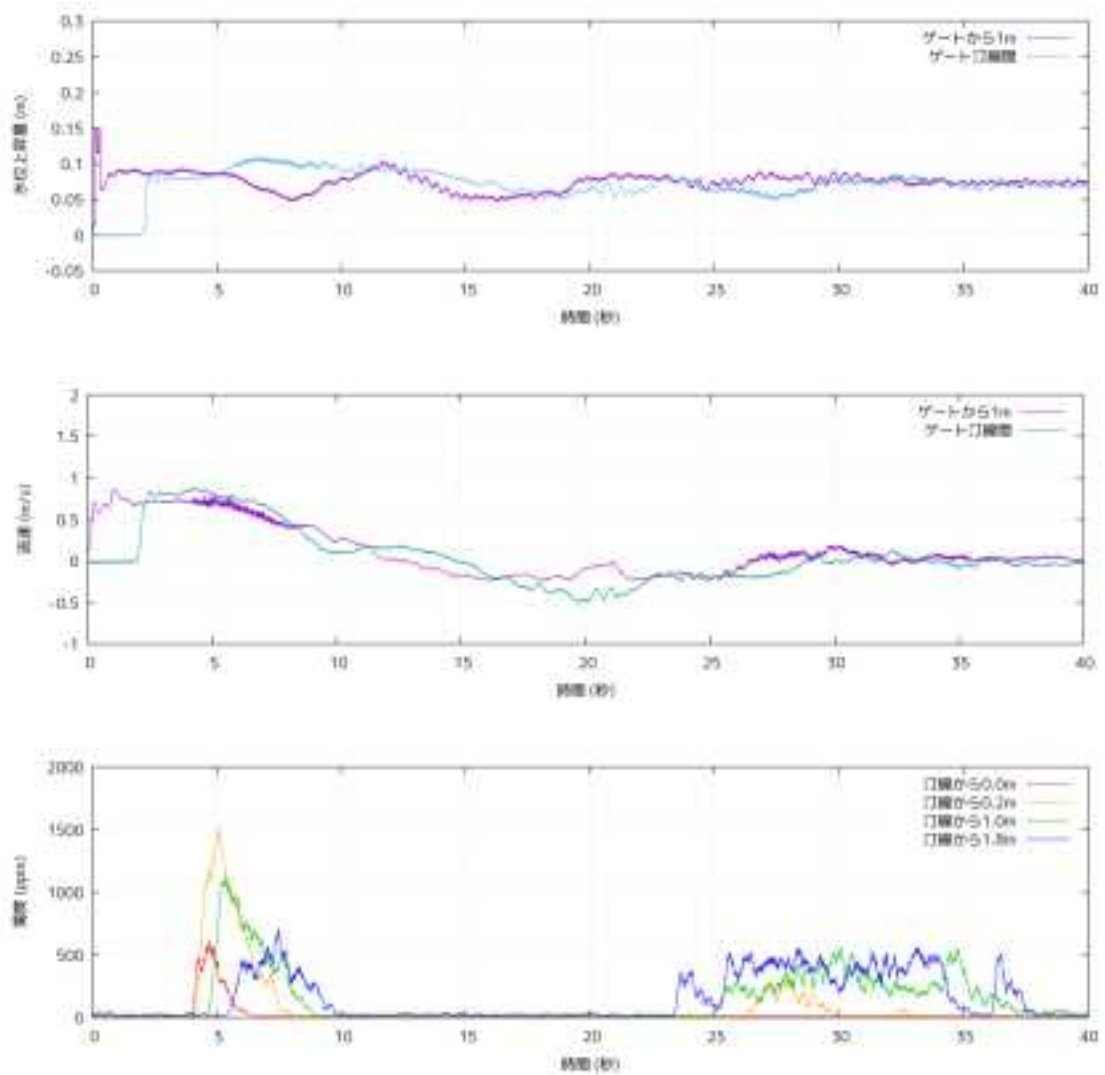


図 2-56 計測値（水位・流速・濁度，勾配 1/60，
入射波 14cm，粒径：混合砂（ケース 2））

(9) 移動床実験における移動砂量の計測結果 (勾配 1/60)

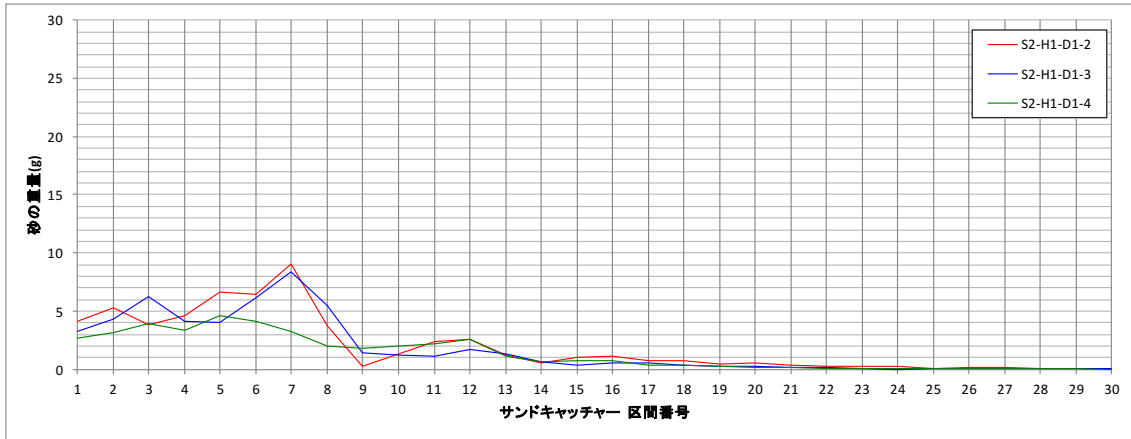


図 2-57 移動砂量 (勾配 1/60, 入射波 19cm, 粒径 (大))

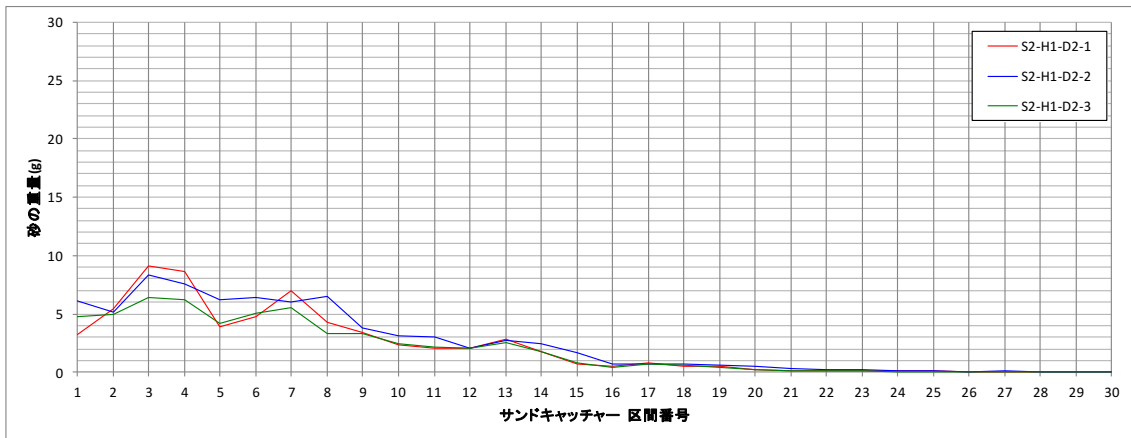


図 2-58 移動砂量 (勾配 1/60, 入射波 19cm, 粒径 (中))

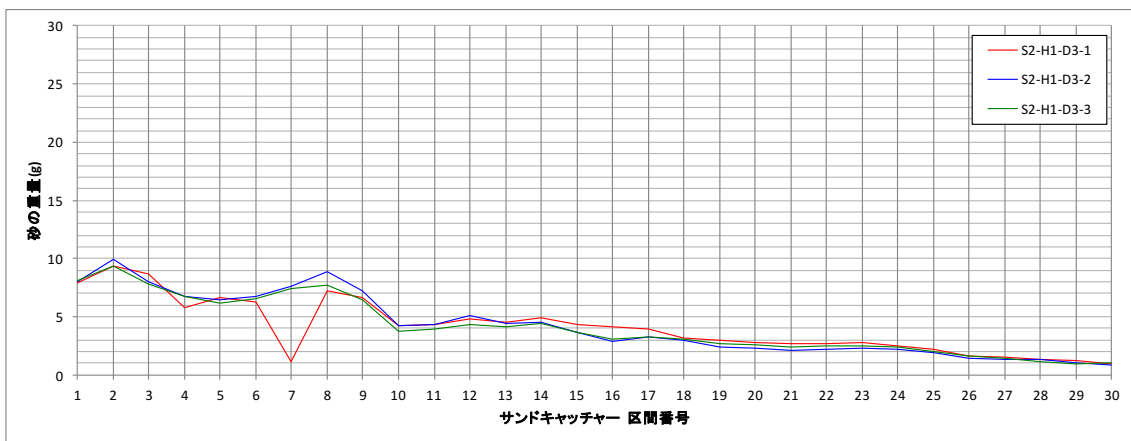


図 2-59 移動砂量 (勾配 1/60, 入射波 19cm, 粒径 (小))

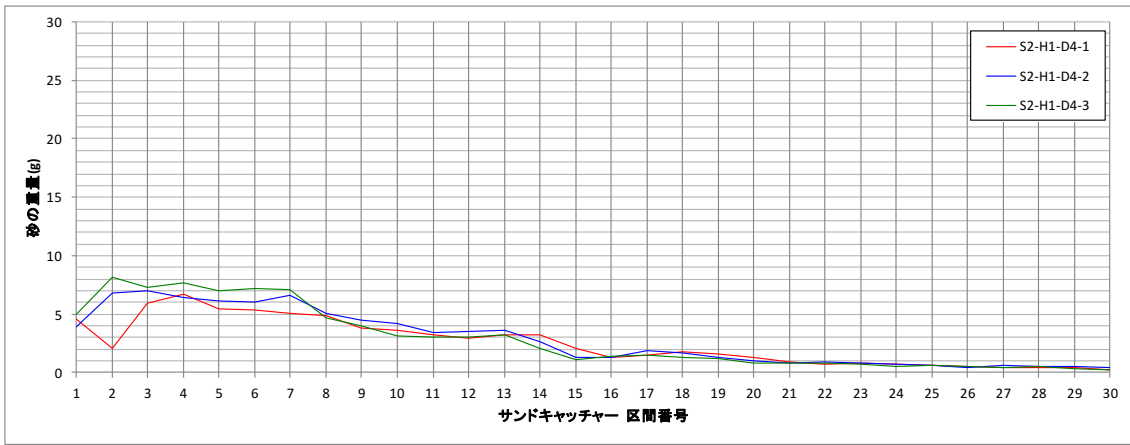


図 2-60 移動砂量 (勾配 1/60, 入射波 19cm, 粒径 : 混合砂 (ケース 1))

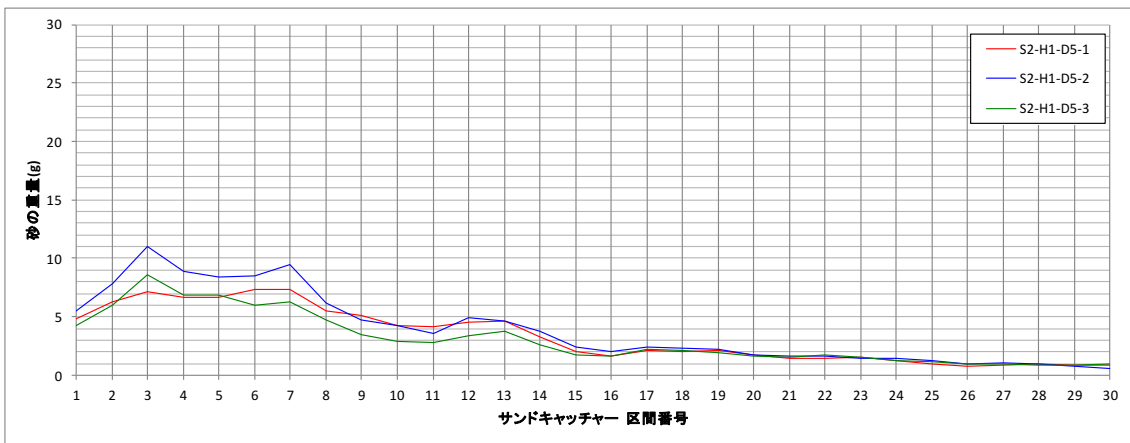


図 2-61 移動砂量 (勾配 1/60, 入射波 19cm, 粒径 : 混合砂 (ケース 2))

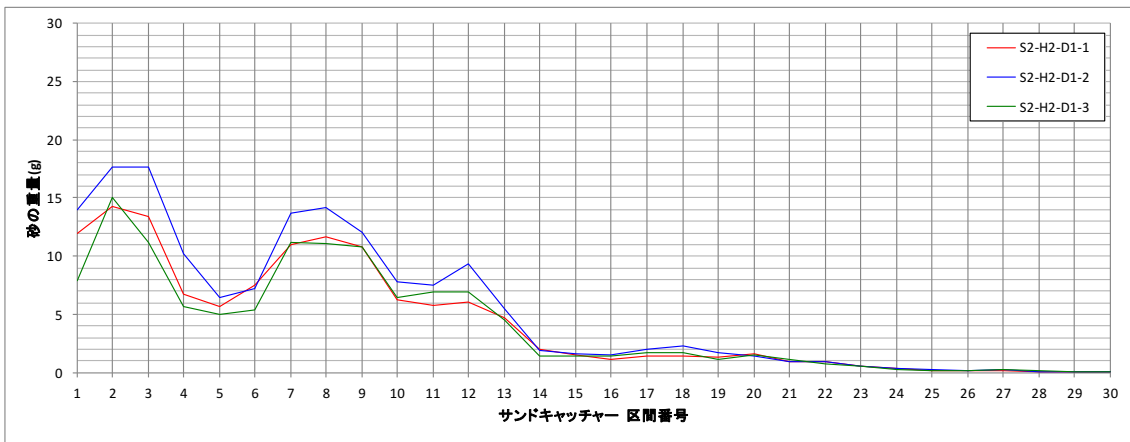


図 2-62 移動砂量 (勾配 1/60, 入射波 14cm, 粒径 (大))

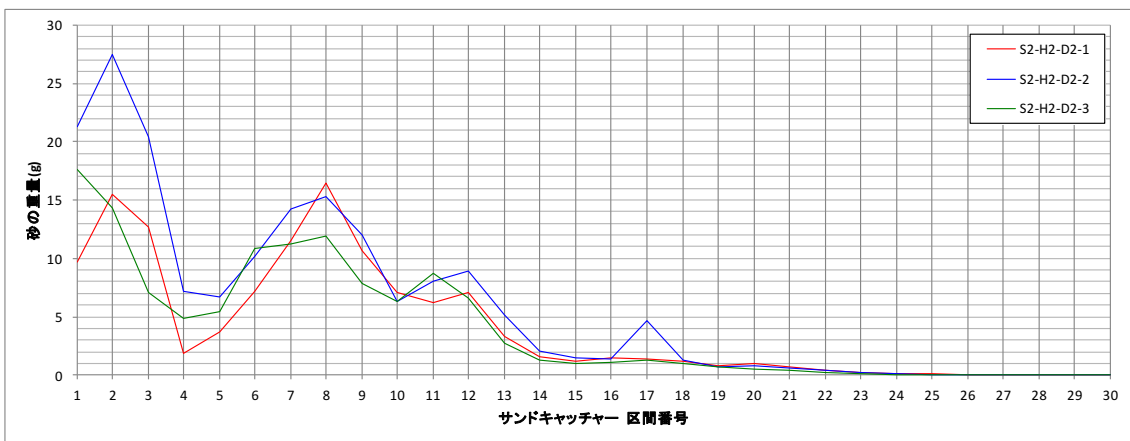


図 2-63 移動砂量 (勾配 1/60, 入射波 14cm, 粒径 (中))

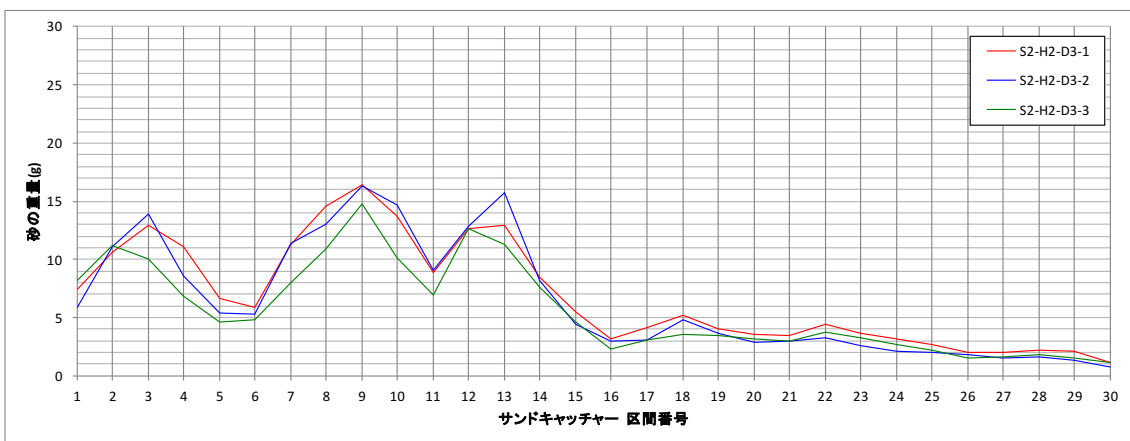


図 2-64 移動砂量 (勾配 1/60, 入射波 14cm, 粒径 (小))

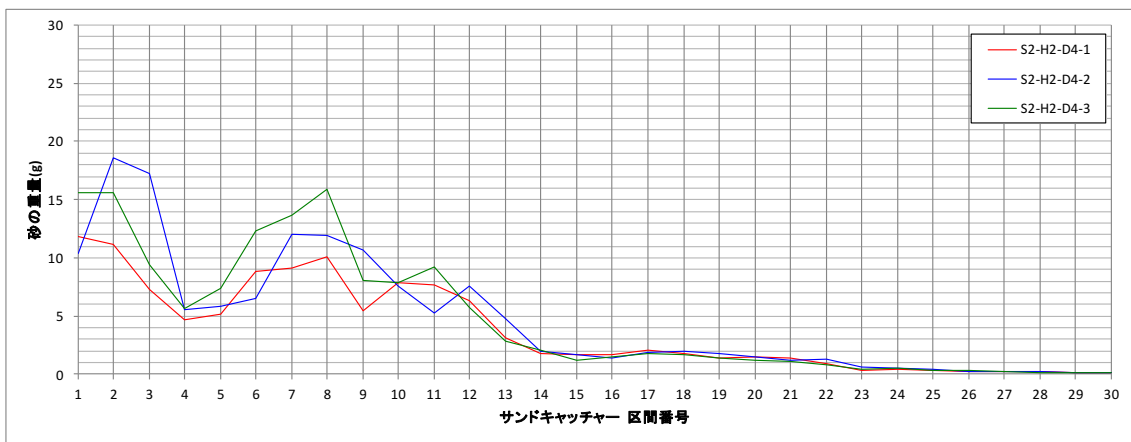


図 2-65 移動砂量 (勾配 1/60, 入射波 14cm, 粒径 : 混合砂 (ケース 1))

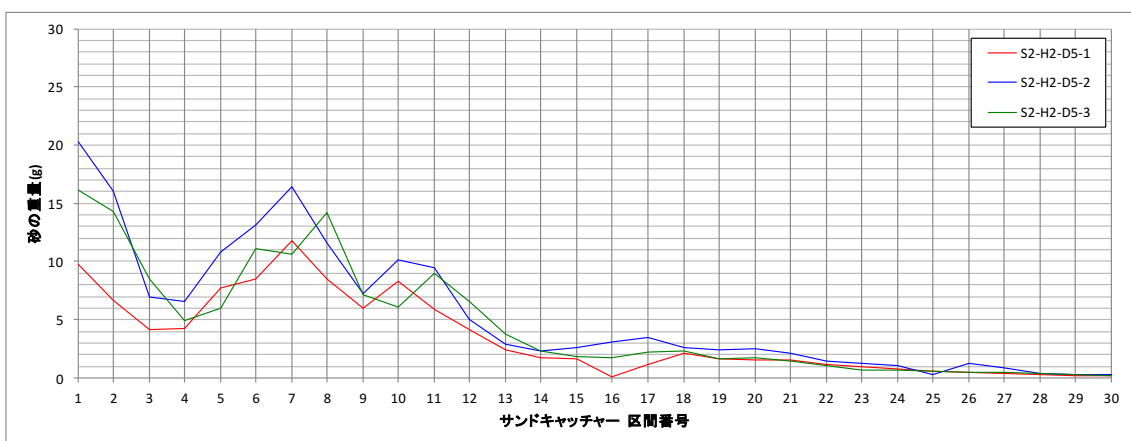


図 2-66 移動砂量 (勾配 1/60, 入射波 14cm, 粒径 : 混合砂 (ケース 2))

(10) 移動床実験におけるサンドキャッチャー写真 (勾配 1/60)

勾配 1/60 の各実験ケースにおいてサンドキャッチャーで捕捉した砂の様子を，図 2-67 から図 2-76 に示す．ここでは一例として，区間 No1, 10, 20, 30 の写真を示す．



No.1



No.10



No.20



No.30

図 2-67 勾配 1/60, 入射波 19cm, 粒径 (大)



No.1



No.10



No.20



No.30

图 2-68 勾配 1/60, 入射波 19cm, 粒径 (中)



No.1



No.10



No.20



No.30

图 2-69 勾配 1/60, 入射波 19cm, 粒径 (小)



No.1



No.10



No.20



No.30

図 2-70 勾配 1/60, 入射波 19cm, 粒径: 混合砂 (ケース 1)



No.1



No.10



No.20



No.30

図 2-71 勾配 1/60, 入射波 19cm, 粒径: 混合砂 (ケース 2)



No.1



No.10



No.20



No.30

图 2-72 勾配 1/60, 入射波 14cm, 粒径 (大)



No.1



No.10



No.20



No.30

图 2-73 勾配 1/60, 入射波 14cm, 粒径 (中)



No.1



No.10



No.20



No.30

图 2-74 勾配 1/60, 入射波 14cm, 粒径 (小)



No.1



No.10



No.20



No.30

図 2-75 勾配 1/60, 入射波 14cm, 粒径: 混合砂 (ケース 1)



No.1



No.10



No.20



No.30

図 2-76 勾配 1/60, 入射波 14cm, 粒径: 混合砂 (ケース 2)

2.8 遡上距離と堆積物形成距離の関係

砂の粒径，遡上域の勾配，外力を変化させた場合の，水理量と津波堆積物の関係について検討を行った．グラフには，各条件の代表値を示す．

遡上距離については，入射波が大きいほど，津波の遡上距離が長くなる結果となった（図 2-77）．また，砂の移動距離も遡上距離に応じて長くなる結果となった（図 2-78，79）．

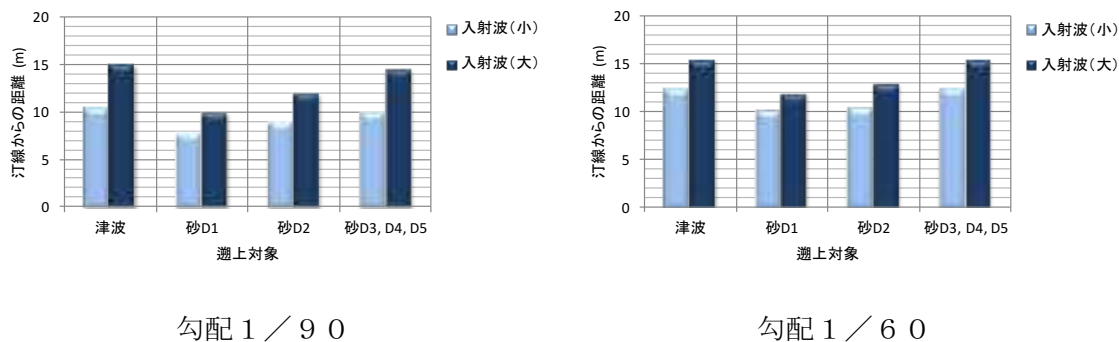


図 2-77 遡上距離の入射波による違い

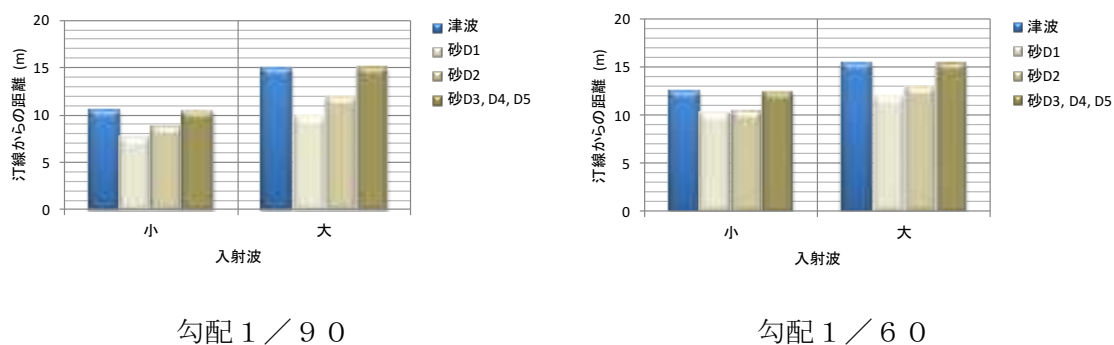


図 2-78 津波遡上距離と砂の遡上距離の比較

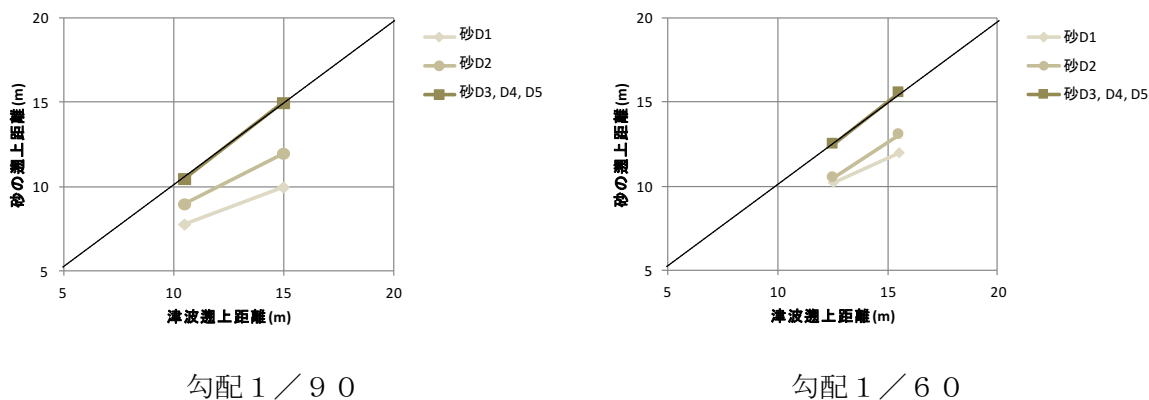


図 2-79 津波遡上距離と砂の遡上距離の関係

2.9 入射波と堆積物の分布の関係

勾配 1/90 の時の入射波が大きいケース (H1 : 赤線) と小さいケース (H2 : 青線) の堆積物の分布のグラフを比較する (図 2-80). グラフの数値は, 各実験条件において 3 回ずつ計測した結果の平均値である. また, 計測値を 4 次の多項式により近似した. 入射波の大きいケースでは, 放物線または対数分布に近い分布形状となり, 一方の入射波の小さいケースでは, 4 次関数的な分布形状となる. 入射波が小さいケースの方が, 遡上先端付近に近づくにつれて分布量が急激に減少する傾向にある結果となった.

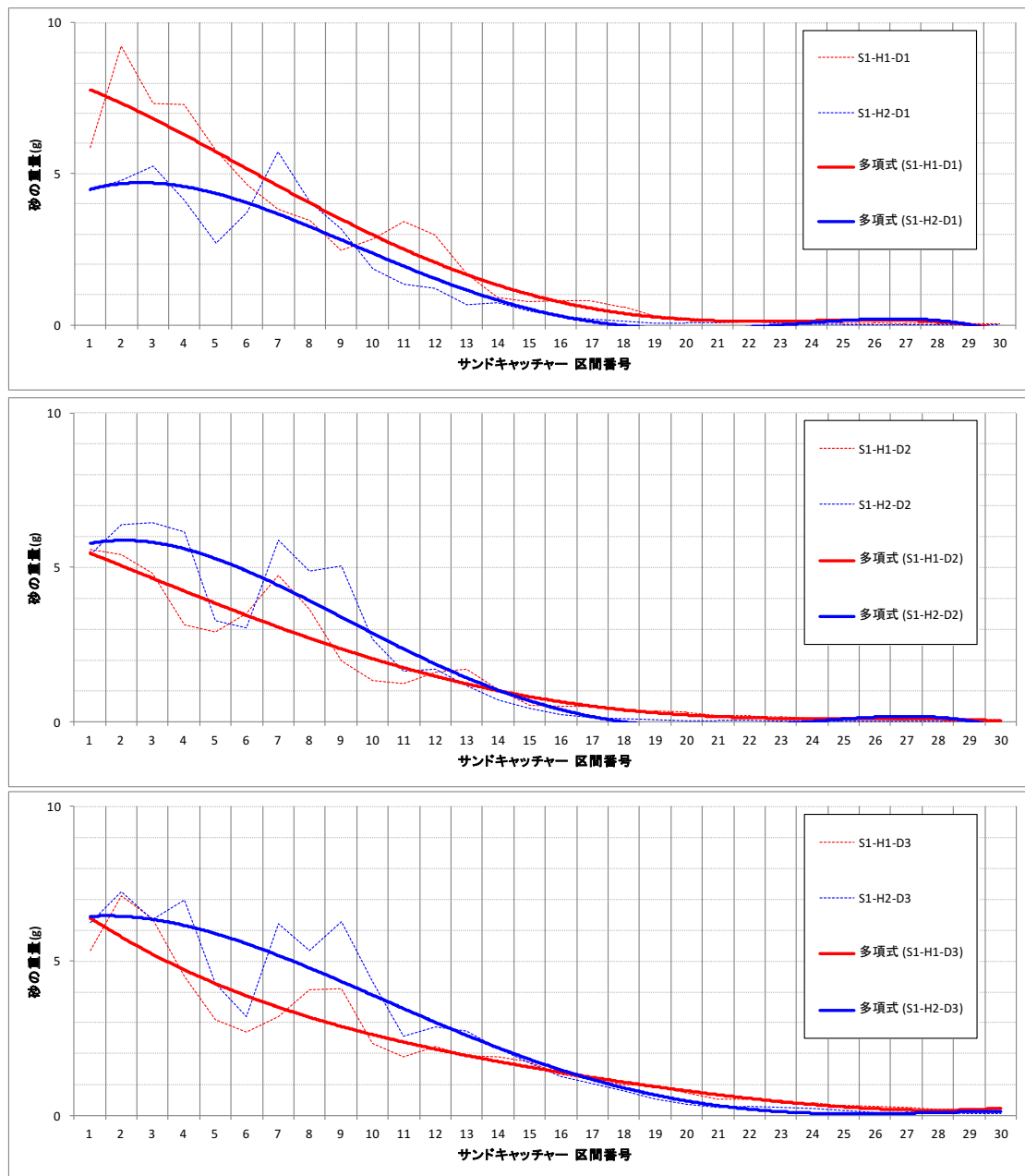


図 2-80 単一砂と混合砂の堆積物の分布比較
(上段 : 粒径大, 中段 : 粒径中, 下段 : 粒径小)

2.10 砂の粒径の相違による堆積物の分布の相違

砂の粒径の相違による堆積物の分布状況を比較する（図 2-81）。グラフは、各粒径ケースで計測した 3 回の結果の平均値を示している。グラフ中の実線は、計測値を 4 次多項式により近似した曲線である。堆積分布は、粒径（大）と粒径（中）のケースでは、堆積量の分布変化が曲線的になり、粒径（小）の場合には分布変化が直線的になる傾向となった。なお、遡上範囲については、単一粒径の最も小さい粒径の場合は、巻上げられた砂が、波の遡上先端まで運ばれる結果となった。

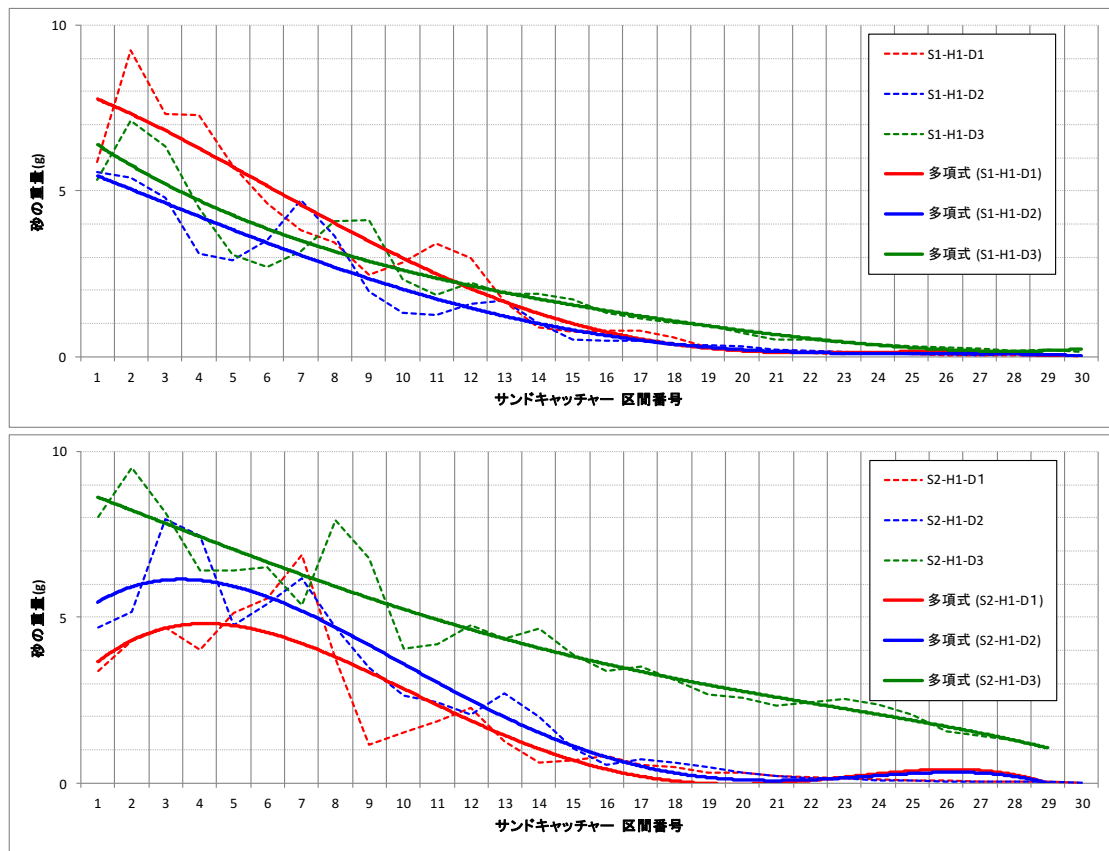
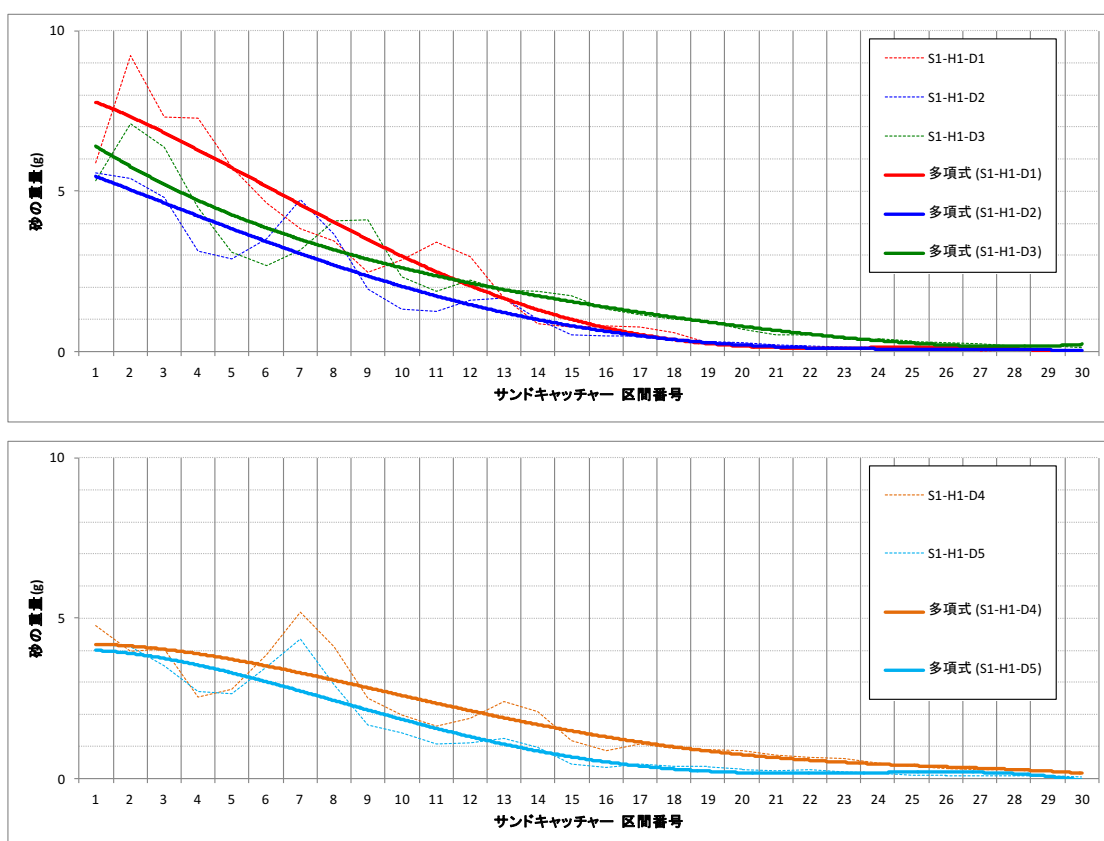


図 2-81 粒径の違いによる堆積物の分布比較
 (上段：勾配 1/90，入射波大，下段：勾配 1/60，入射波大)

2.11 単一粒径砂と混合砂による堆積物の分布の相違

単一粒径砂と混合砂による堆積分布を比較する（図 2-82）。グラフは、各粒径ケースで計測した 3 回の結果の平均値を示している。グラフ中の実線は、計測値を 4 次の多項式により近似した曲線である。単一粒径砂が対数的な分布になるのに対し、混合粒径砂の場合は、直線的な傾向がある。混合粒径砂は、多種の粒径の砂を含んでいるため、堆積量が分散されて分布が直線的になったと考えられる。なお、遡上距離については、単一粒径の粒径が一番小さい場合（D3）と、混合粒径（D4, D5）とが同じとなっている。



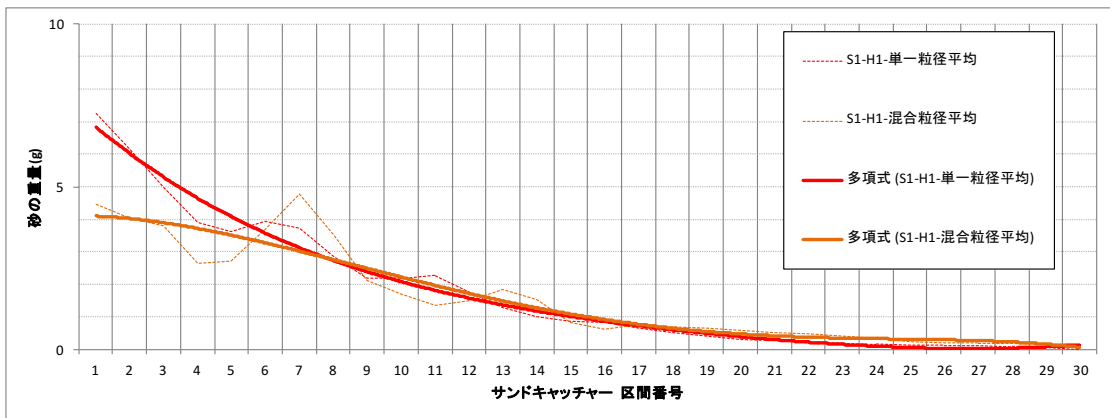


図 2-82 単一砂と混合砂の堆積物の分布比較

(上段：単一粒径砂，中段：混合粒径砂，下段：単一砂と混合砂の平均)

2.12 粒度分析

混合砂の実験ケースにおいて、サンドキャッチャーで捕捉した砂の重量分布と重量比率分布の結果を図 2-83 から図 2-98 に示す。各頁の上図が重量分布のグラフであり、下図が重量比率分布のグラフとなる。

混合砂ケース 1 は、粒径が大きい砂を多く含む混合砂での実験であり、ケース 2 は粒径の小さい砂を多く含む混合砂での実験である。ケース 1 の結果は、ケース 2 と比較して、粒径が大きい砂の頻度が高く、粒径の小さい砂の頻度が低くなり、砂の混合比と堆積砂の粒度の関連性が確認できる。

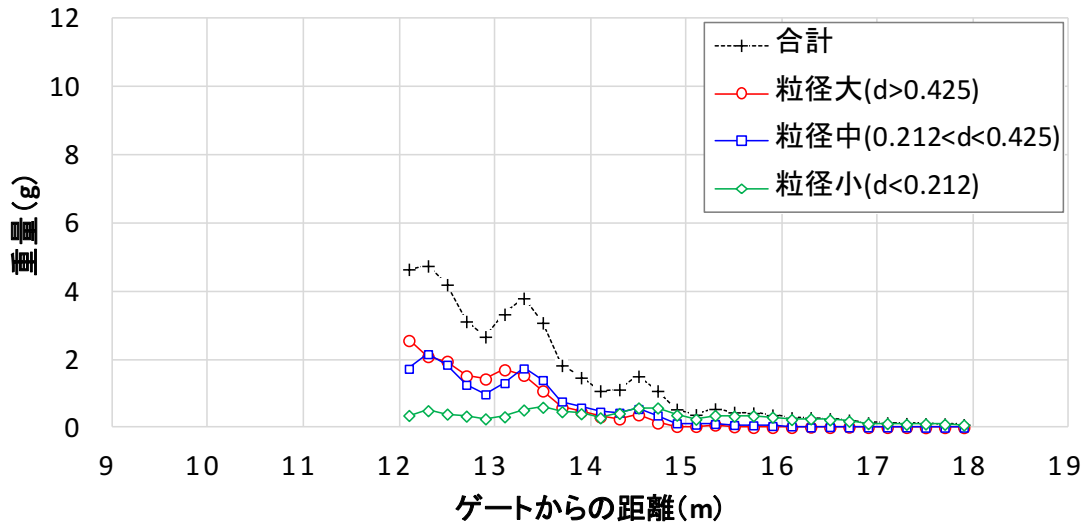


図 2-83 混合砂における移動砂量の粒度別重量分布
 (勾配 1/90, 入射波 14cm, 混合砂 (ケース 1))

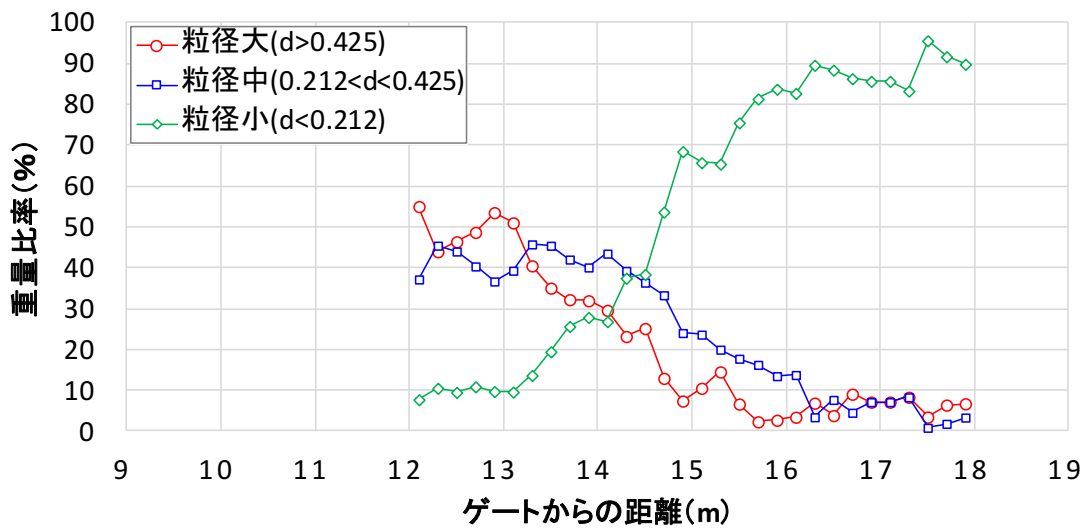


図 2-84 混合砂における移動砂量の粒度別重量比率分布
 (勾配 1/90, 入射波 14cm, 混合砂 (ケース 1))

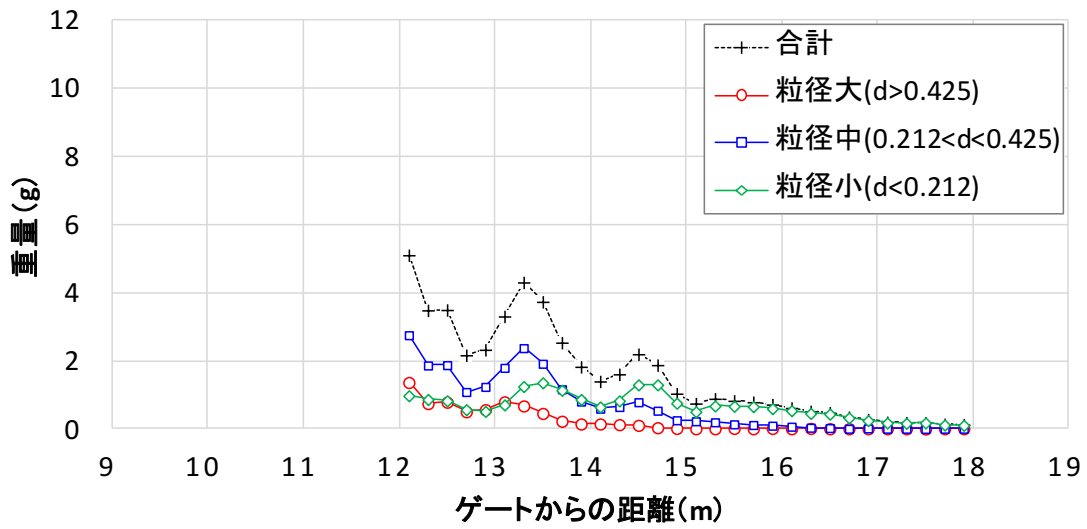


図 2-85 混合砂における移動砂量の粒度別重量分布
(勾配 1/90, 入射波 14cm, 混合砂 (ケース 2))

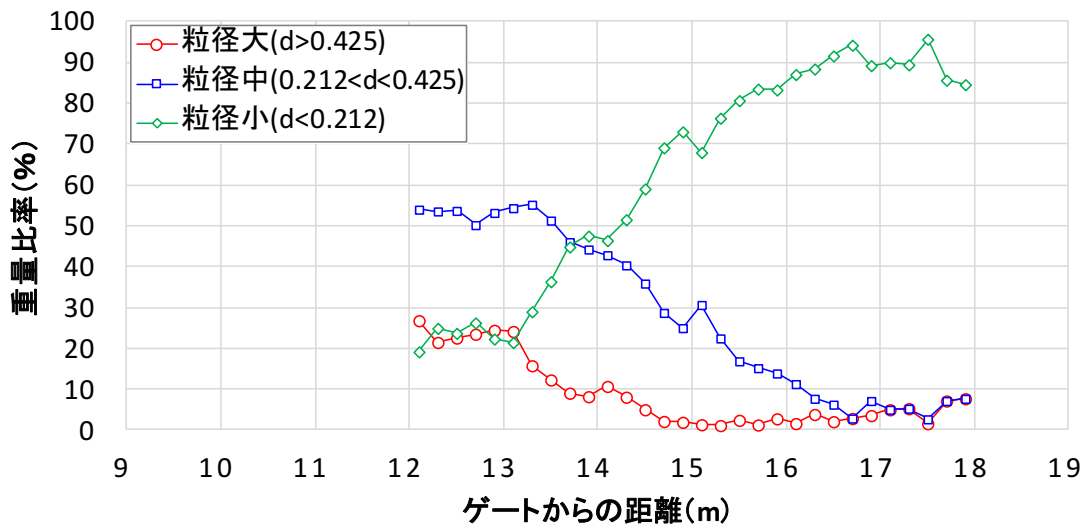


図 2-86 混合砂における移動砂量の粒度別重量比率分布
(勾配 1/90, 入射波 14cm, 混合砂 (ケース 2))

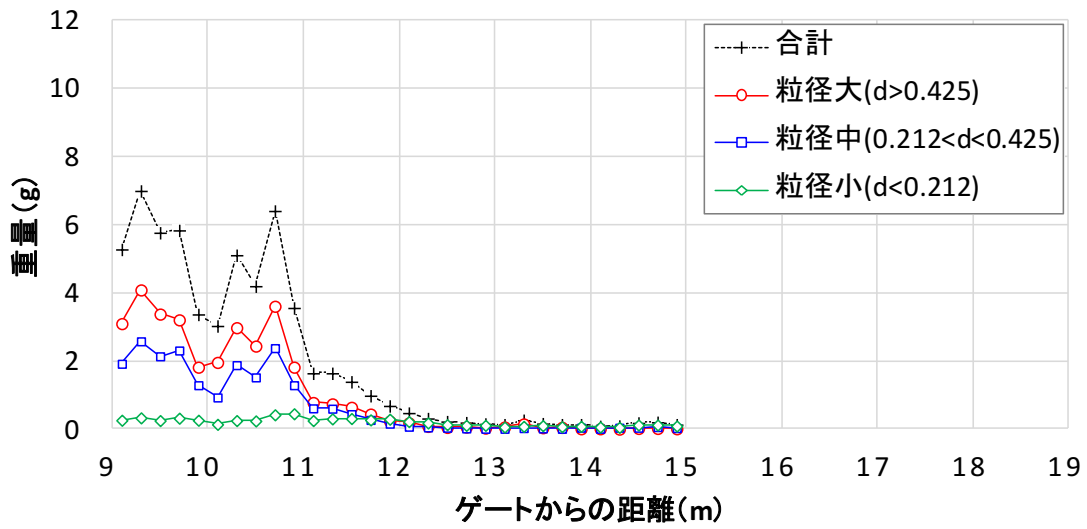


図 2-87 混合砂における移動砂量の粒度別重量分布
(勾配 1/90, 入射波 9cm, 混合砂 (ケース 1))

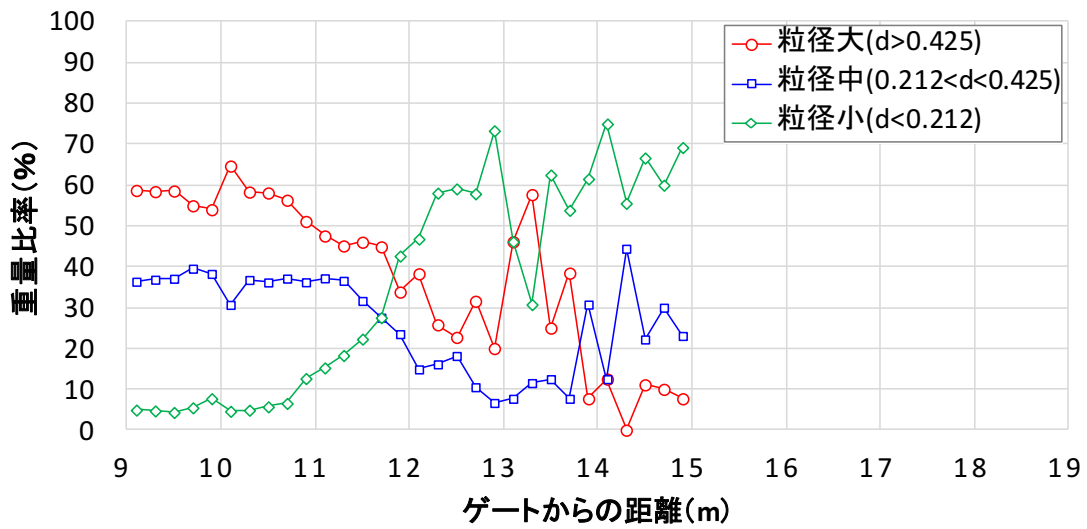


図 2-88 混合砂における移動砂量の粒度別重量比率分布
(勾配 1/90, 入射波 9cm, 混合砂 (ケース 1))

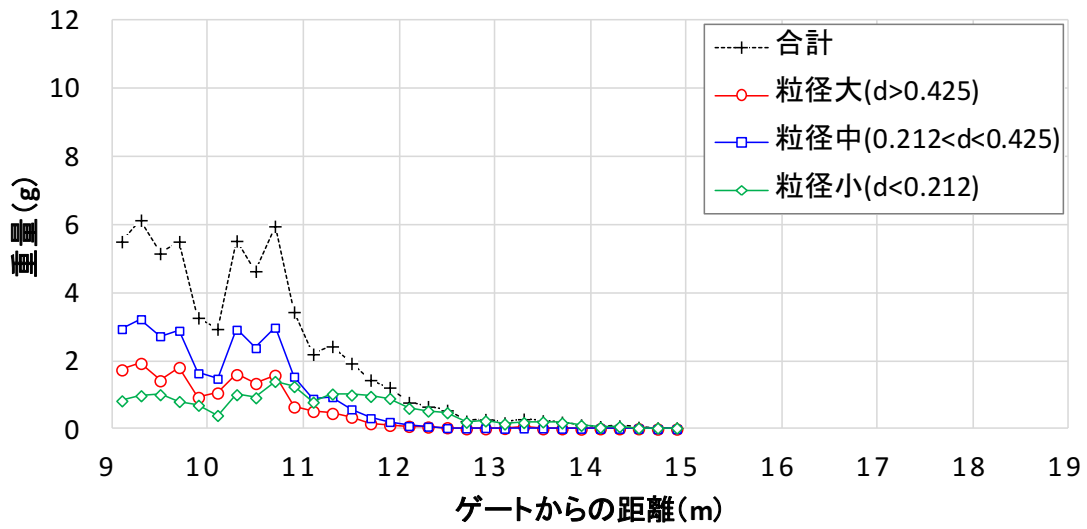


図 2-89 混合砂における移動砂量の粒度別重量分布
(勾配 1/90, 入射波 9cm, 混合砂 (ケース 2))

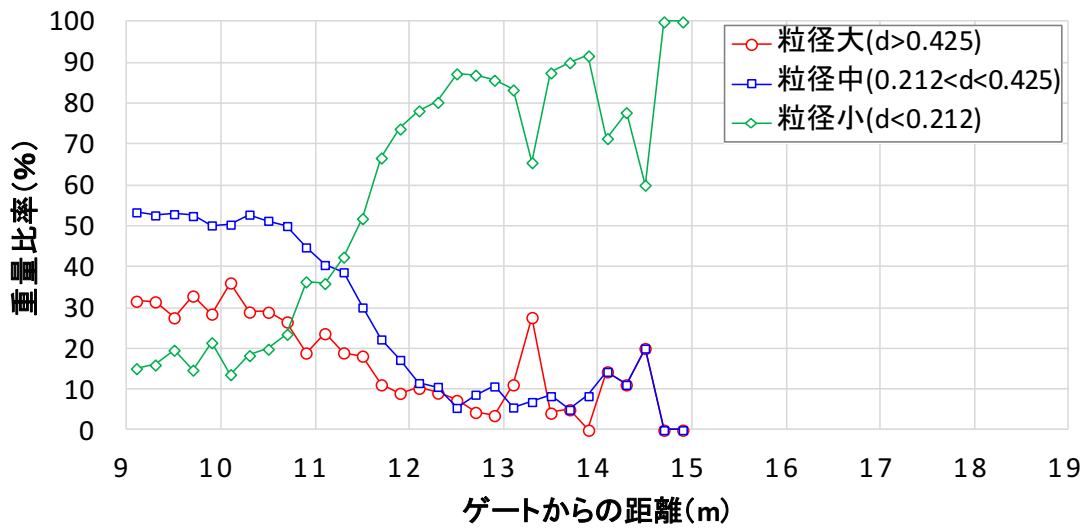


図 2-90 混合砂における移動砂量の粒度別重量比率分布
(勾配 1/90, 入射波 9cm, 混合砂 (ケース 2))

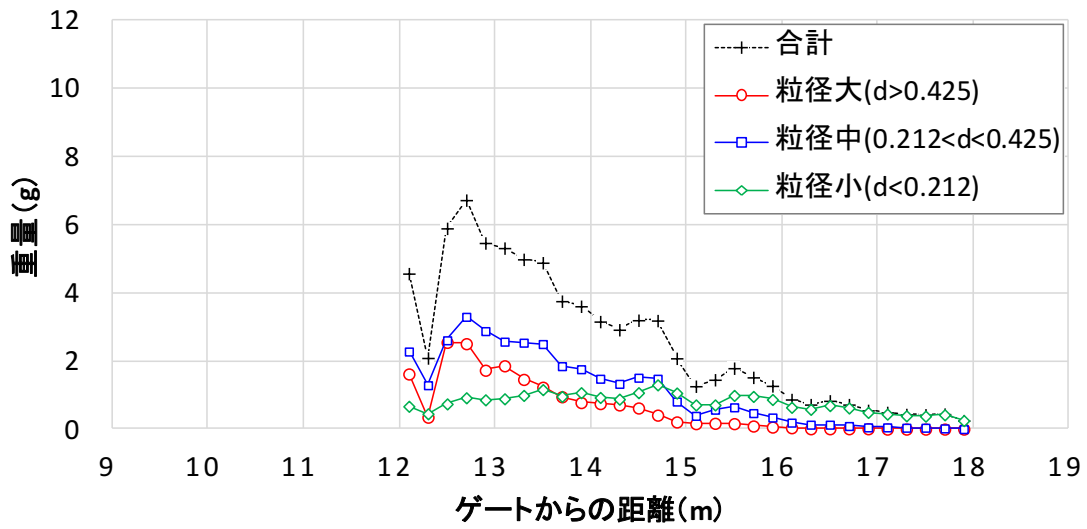


図 2-91 混合砂における移動砂量の粒度別重量分布
(勾配 1/60, 入射波 19cm, 混合砂 (ケース 1))

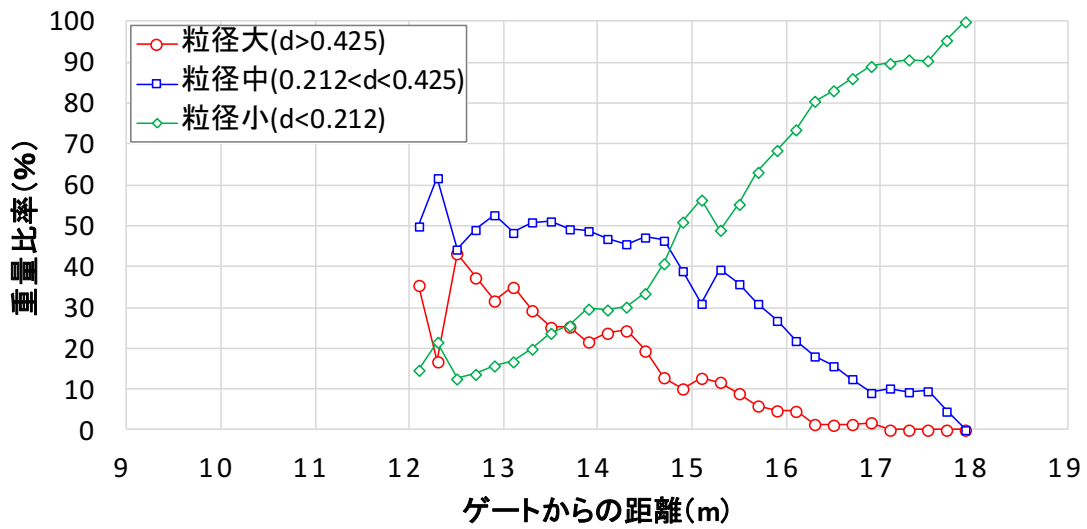


図 2-92 混合砂における移動砂量の粒度別重量比率分布
(勾配 1/60, 入射波 19cm, 混合砂 (ケース 1))

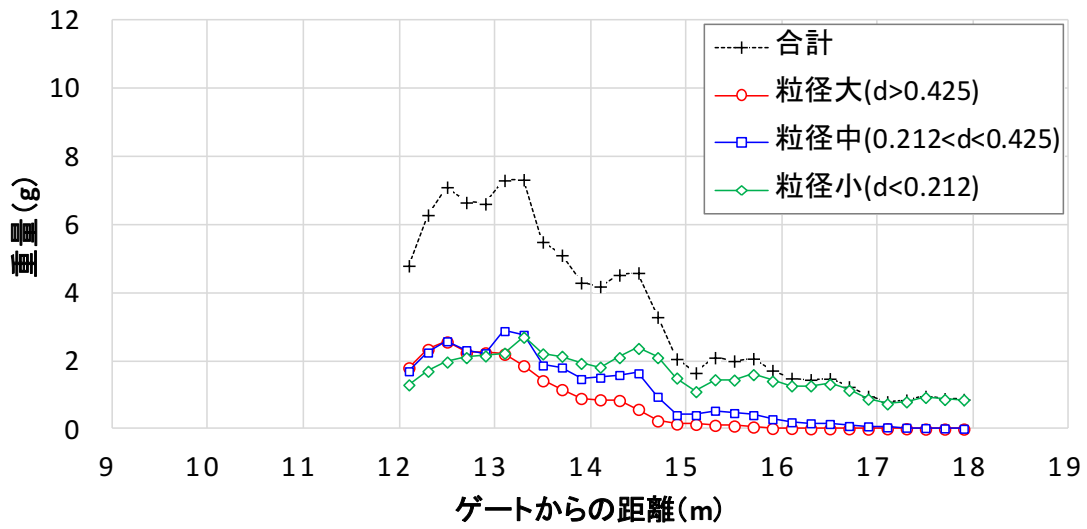


図 2-93 混合砂における移動砂量の粒度別重量分布
 (勾配 1/60, 入射波 19cm, 混合砂 (ケース 2))

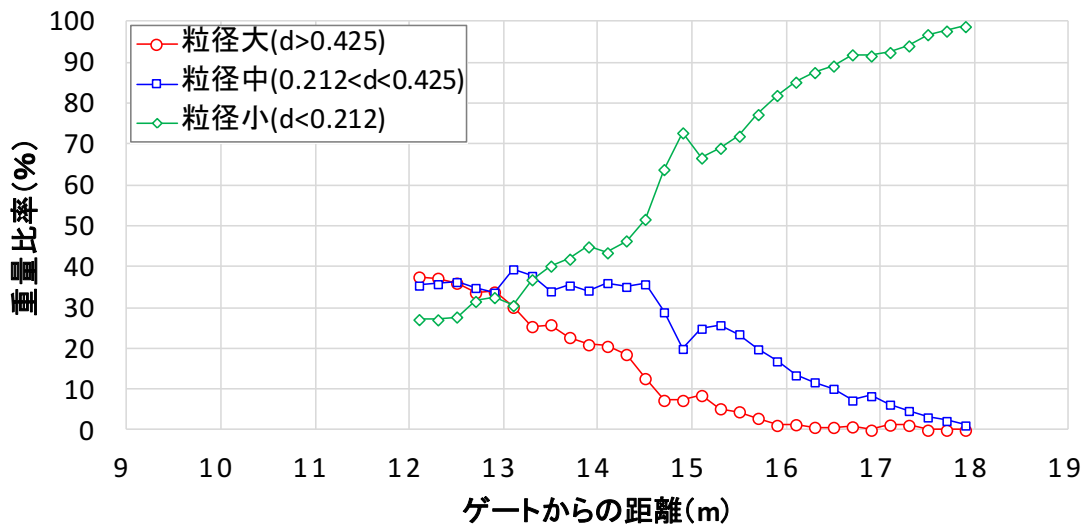


図 2-94 混合砂における移動砂量の粒度別重量比率分布
 (勾配 1/60, 入射波 19cm, 混合砂 (ケース 2))

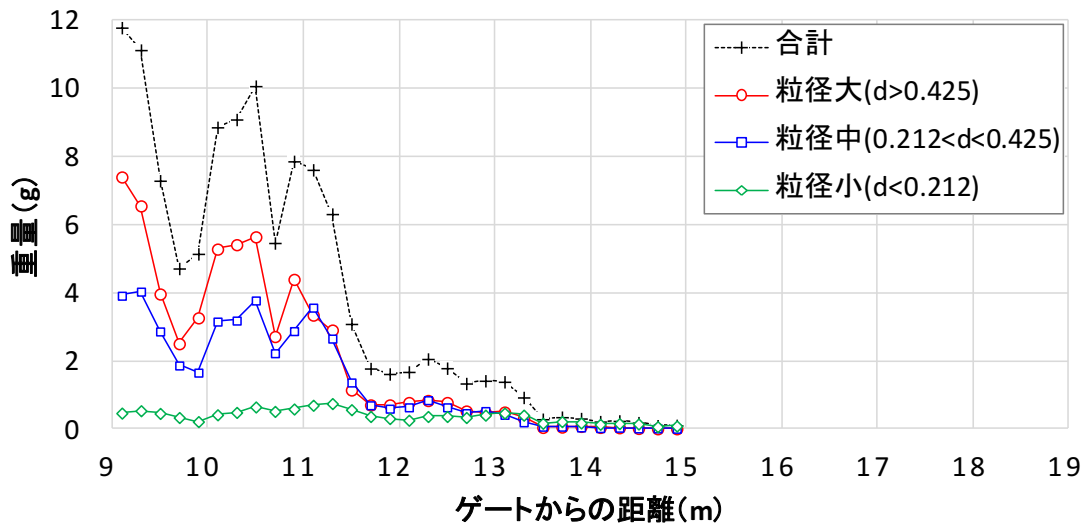


図 2-95 混合砂における移動砂量の粒度別重量分布
(勾配 1/60, 入射波 14cm, 混合砂 (ケース 1))

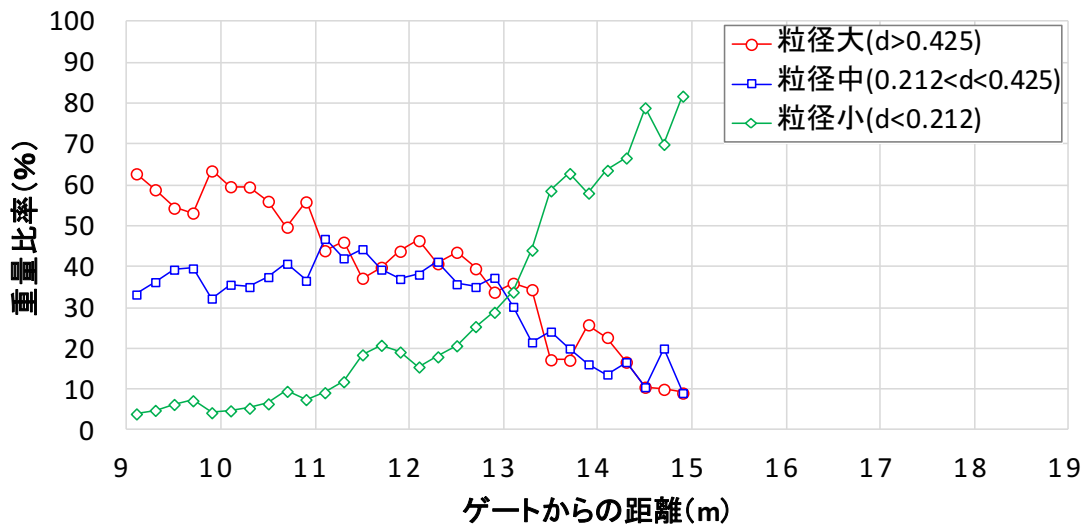


図 2-96 混合砂における移動砂量の粒度別重量比率分布
(勾配 1/60, 入射波 14cm, 混合砂 (ケース 1))

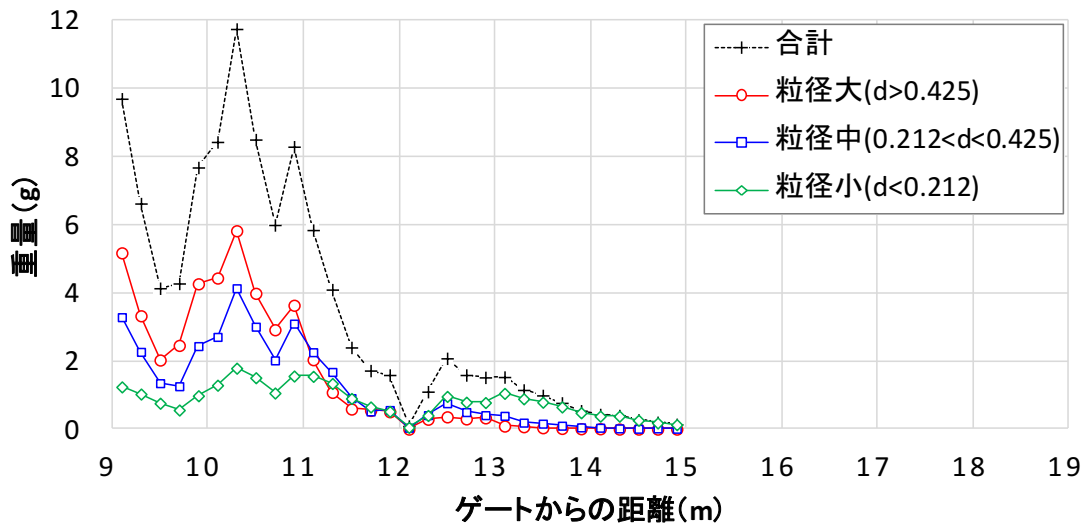


図 2-97 混合砂における移動砂量の粒度別重量分布
(勾配 1/60, 入射波 14cm, 混合砂 (ケース 2))

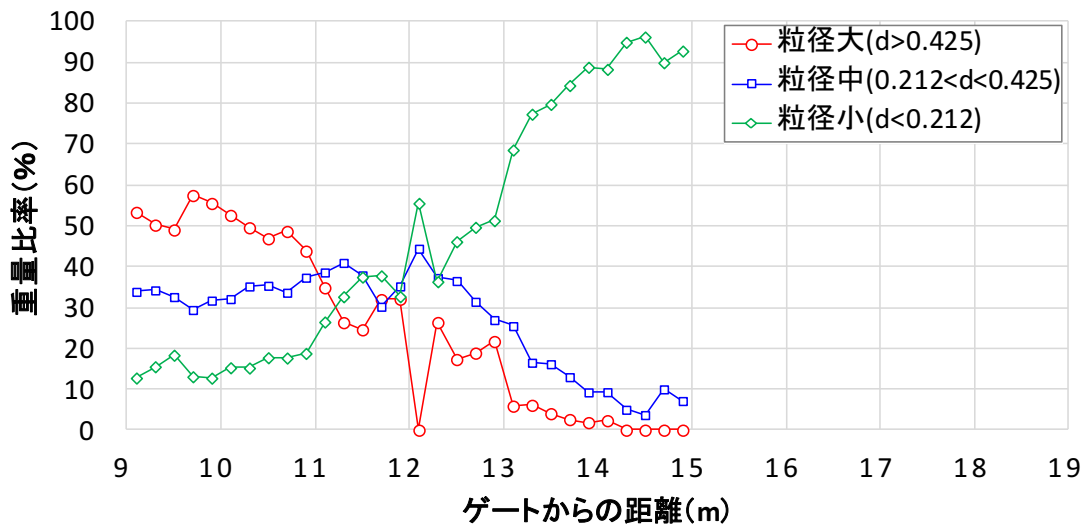


図 2-98 混合砂における移動砂量の粒度別重量比率分布
(勾配 1/60, 入射波 14cm, 混合砂 (ケース 2))

2.13 おわりに

本検討では、砂の粒径、遡上域の勾配、外力を変化させた津波移動床の水理実験を実施し、水理量と津波堆積物の関係を検討した。特に、①遡上距離と堆積物形成距離との関係、②入射波と堆積物の分布の関係、③砂の粒径の相違による堆積物の分布の相違、④単一砂と混合砂による堆積物の分布の相違について、計測データをもとに検討した結果を報告することができた。これらの検討結果について、計測データを精査し、堆積物の形成過程に関してさらに詳細に分析検討を行っていく必要がある。加えて、本検討の結果を踏まえ、計測条件を検討して、今後の実験計測を進めて行く必要がある。

3. 沿岸湖沼に突入する津波による地形変化に関する水理実験

3.1 はじめに

本章では、沿岸湖沼を対象とした水理実験結果に基づき、沿岸湖沼における津波堆積物の形成過程および津波による地形変化量と入射津波規模の関係について議論する。沿岸湖沼においては比較的保存状態の良い津波堆積物が採取可能である（岡村ら，2012）ことが指摘されているが、沿岸湖沼内での津波による流れ・土砂輸送過程についてはこれまで十分な研究が行われておらず、不明瞭な点が多く残されている。入射する津波外力条件と沿岸湖沼およびその周辺に生じる地形変化量との定量的な関係が明らかになれば、沿岸湖沼で採取される津波堆積物の情報から定量的に津波規模を推定することが可能となり、情報が限られている歴史津波に関する極めて有用な情報源となる。沿岸湖沼内での津波の水理特性や土砂輸送過程に関する基礎的な知見を得ることは、沿岸湖沼において採取される津波堆積物を津波規模推定に有効に活用する上で必要不可欠である。そこで昨年度と同様に東北大学の有する段波水路において沿岸湖沼を模した模型を設置し、固定床および移動床条件での実験を実施した。

3.2 実験方法

延長 17m、高さ 0.5m、幅 0.3m の両面ガラス張りの水平勾配開水路に模型縮尺 1/100、湖沼初期水深 $D_p=2.5\text{m}$ の沿岸湖沼模型を設置し実験を行った（図 3-1）。水路上流端から 3m の位置に瞬時に開放可能なゲートが設置してあり、その上流部の水位をゲート下流側より高くした状態でゲートを開放することで、段波を発生させ津波氾濫流を模擬した。昨年度の実験ではゲート上流側の貯留部の水深 H_u （以下、貯留水深）を 30、35、40cm に変えることで、波高の異なる 3 つの条件を設定し実験を実施した。本年度はこの貯留水槽の幅 W_u を 30cm から 60cm、90cm に拡幅し、貯留水量を大きくすることで、沿岸湖沼模型に入射する流れの継続時間を変化させて実験を行った。実施した実験条件は表 3-1 にまとめた。なお、結果の解析・考察に使用したため、昨年度実施した湖沼水深 $D_p=2.5\text{m}$ のケースについても併せて条件を示している。

はじめに貯留水深による浜堤部に入射する波浪外力条件の違いを調べるため、沿岸湖沼部を固定床とし、浜堤法先の手前 50cm の地点において水位および流速の計測を行った（図 3-1(a)）。水位は超音波水位計、流速はプロペラ流速計にて計測を行い、サンプリング周波数 50Hz でデータを測定した。流速の計測点は底面より 0.5cm から 18.8cm まで 12 点とし、後述の移動床実験に合わせて各点 3 回ずつ計測を実施した。浜堤法先に設置した容量式波高計で同時に計測した水位の立ち上がりの時刻をもとに各試行の同

期を行った。なお、本固定床実験は貯留水槽幅 $W_b=30\text{cm}$ のケース (case1~3) についてのみ実施した。

次に沿岸湖沼部に豊浦砂を敷き詰め、移動床条件で実験を実施した (図 3-1(b))。浜堤頂部および浜堤から 25, 75, 150, 200cm の計 5 地点において超音波水位計にて水位の計測を行った。また、浜堤頂部から下流側およそ 80cm にわたって水路側方から高速カメラにて撮影を行い、地形変化過程を観察するとともに地形変化量の時間変化を取得した。また、移動床部の全域にわたる堆積・浸食量を計測するため、カメラおよびプロジェクターを用いた底面の 3 次元形状計測を行った。本計測法はプロジェクターから照射したカラーパターン照明の物体表面における反射光をデジタルカメラによって撮影し、その画像を解析することで物体表面の 3 次元形状を計測するものである。計測の詳細については昨年度報告書および Watanabe ら (2011) を参照されたい。本計測法による底面形状計測を実験前後で実施し、その差を求めることで流れによる堆積および浸食量を取得した。なお、本計測法はプロジェクター照明範囲 (本実験では水路延長方向約 40cm) のみ計測が可能であるため、水路上方のカメラおよびプロジェクター設置位置を 30cm ずつ移動させて計測することで移動床部のほぼ全域について計測を行った。なお、底面形状 3 次元計測および水位計測については各ケース 3 回ずつ、高速カメラでの側方からの撮影は 1 回ずつ実施した。

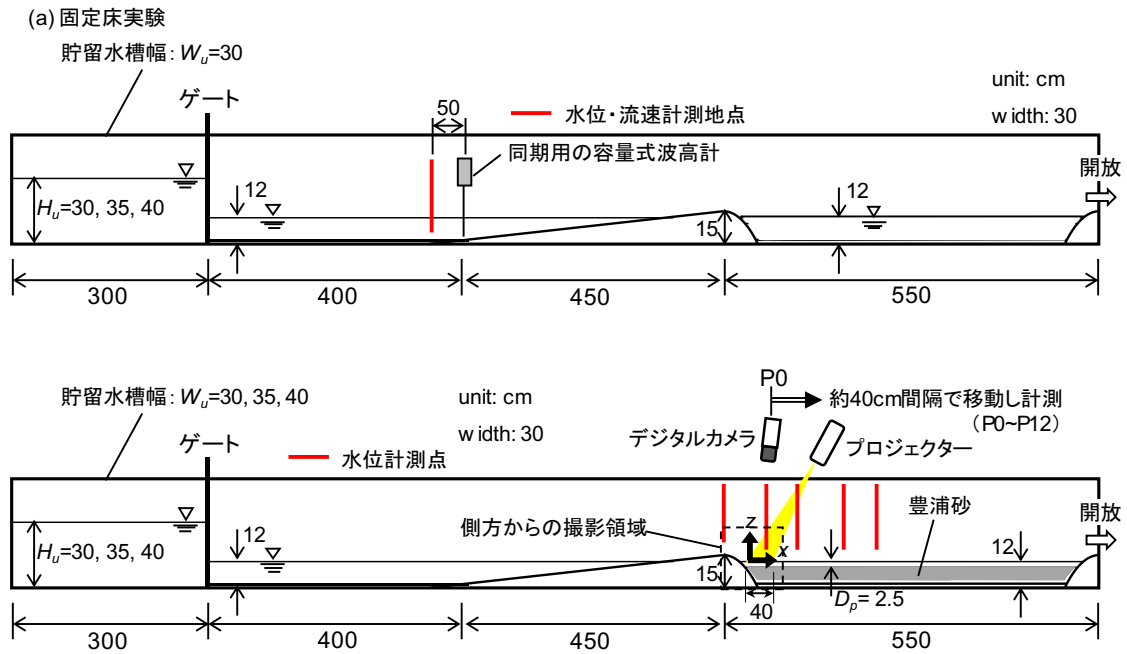


図 3-1 実験装置概要。(a)固定床実験, (b)移動床実験

表 3-1 実験条件

case	H_u (cm)	W_u (cm)	D_p (cm)
1 *	30	30	2.5
2 *	35	30	2.5
3 *	40	30	2.5
4	30	60	2.5
5	35	60	2.5
6	40	60	2.5
7	30	90	2.5
8	35	90	2.5

* H26年度実施ケース

3.3 固定床実験結果

図 3-2 に浜堤法先手前における入射波浪の様子を側方から撮影した画像を示す。貯留水深を 30, 35, 40cm に変化させた 3 ケースとも、ゲート急開直後に碎波し、段波状の波浪として浜堤に入射している。貯留水深が大きいケースほど波高が大きく、より多くの気泡を取り込みながら進行している様子が確認できる。

図 3-3 に各ケースの水平流速の鉛直分布を示す。各ケースとも波浪の入射直後に流速が増加する位相では水面近くで局所的に流速が大きいのが、静水位から底面近くまではほぼ一様な流速となっている。その後流速が減少する位相ではそのような水面近くでの局所的な流速変化は見られない。

次に上述の流速計測結果をもとに断面平均流速を求め、水位計測結果と合わせて各ケースでの入射波浪条件の差異を確認した。図 3-4 は水位および断面平均流速、単位幅流量の時間変化を示している。なお時刻は浜堤法先の通過時刻を 0 として示している。水位・断面平均流速・単位幅流量のいずれについても反射波の影響が入る $t=7s$ 以降についてはケースごとに時間変動の傾向に細かな差異が生じているが、それ以前の波形についてはケースごとにほとんど同様な時間変化を示している。貯留水深の増加に伴い入射外力が増加するが、周期については貯留水深の影響をほとんど受けていないことが確認できた。

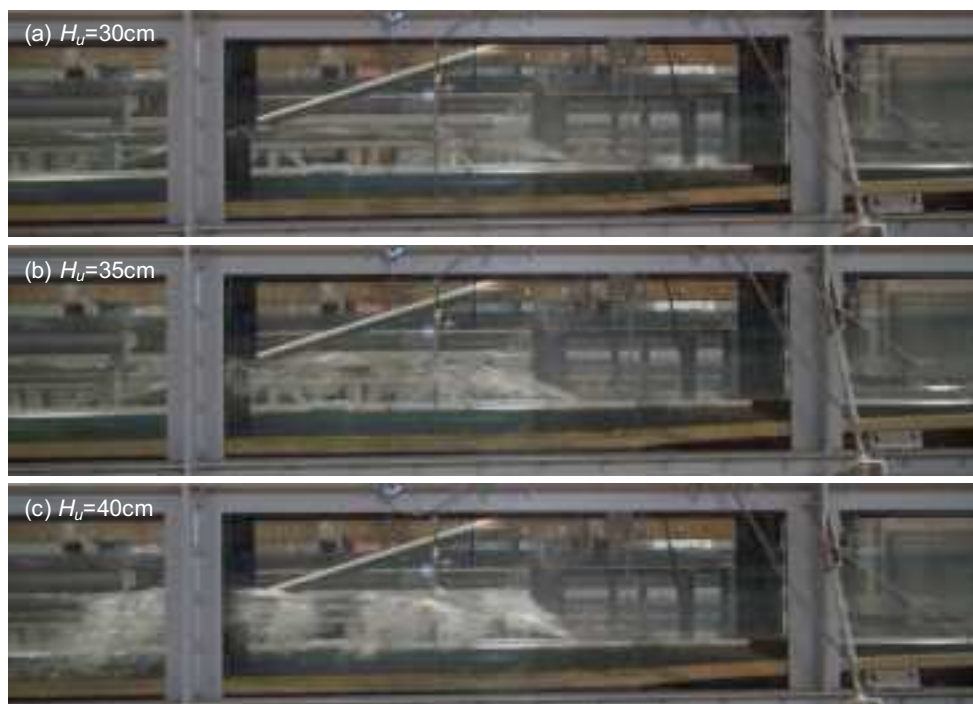


図 3-2 浜堤法先に入射する波浪の様子

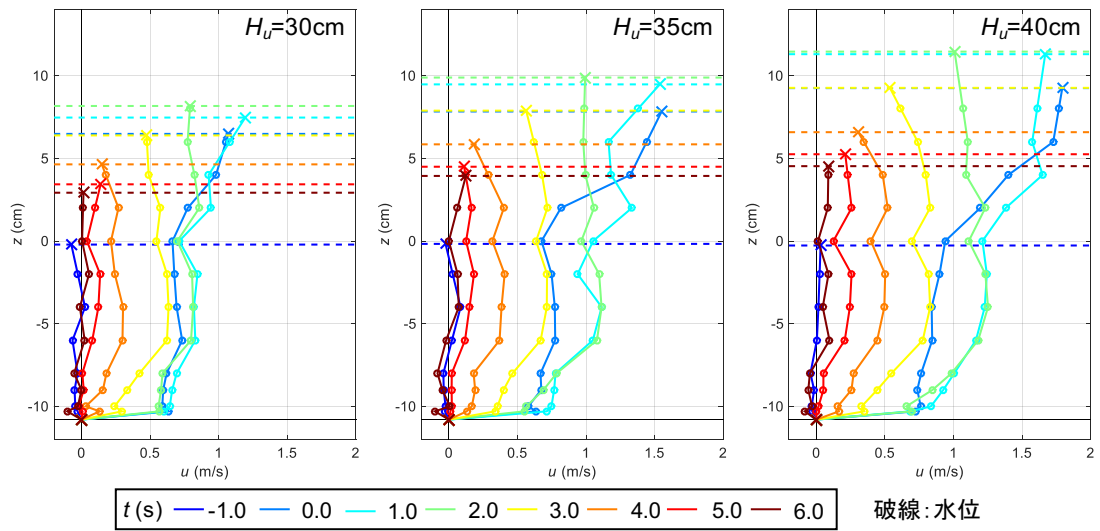


図 3-3 各貯留水深に対する流速の鉛直分布計測結果. 色は時刻を示す

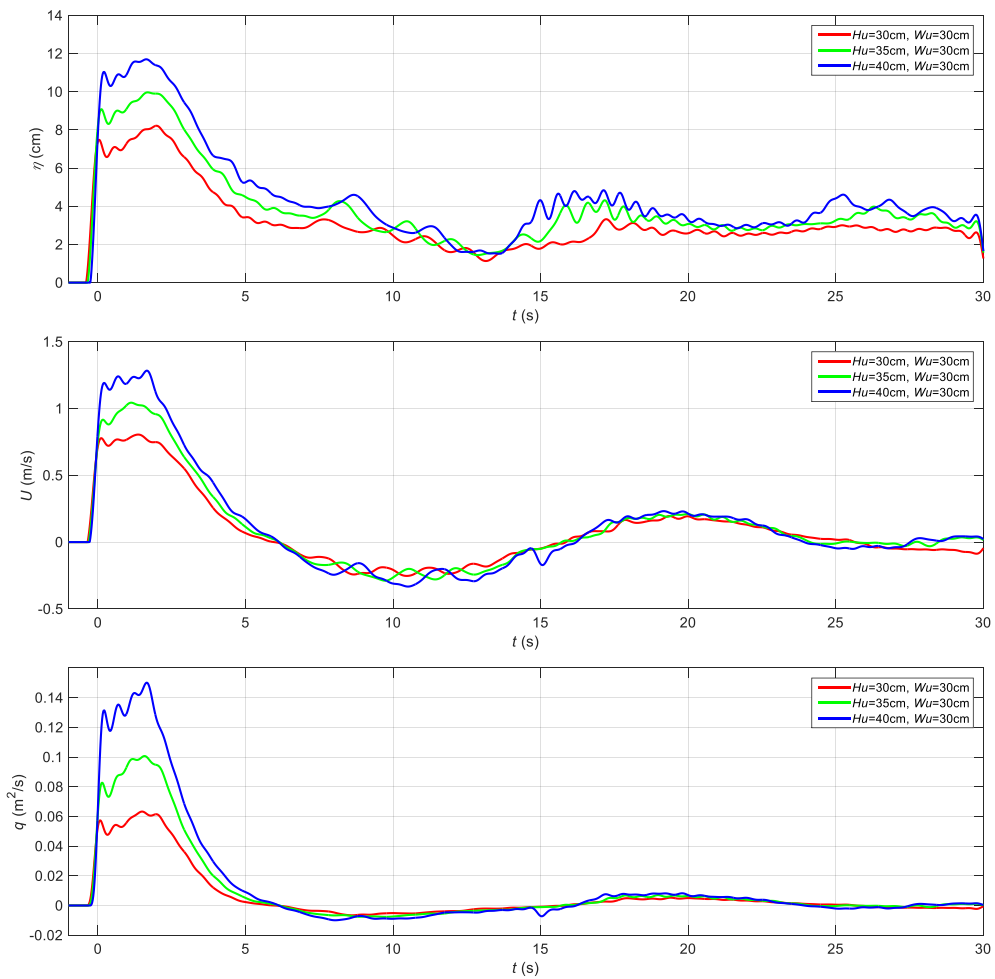


図 3-4 水位，断面平均流速および単位幅流量の時間変化

3.4 移動床実験結果

(1) 流れおよび地形変化の概要

図 3-5 に浜堤周辺から湖沼内部の実験時の様子を撮影した画像を示す。段波が浜堤を超えて湖沼に突入すると、湖沼水面への着水時にスプラッシュが生じ、砂を巻き上げながら下流側へ進行する（図 3-5a）。その後先端部は水路下流端まで段波状のまま進行していく（図 3-5b）。浜堤の背後では先端部の通過後、浜堤から流下してくる流れにより高流速が維持されることで徐々に浸食が生じ、その分の土砂が下流側へ運ばれていく（図 3-5c）。その後時間の経過とともに浜堤を越流する流量が小さくなり、さらに浜堤背後での地盤高が浸食により低下するため、浸食箇所とその背後で大きな水位差が生じ、水面が上流側に向かって崩れる（図 3-5d）。この際に土砂の巻き上げが生じ、巻き上げられた土砂の再堆積の途中で下流端からの反射波が到達する（図 3-5e）。今回実施したすべてのケースでほぼ同様な流れおよび地形変化の様子が観察された。

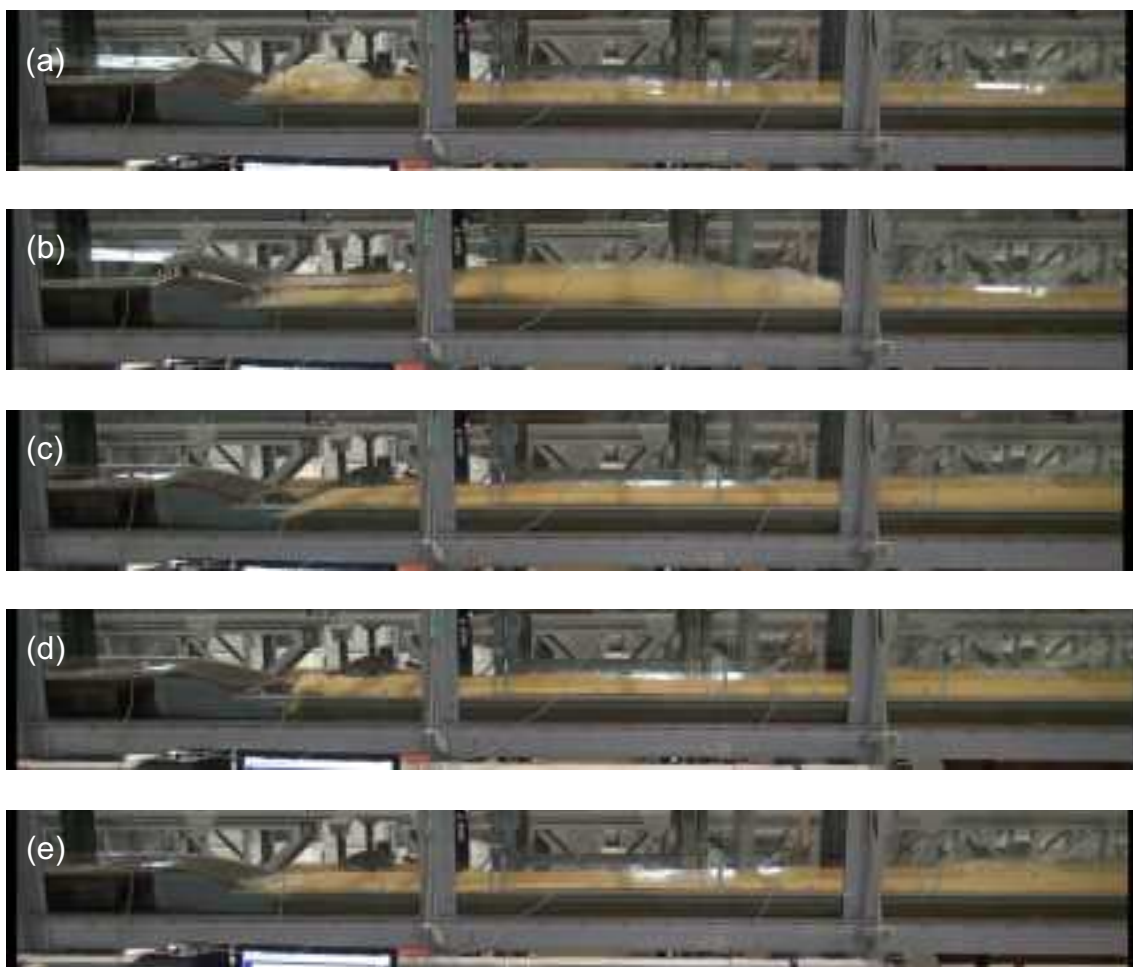


図 3-5 移動床実験における流況および地形変化の概要

(2) 水位計測結果

次に超音波水位計による水位の計測結果を図 3-6, 3-7 に示す。浜堤頂部 (St. 1) では越流開始後急速に水位が上昇した後、緩やかに水位が低下する。その後下流端からの反射波が到達し、水面に若干の変動が生じる。浜堤の直背後 (St. 2, 3) では先端部の通過時にスプラッシュによる急峻な水位ピークが生じ、その後越流流量の増減に対応して水位が上下する。一方でさらに下流側の St. 4, 5 では先端部通過時にも急峻なピークは生じず、越流量の変化に応じた単一のピークを持つ波形が確認できる。その後、下流端からの反射波の伝播に伴って下流側の計測点から水位が上昇する。

図 3-8 は全ケースでの浜堤頂部 (St. 1) における水深の時間変化をまとめて示した図である。貯留水深を増加させることで越流水深が増加し、貯留水槽幅を大きくすることで越流の継続時間が大きくなる傾向が見受けられる。この貯留水深、貯留水槽幅の変化に対する湖沼への流れの入射条件の変化を確認するため、最大越流水深 d_{max} 、越流継続時間 T_d 、最大単位幅流量 q_{max} 、単位幅あたり総越流量 V を求めた (表 3-2, 図 3-9)。ただし、単位幅流量の算定に当たり、浜堤頂部で支配断面が生じるものと仮定し、浜堤頂部での水深の時間変化より単位幅流量を計算した。これにより得られた単位幅流量の時間変化をもとに、最大単位幅流量および単位幅あたり総越流量を求めた。なお、ケースによっては越流が完全に終了するよりも前に反射波が浜堤に到達するため、これらのケースでは反射波到達直前の水位変化から 2 次式で外挿行うことで、越流継続時間を求めた。単位幅あたりの総越流量の計算は、越流開始から越流継続時間までの単位幅流量を積分することで求めている。次項以降では、これらのパラメータを流入条件を代表するパラメータとして、その地形変化量との関係を議論する。

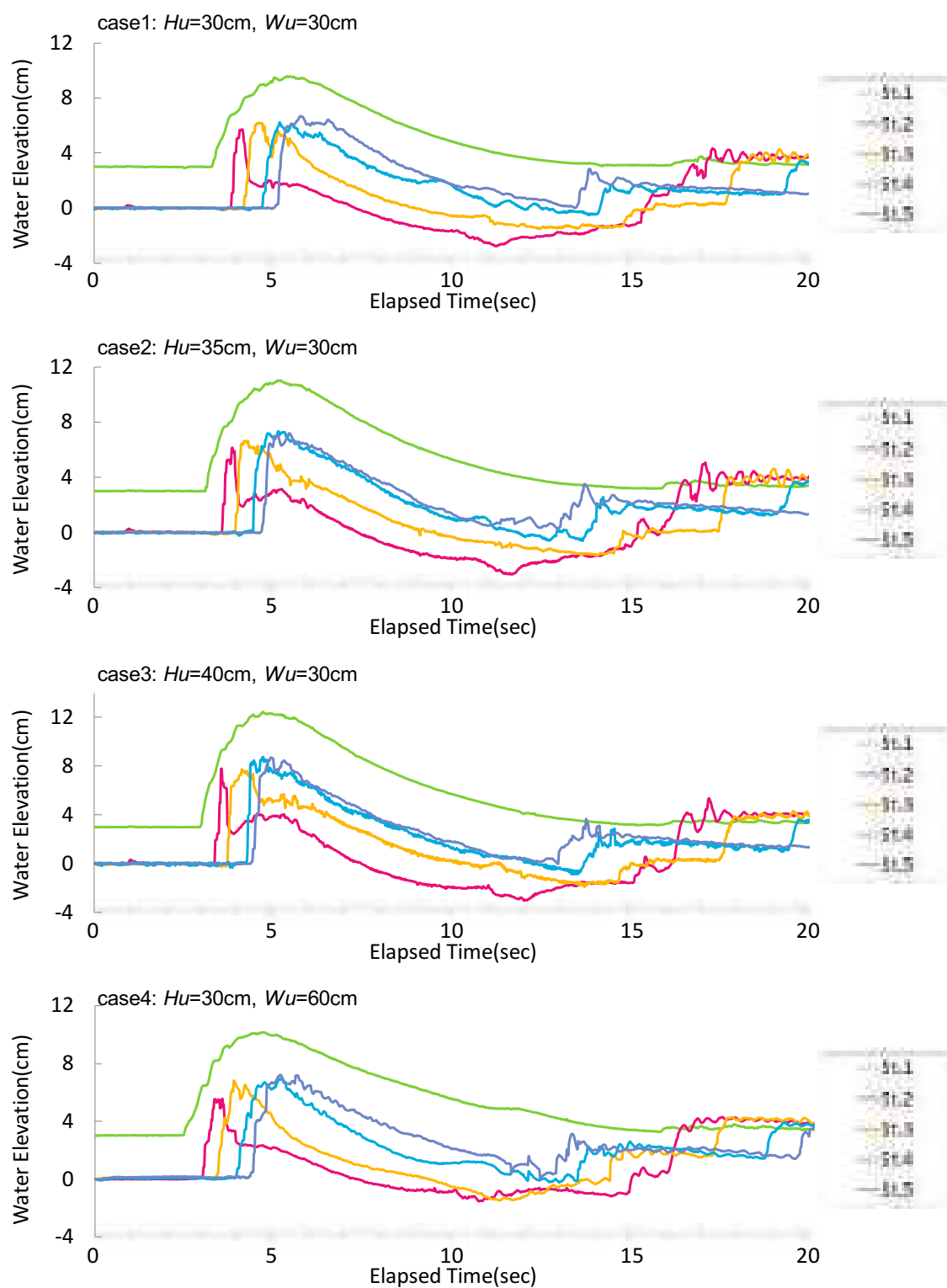


図 3-6 水位計測結果 (case1~4). 3 回分の試行平均値

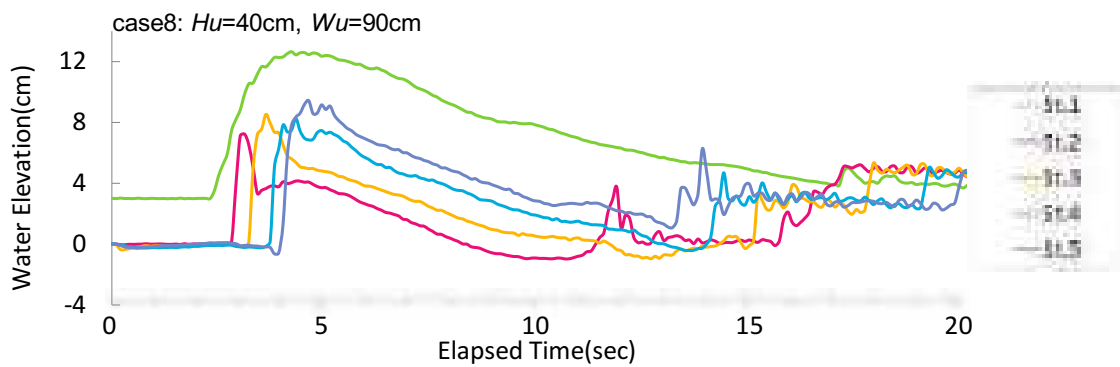
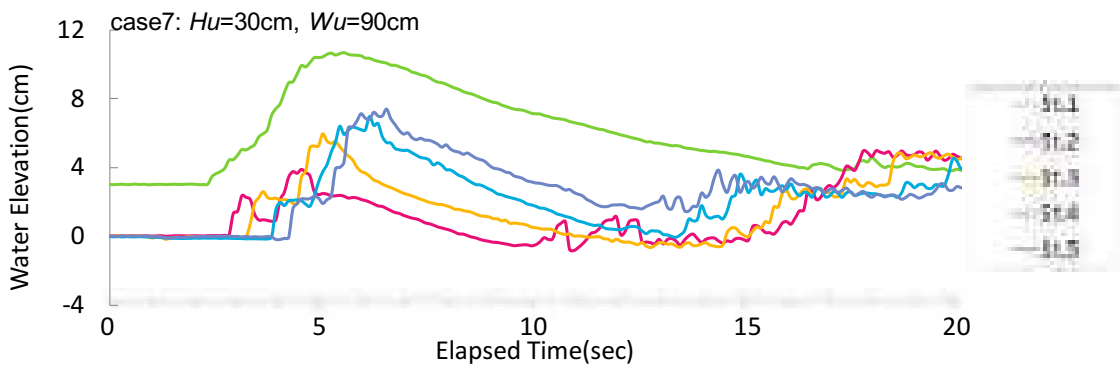
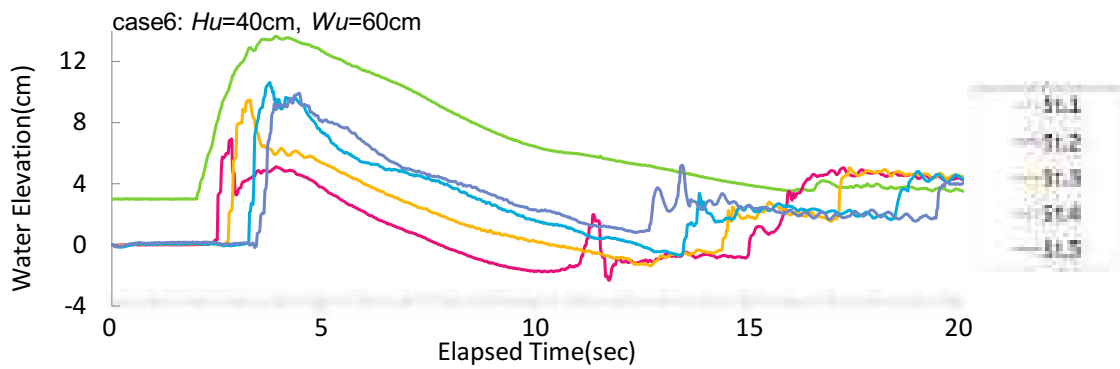
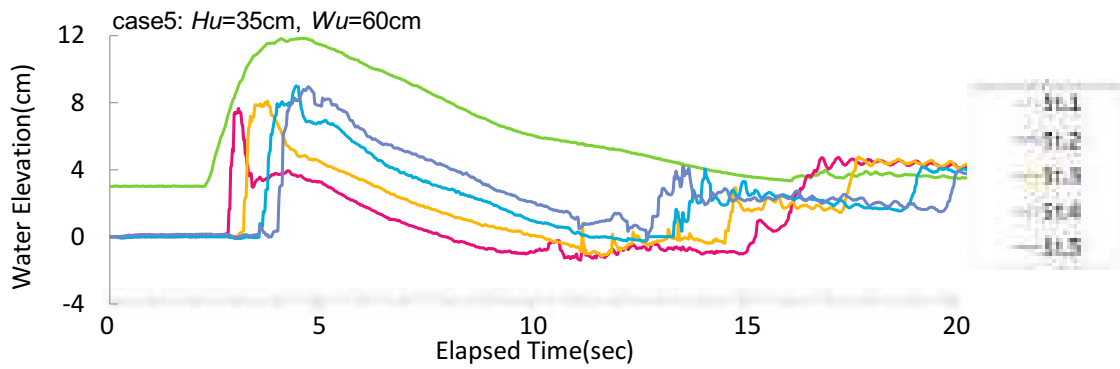


図 3-7 水位計測結果 (case5~8). 3 回分の試行平均値

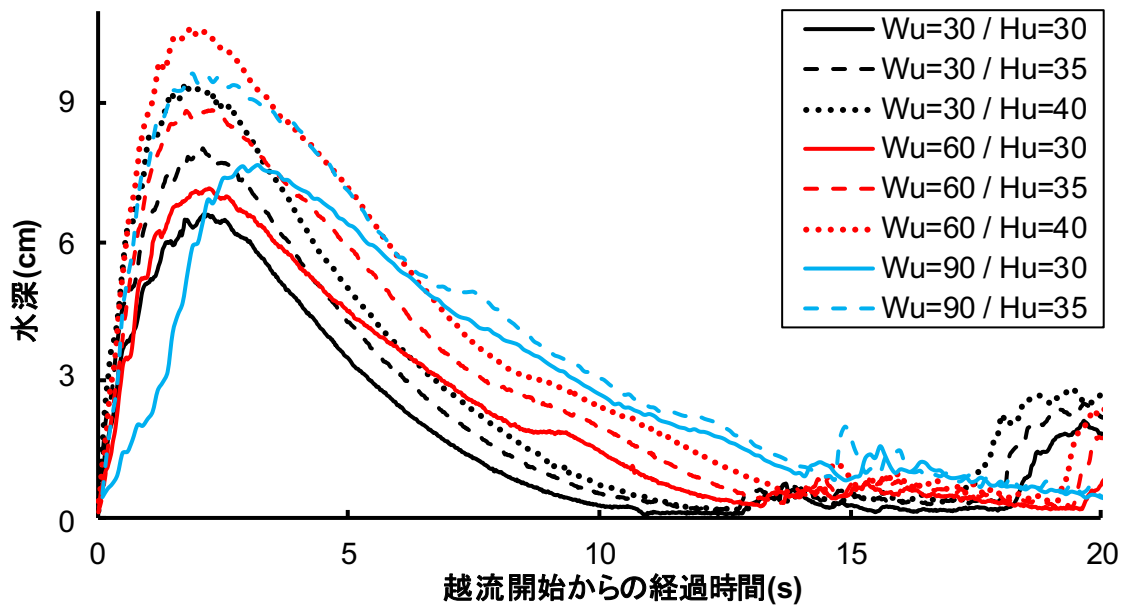


図 3-8 浜堤頂部 (St. 1) における水深の時間変化

表 3-2 各ケースの浜堤越流条件

case	H_u (cm)	W_u (cm)	d_{max} (cm)	T_d (s)	q_{max} (cm ² /s)	V (cm ³)
1	30	30	9.6	9.9	5.30×10^2	2.19×10^3
2	35	30	11.0	11.4	7.12×10^2	2.93×10^3
3	40	30	12.5	11.5	9.10×10^2	3.79×10^3
4	30	60	10.2	13.1	5.99×10^2	2.88×10^3
5	35	60	11.9	14.0	8.25×10^2	4.16×10^3
6	40	60	13.7	14.8	1.09×10^3	5.52×10^3
7	30	90	10.7	16.4	6.64×10^2	3.82×10^3
8	35	90	12.6	19.0	9.38×10^2	5.53×10^3

d_{max} : 最大越流水深, T_d : 越流継続時間

q_{max} : 最大単位幅流量, V : 単位幅当たり総越流量

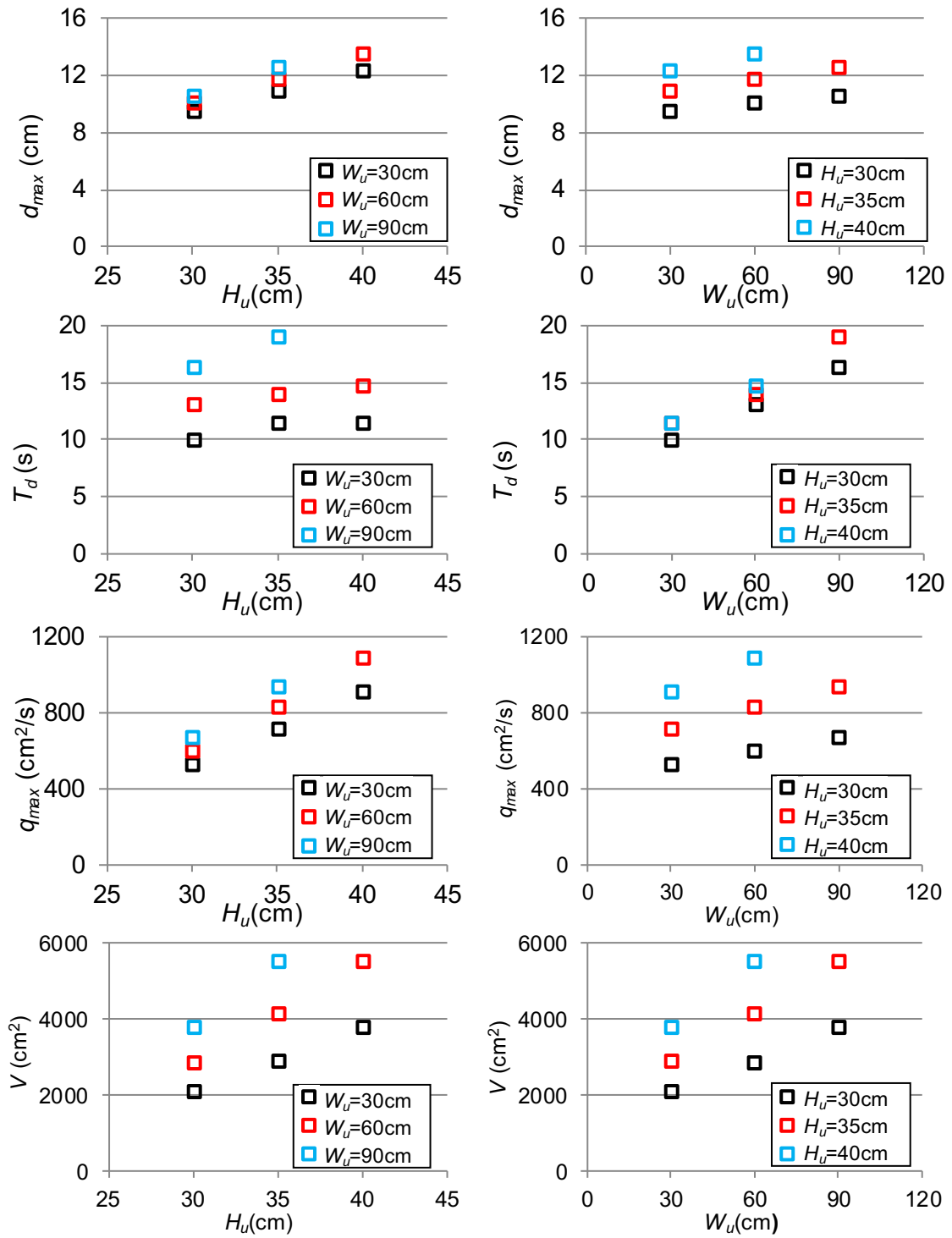


図 3-9 貯留水槽幅 W_u および貯留水深 H_u と湖沼への流入状況の関係

(3) 浜堤背後の地形変化の時間発展

高速カメラにより側方から撮影した画像の例を図 3-10 に示す。(1)で述べたように、先端部の通過後に高速流により浜堤の直背後の部分が浸食され下流側へ土砂が供給されている様子が確認できる。その後越流流量の低下および地盤高の低下に伴って、浜堤背後での水位が低下し、湖沼内側との水位差が大きくなることで、水面が上流側に向かって崩れる。これにより生じた渦によって土砂が大きく巻き上げられるが、すでに流速が減少しているため、ほぼその場で沈降していく様子が確認された。その後下流側からの反射波が到達するが、これによる地形の変化は確認されなかった。

図 3-11, 3-12 は高速カメラにより撮影した画像から抽出した底面形状の時間変化を示している。浜堤の直背後における浸食形状はすべてのケースでほぼ相似な形状をとっていることがわかるが、貯留水槽幅が小さく越流継続時間が短い case1~3 では水面の上流側への崩落後の再堆積が大きい。また、大きく浸食されている領域の背後においては、すべてのケースで浸食後に再堆積が生じている(図 3-11, 12 の右端付近)。

これらの結果から最大浸食深の時間変化を求め、図 3-13 に示した。越流水深や越流の継続時間が異なるすべてのケースについて、初期の浸食深の増加速度はほぼ一致している。その後、水面が上流側へ崩れる時刻(表 3-3)に増加速度が小さくなり、その後はほとんど変化が見られない。一部のケースでは再堆積により最大浸食深が減少しているものの、その変動量は小さく、水面が崩落し浸食速度が低下するまでの時間が最大浸食深を決定している(図 3-14)。

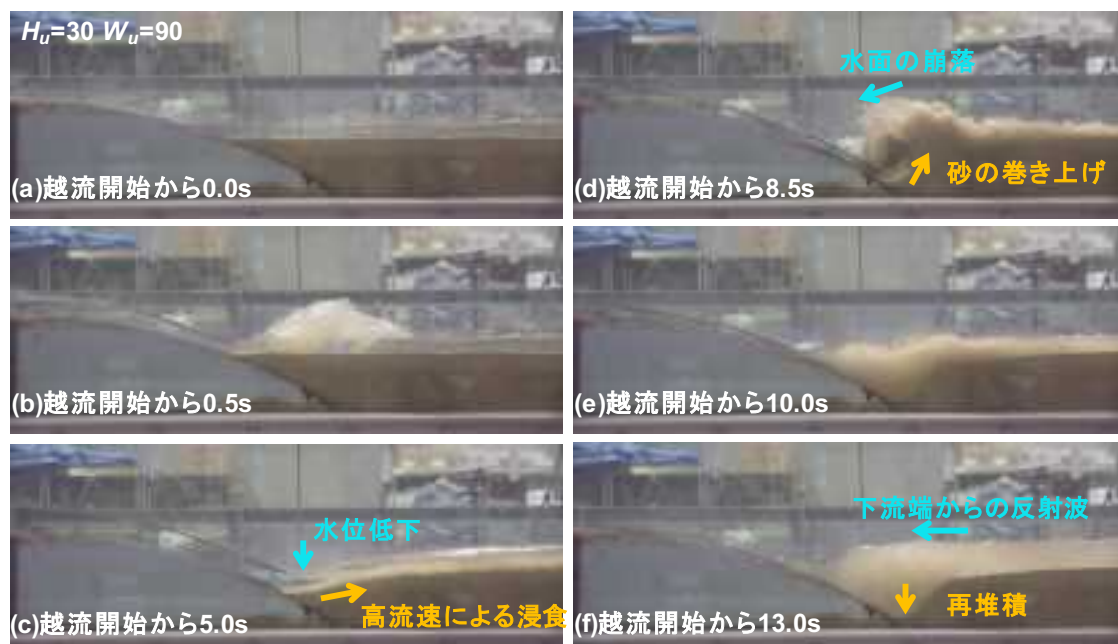


図 3-10 高速カメラによる側方からの撮影画像の例 (case7)

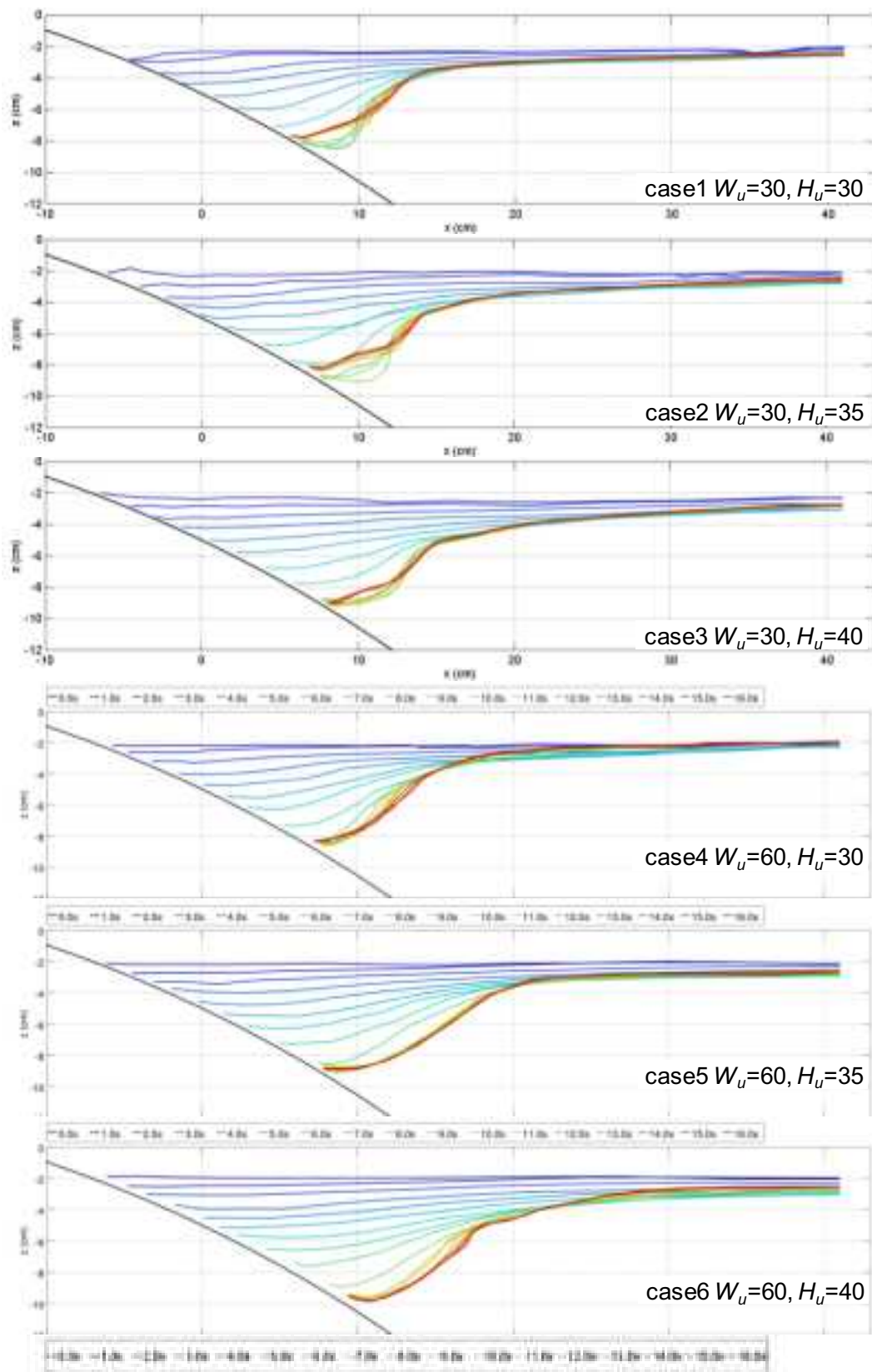


図 3-11 底面形状の時間変化 (case1~6)

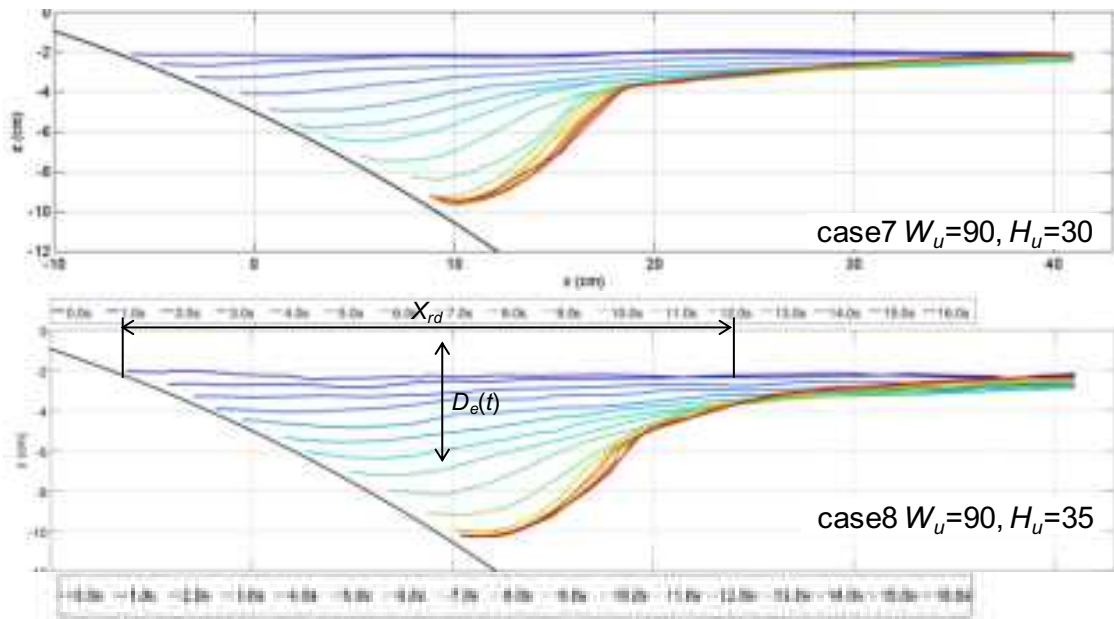


図 3-12 底面形状の時間変化 (case7~8)

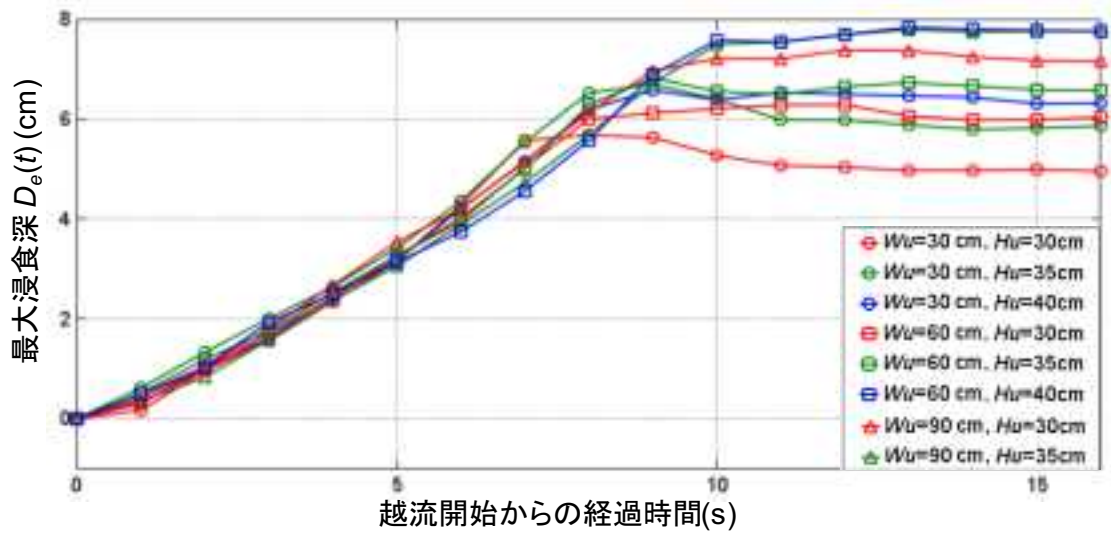


図 3-13 最大浸食深の時間変化

表 3-3 越流開始から水面崩壊までの時間

case	H_u (cm)	W_u (cm)	T_c (s)
1	30	30	6.61
2	35	30	7.58
3	40	30	7.80
4	30	60	7.55
5	35	60	8.06
6	40	60	9.10
7	30	90	8.13
8	35	90	9.25

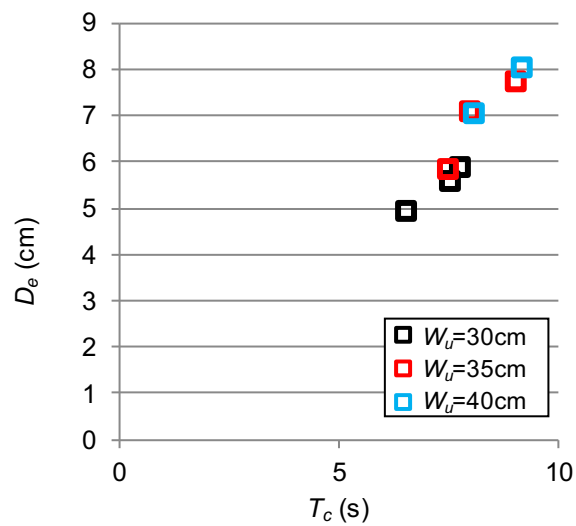


図 3-14 水面崩壊までの時間と最終的な最大浸食深の関係

(4) 堆積・浸食量水平分布の計測結果

カメラ及びプロジェクターによる3次元底面形状計測結果から求めた堆積・浸食量の水平分布を図3-15～3-22に示す。各ケースとも3回分の試行計測結果と試行平均値を示している。また、これらの結果から求めた堆積・浸食量の横断方向平均値の空間分布を図3-23～3-25に示した。3回の試行を比較すると、浸食域についてはほぼ差異が見られない。また堆積域については堆積箇所や堆積厚に試行ごとのばらつきはあるものの、全体的な傾向については概ね一致している。そこで試行平均値を代表値としてケースごとの地形変化量の違いについて議論する。図3-26は堆積・浸食量の横断方向平均値を貯留水深毎にプロットしたものである。全ケースで浜堤背後でのみ浸食が生じ、浸食域の背後で薄く広範囲に堆積が生じる同様な地形変化の傾向が確認できた。これらの結果から最大浸食深 D_e 、浸食範囲の長さ L_e 、平均堆積位置 X_d 、最大堆積高 D_d を求めた。(5)においてこれらの値と流入条件について比較を行う。ただし、平均堆積位置 X_d は次式により定義した。

$$X_d = \int_{x_1}^{x_2} \Delta z x dx / \int_{x_1}^{x_2} \Delta z dx \quad (3-1)$$

ここで、 $\Delta z(x)$ は底面高さの横断方向平均値であり、浸食域を除いた範囲で積分を行っている。

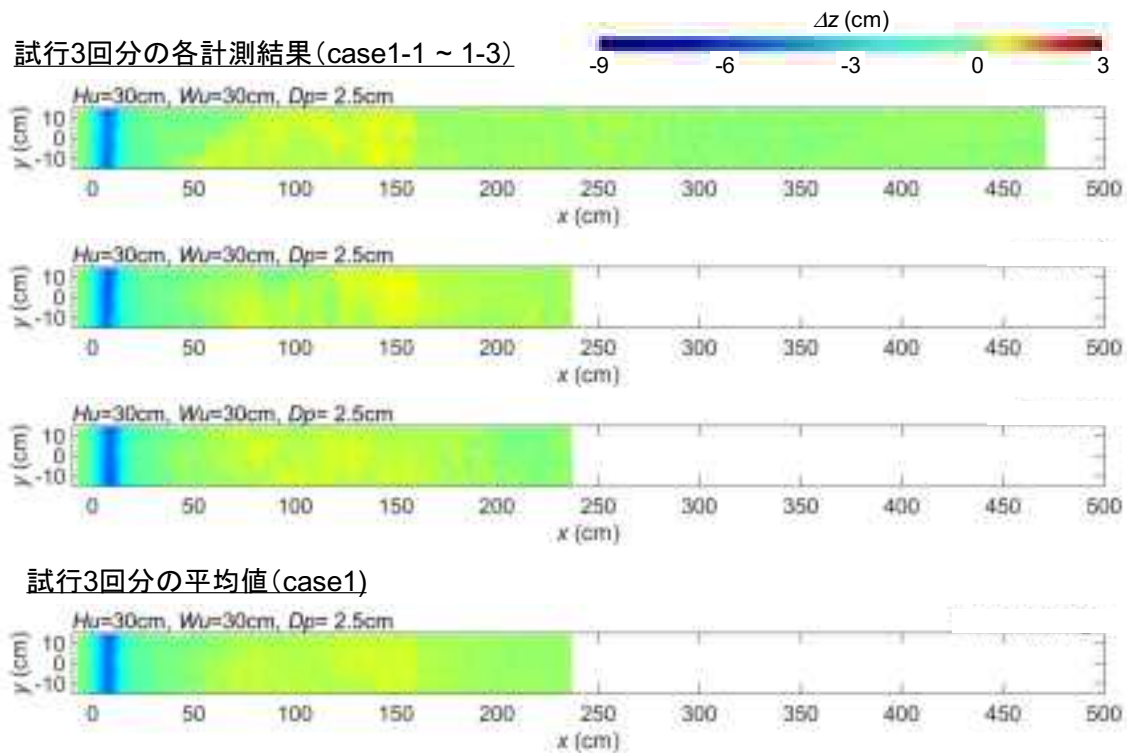


図 3-15 堆積・浸食量の水平分布およびその試行平均値 (case1)

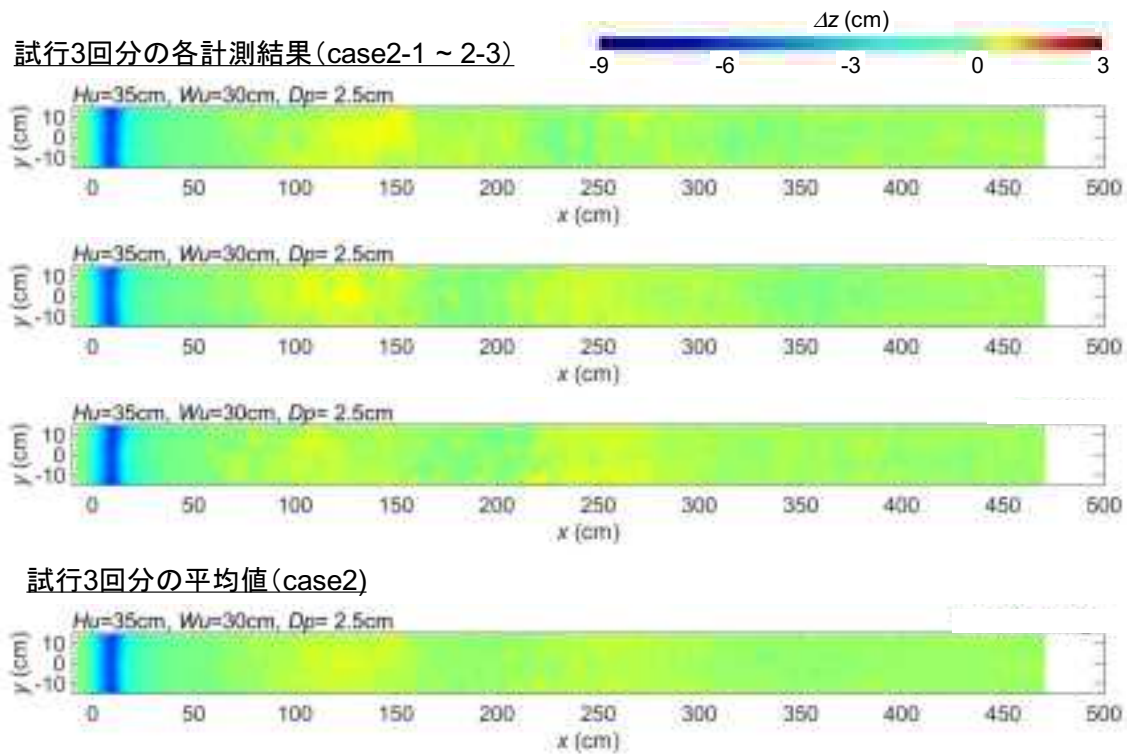


図 3-16 堆積・浸食量の水平分布およびその試行平均値 (case2)

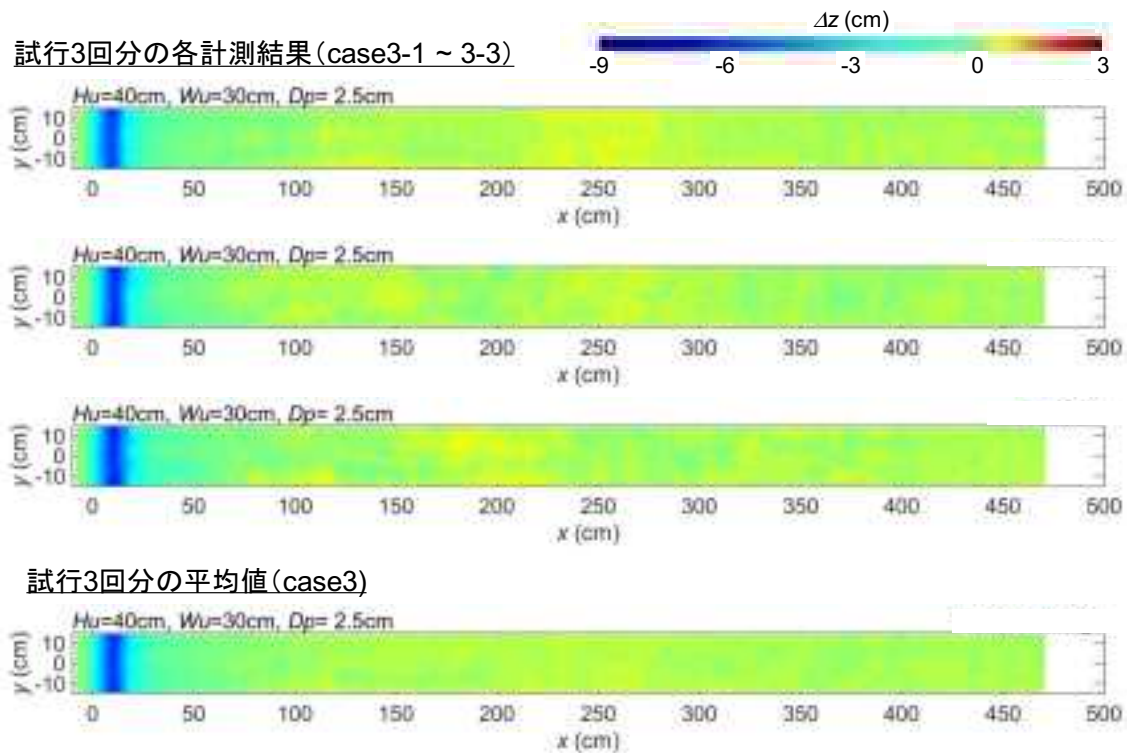


図 3-17 堆積・浸食量の水平分布およびその試行平均値 (case3)

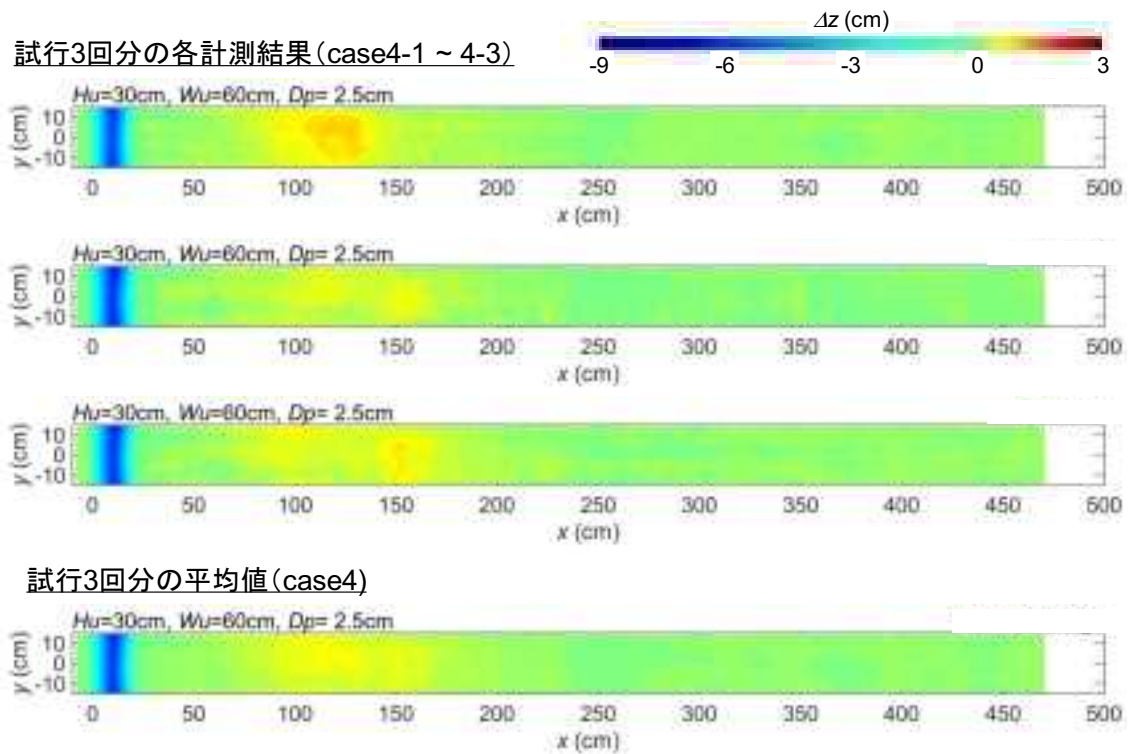


図 3-18 堆積・浸食量の水平分布およびその試行平均値 (case4)

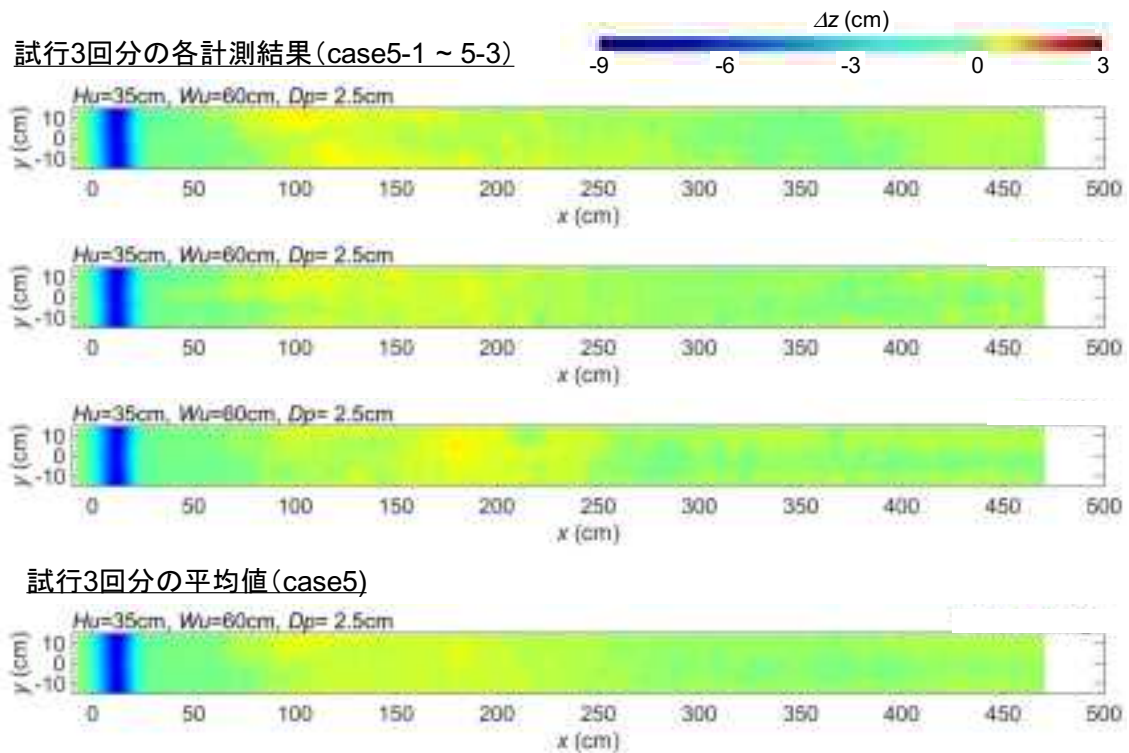


図 3-19 堆積・浸食量の水平分布およびその試行平均値 (case5)

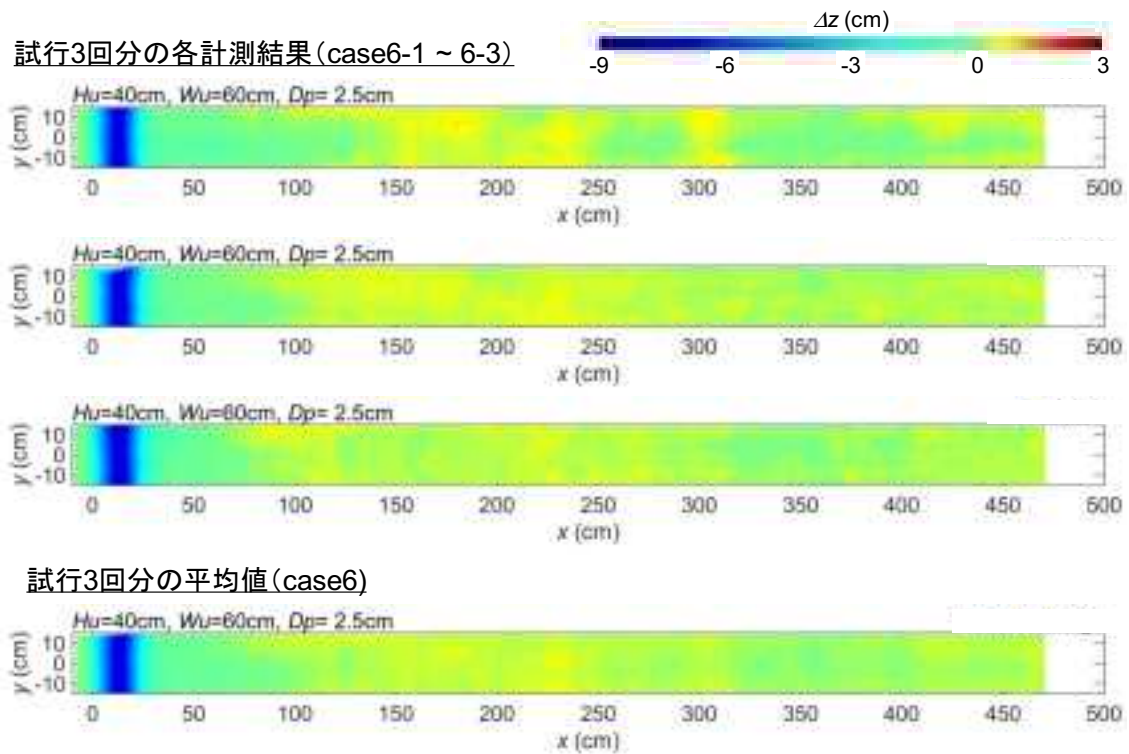


図 3-20 堆積・浸食量の水平分布およびその試行平均値 (case6)

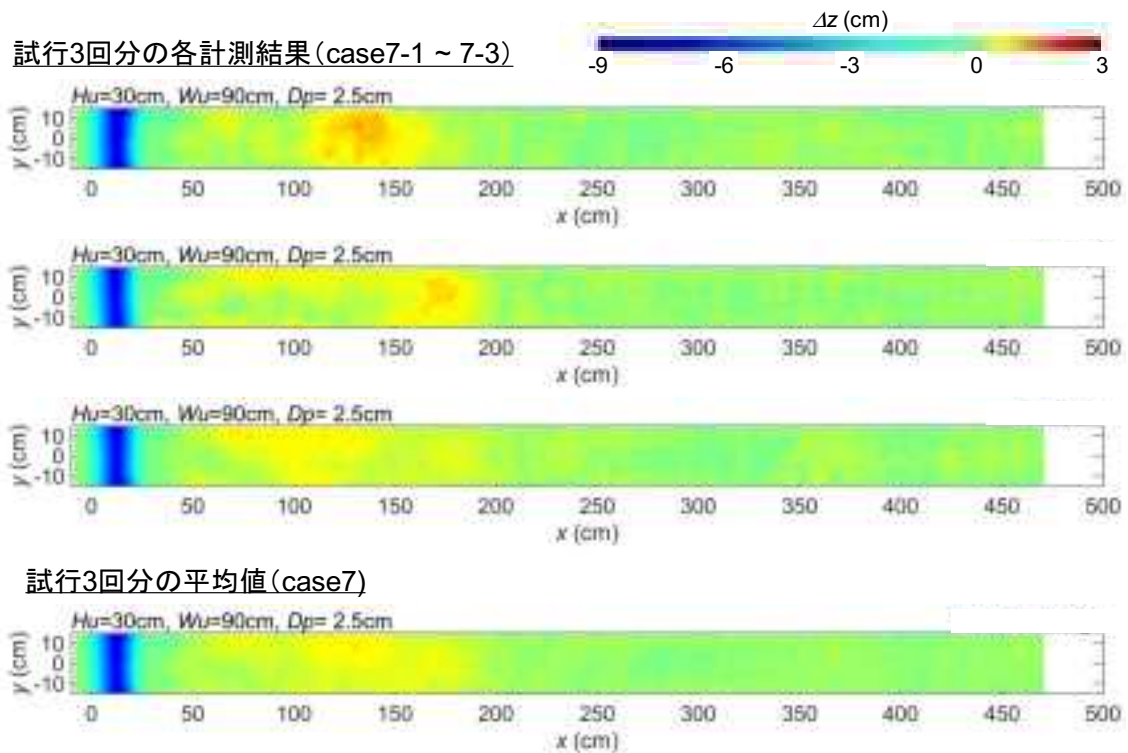


図 3-21 堆積・浸食量の水平分布およびその試行平均値 (case7)

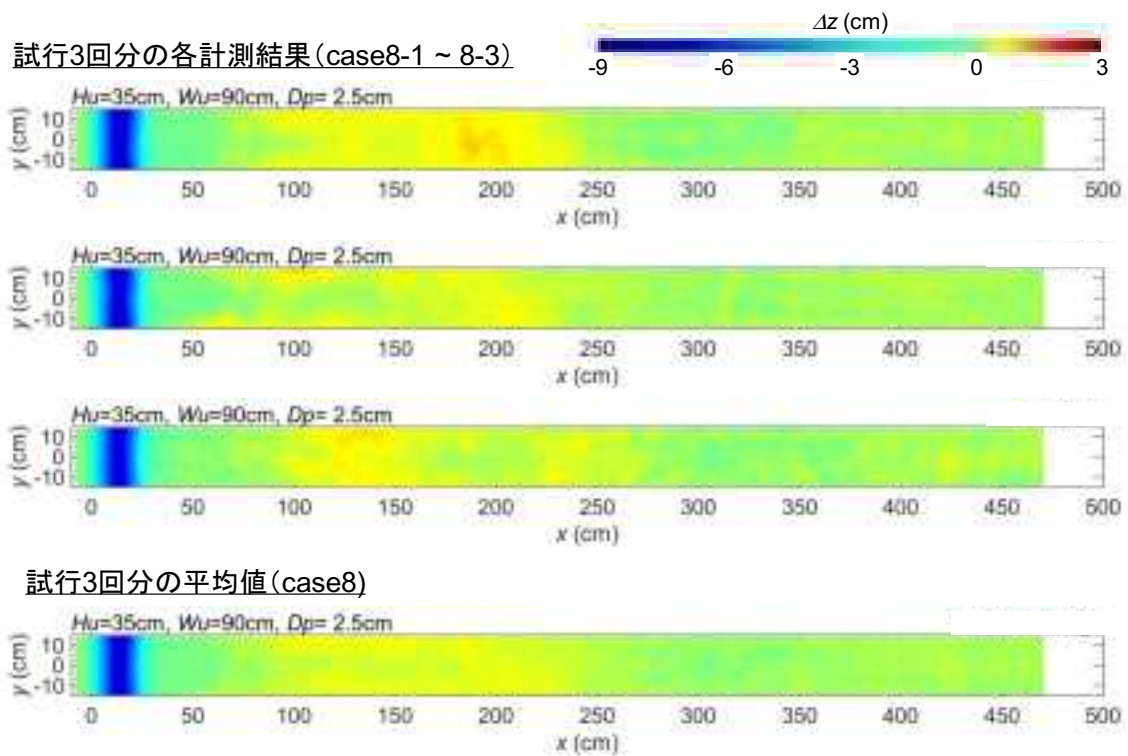


図 3-22 堆積・浸食量の水平分布およびその試行平均値 (case8)

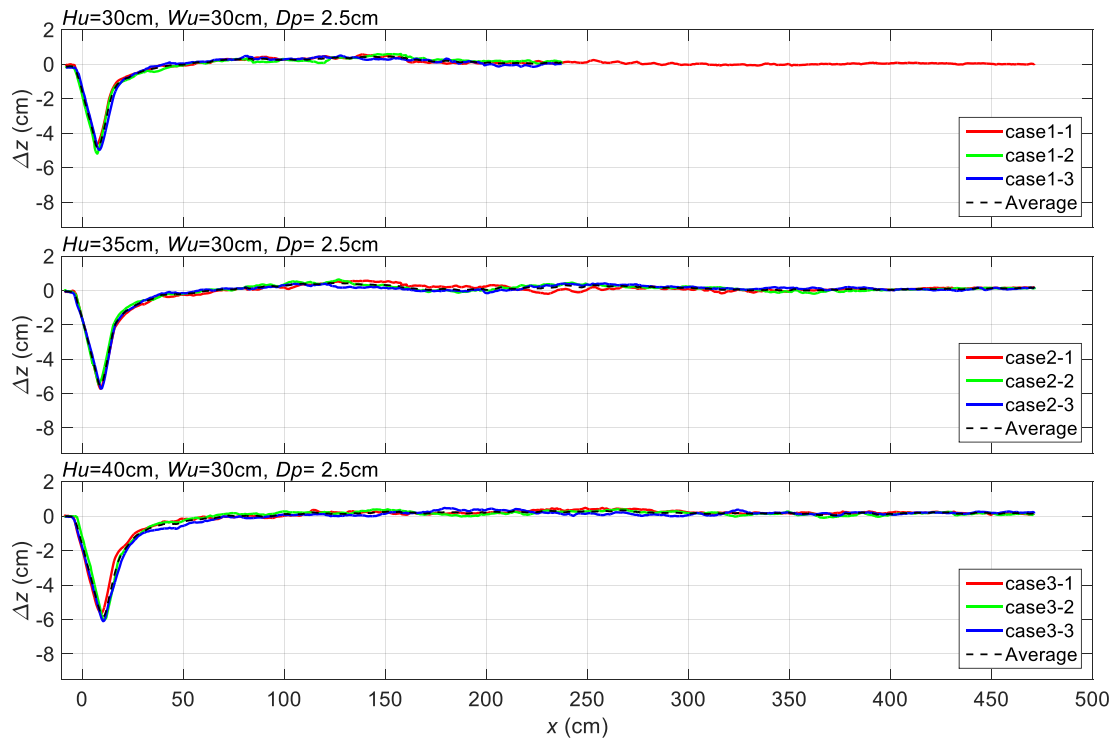


図 3-23 堆積・浸食量の横断方向平均値およびその試行平均値 (case1~3)

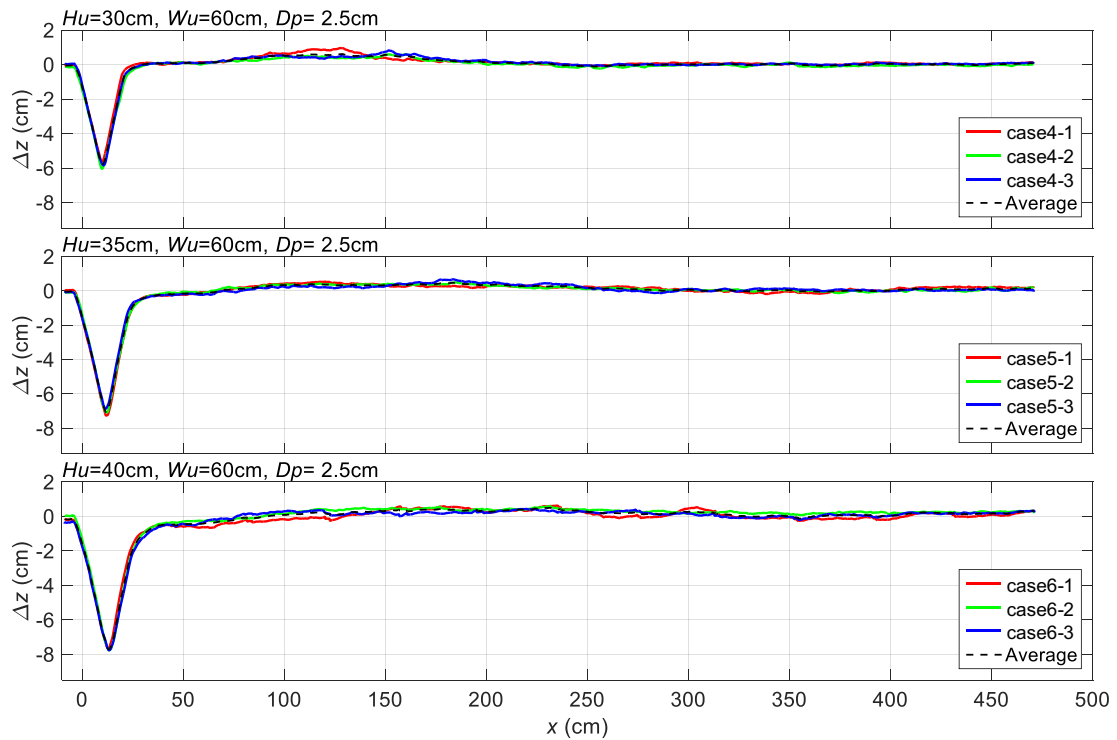


図 3-24 堆積・浸食量の横断方向平均値およびその試行平均値 (case4~6)

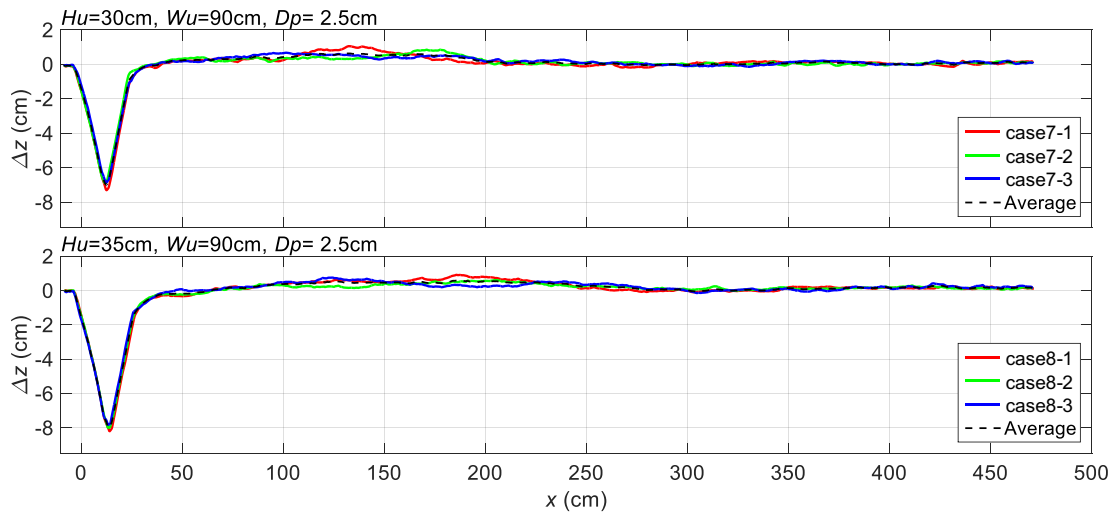


図 3-25 堆積・浸食量の横断方向平均値およびその試行平均値 (case7~8)

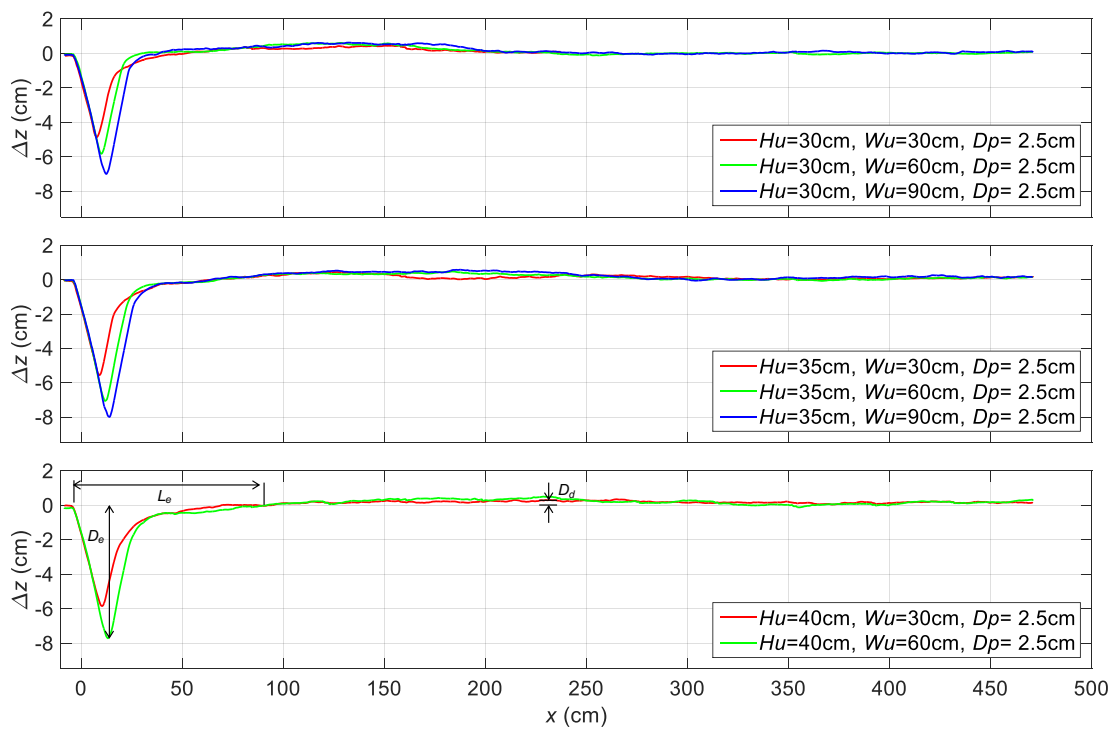


図 3-26 堆積・浸食量の横断方向平均値の試行平均値の比較

(5) 流入条件と地形変化量の関係

最大浸食深 D_e 、浸食範囲の長さ L_e 、最大堆積高 D_b 、平均堆積位置 X_b 、再堆積の開始位置 X_{rd} を地形変化量の代表値として、流入条件との関係を調べた (図 3-27~3-31)。最大浸食深は前述のとおり水面崩壊までの時間によって概ね決定されるため、より高流速が維持される時間が長い越流継続時間の長いケースで大きい。一方浸食範囲の長さは越流継続時間との間に明瞭な関係が見られず、最大越流水深が大きなケースで大きくなっている。昨年度実施した固定床での流速計測結果によると、貯留水深の大きな、すなわち越流水深の大きなケースでは浜堤背後のより広範囲で底面近傍流速が大きくなるが、一方で浜堤直背後における底面近傍の最大流速は越流水深による影響が小さい。このことは最大浸食深の増加速度が越流水深によらない一方で浸食範囲の長さが越流水深に依存することをよく説明している。

次に堆積高についてみると、最大越流水深との間に負の相関がみられる一方で、越流継続時間とは正の相関がある。越流水深が大きいほど広範囲に大きな流速が生じるため、堆積が生じにくい一方で、越流継続時間が長いほど浜堤背後での浸食量が増加し、土砂供給量が増えることで、その背後での堆積量が増加しているものと考えられる。また、平均堆積位置については越流水深が大きいケースほど大きいですが、越流継続時間との関係は見られなかった。また、再堆積の開始位置 X_{rd} (図 3-12 参照) については越流水深、越流継続時間ともに相関がみられるが、水面が上流側へ崩れる前から再堆積が生じており (図 3-32)、越流継続時間は再堆積位置を決定する要素として適切ではない。浸食範囲の長さや堆積位置と同様に、越流水深が大きいケースで湖沼内で生じる掃流力が強いことが、越流水深が大きくなるにつれ再堆積が生じる位置が下流側にずれる要因であると考えられる。

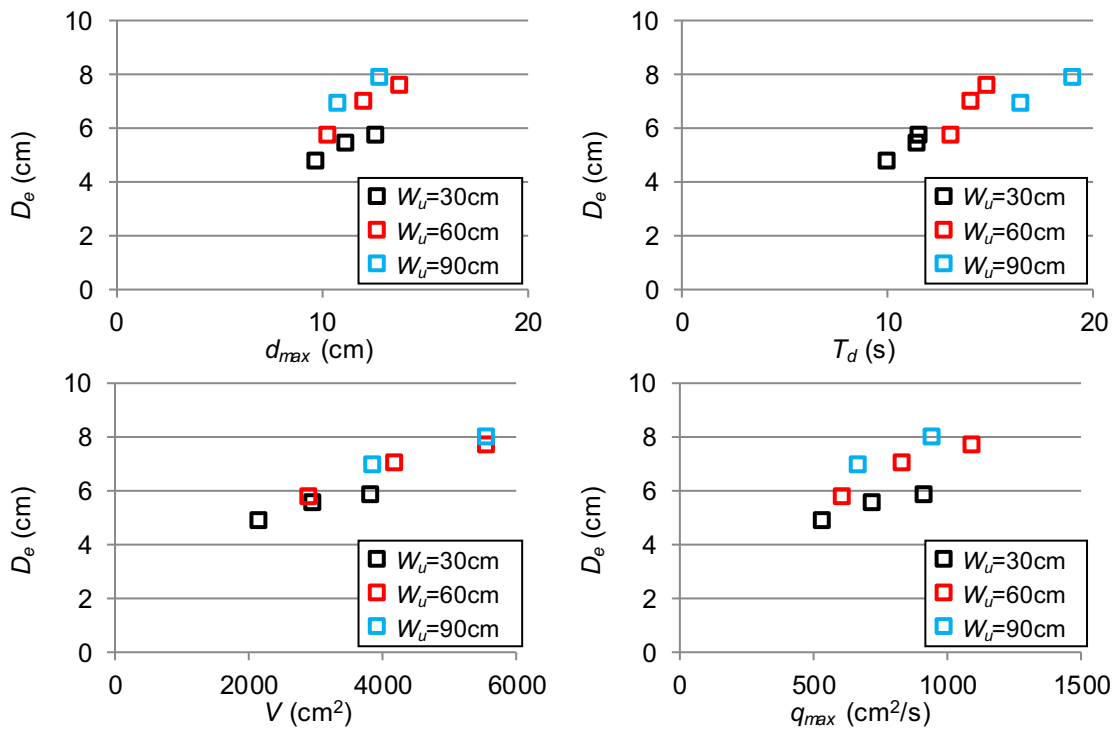


図 3-27 最大浸食深 D_e と流入条件の関係

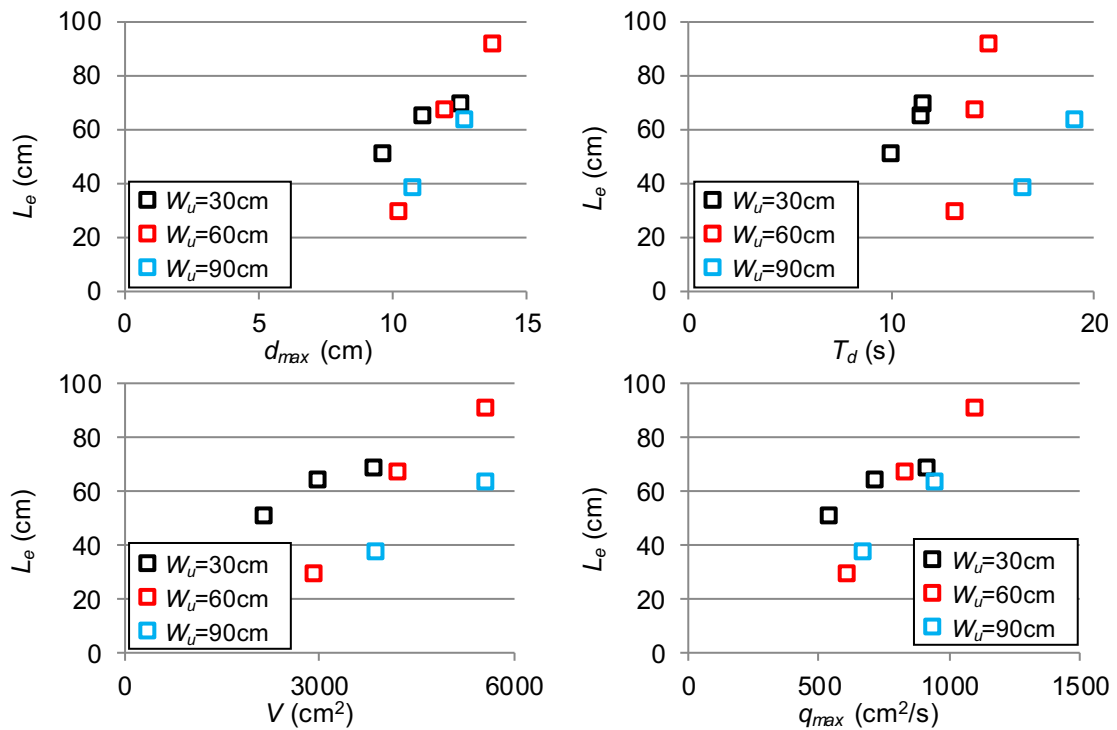


図 3-28 浸食範囲の長さ L_e と流入条件の関係

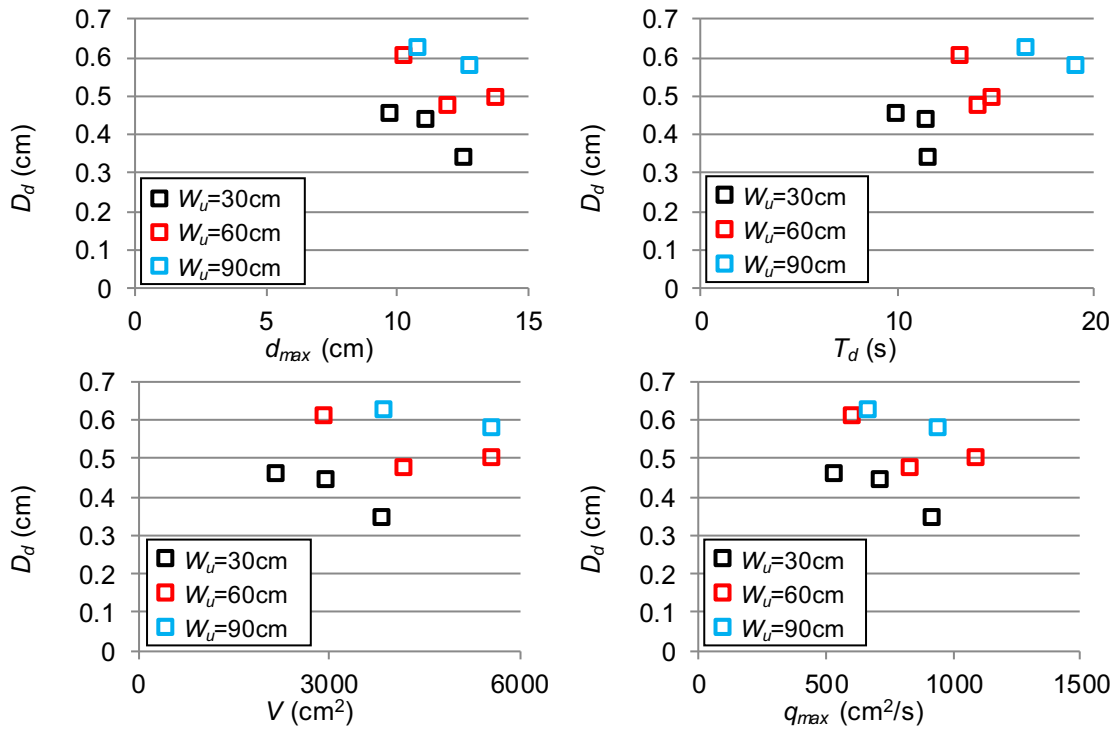


図 3-29 最大堆積高 D_d と流入条件の関係

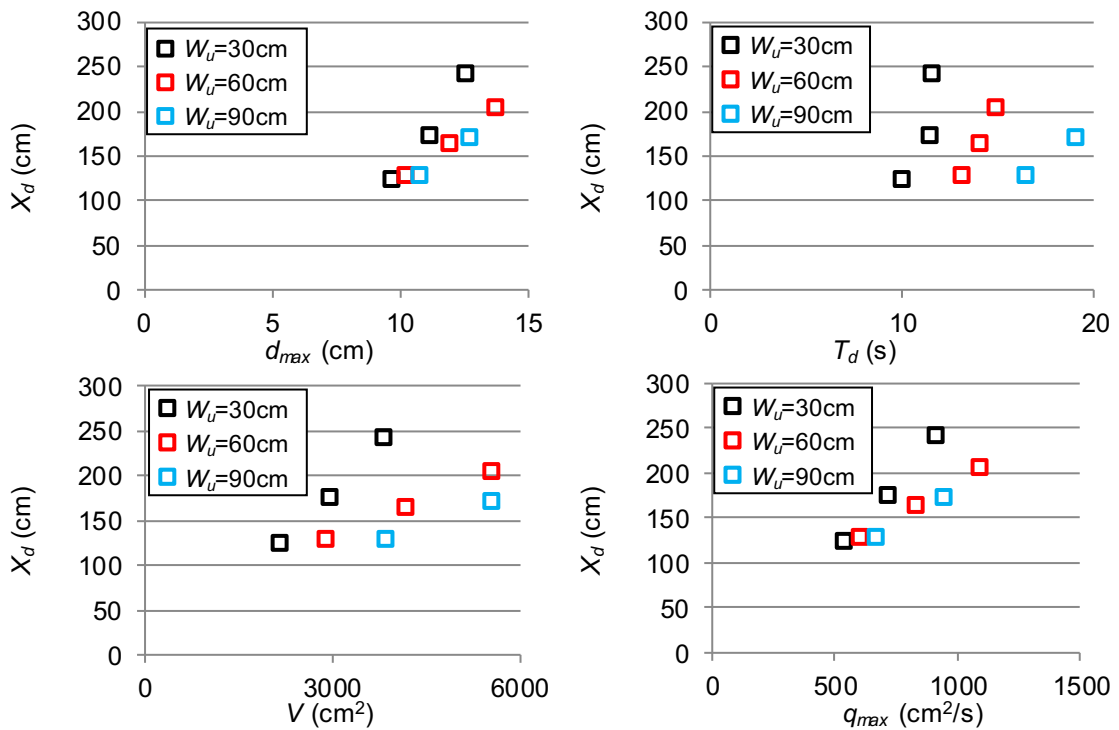


図 3-30 平均堆積位置 X_d と流入条件の関係

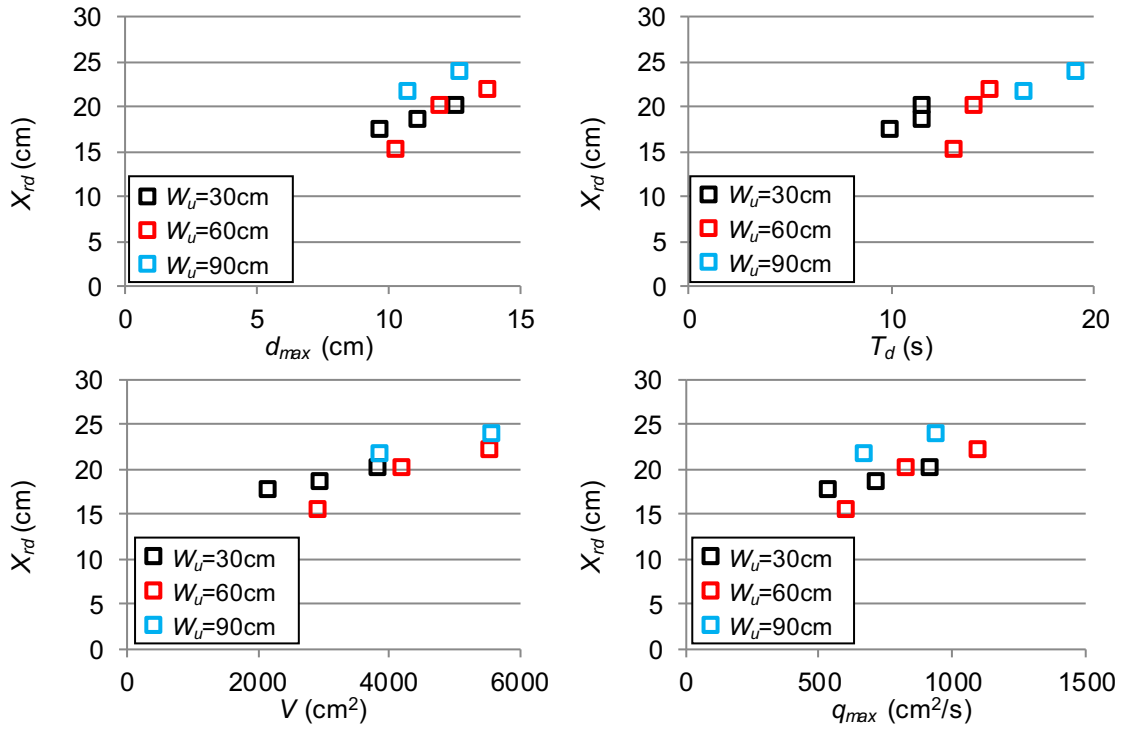


図 3-31 再堆積の開始位置 X_{rd} と流入条件の関係

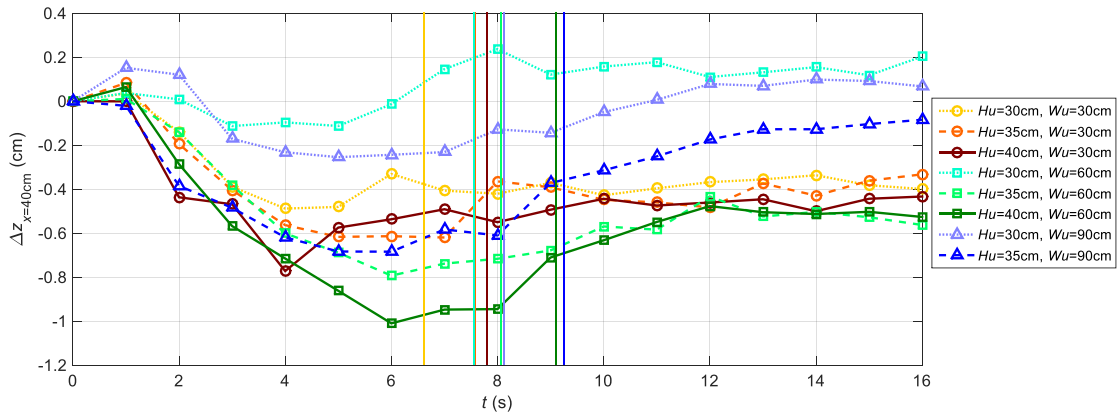


図 3-32 浸食域下流側 ($x=40\text{cm}$) における初期底面高さからの地形変化量 $\Delta z(t) = z(t) - z(0)$ の時系列. 縦線は各ケースの水面崩壊時刻 (表 3-3) を示す

3.5 土砂移動解析結果との比較

湖沼底面土砂の移動状況について、津波土砂移動解析を実施し、その再現性について検討を行った。解析モデルについては、森下・高橋（2014）の知見と簡便性を考えて、高橋ら（1999）の解析モデルに基づき、無次元掃流力は従来のマニング則に基づく算定方法を用い、流砂量式・交換砂量式は高橋ら（2011）による粒径依存型を用いた。飽和浮遊砂濃度については、菅原ら（2014）による流況により変化するとした飽和浮遊砂濃度式を導入した。

解析条件としては、図 3-1 の実験装置を空間格子間隔 5 mm に離散化した。CFL 条件を満たすように時間発展間隔は 0.001 s とした。砂粒径は 0.166 mm とし、固定床・移動床区間のマニング粗度係数は $0.025 \text{ m}^{-1/3} \cdot \text{s}$ とした。

図 3-33 に P1 における水位の経時変化の比較を示す。図中の実験ケースは Case 3 である。本解析に用いた水流モデルは長波近似式であるため、本実験条件のように、浜堤を限界流状態で越流した後に射流状態となって湖沼に突入し、湖沼内では段波として伝播する複雑な常射流混在流れを再現することはできない。このような理由から、実験と計算に関する水位の整合性は悪い。

図 3-34 に、数値解析による湖沼底面高 ΔZ の変化を示す。図 3-33 から判るように、水位変化の再現性は極めて悪いが、洗掘分布やその深さに関する整合性は比較的良いことがわかる。堆積について、その分布や厚さは水路下端に集中しており、実験の堆積状況を再現することができないことがわかる。

以上の結果から、本実験における水理や湖沼底土砂の洗掘・堆積を再現するためには、常射流混在流れを解析できるモデルの適用が重要であるといえる。

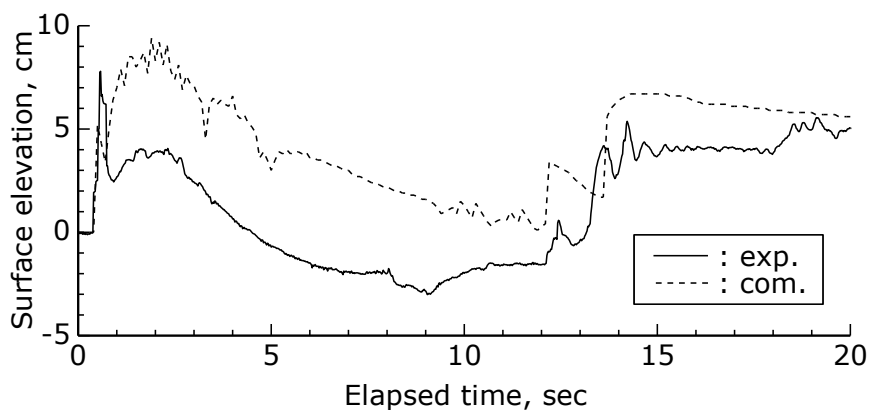


図 3-33 P1 における水位経時変化の比較

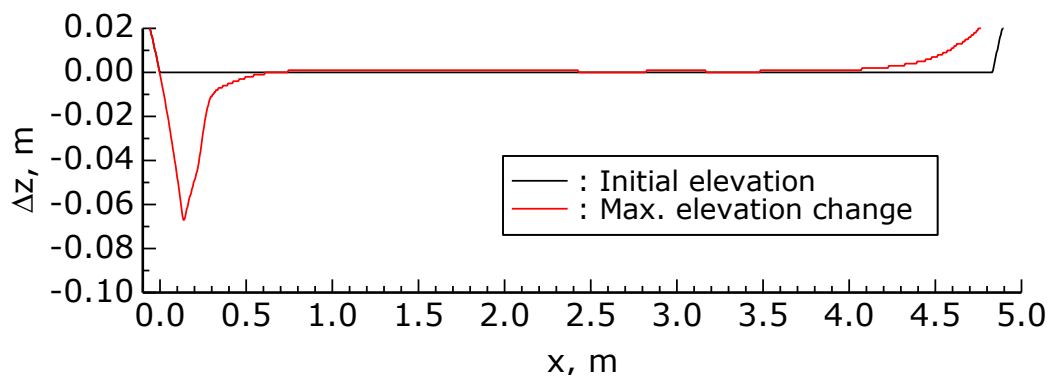


図 3-34 数値解析による湖沼底面高 ΔZ の変化

3.6 まとめ

沿岸湖沼を対象とした移動床実験を行い、沿岸湖沼に突入する津波による土砂輸送過程およびそれによる地形変化量と入射外力の関係について検討を行った。主な結論は以下のとおりである。

- (1) 浜堤背後における浸食深の増加速度は入射する波浪の高さによらずほぼ一定であり、高流速が維持される、水面崩壊までの時間の長さに応じて最大浸食深が決定される
- (2) 浸食範囲の長さや越流継続時間には明瞭な関係が見られず、越流水深が大きい、すなわち入射波高の大きい条件で、浜堤背後のより広範囲にわたって浸食が生じる
- (3) 入射波高が大きいと湖沼内部の広範囲にわたって掃流力が大きくなるため、薄く広範囲に堆積が生じる。越流の継続時間が増加すると、堆積高が増加するが、堆積を生じる範囲には大きく影響しない

本実験を通して、沿岸湖沼に突入する津波による湖沼内部での地形変化過程および津波規模と地形変化量の関係について基礎的な知見が得られた。しかしながら、今回の実験では湖沼の長さが大きく、全てのケースで越流終了後に湖沼下流端からの反射波が到達しており、湖沼長さが小さく入射波と反射波の重複する状態での地形変化過程については検討を行っておらず、より多様な入射波や地形条件での水理特性および土砂輸送過程を検討する必要がある。また、実際の津波時には浜堤部の浸食や海域からの土砂供給が存在する。その水理特性への影響および海域や浜堤から供給される土砂の湖沼内における堆積過程を理解することは、沿岸湖沼における津波堆積物から津波規模推定を行う上で必要不可欠であり、今後の重要な課題である。

参考文献

- 岡村真，松岡裕美：津波堆積物からわかる南海地震の繰り返し，科学，vol. 82，No. 2，pp. 182-191，2012
- Watanabe, Y., Y. Mitobe, K. Oshima: An imaging technique for measuring wave surface shapes, *Coastal Engineering Journal*, Vol. 53, No. 4, pp. 549-565, 2011
- 森下祐，高橋智幸：2011年東北地方太平洋沖地震津波来襲時の気仙沼湾を対象とした津波移動床モデルの再現性向上，土木学会論文集 B2 (海岸工学)，vol. 70，No. 2，

pp. 491-495, 2014.

高橋智幸, 首藤伸夫, 今村文彦, 浅井大輔: 掃流砂層・浮遊砂層の交換砂量を考慮した津波移動床モデルの開発, 海岸工学論文集, 第46巻, pp. 606-610, 1999.

高橋智幸, 黒川貴博, 藤田将孝, 島田広昭: 津波による土砂移動の粒径依存性に関する水理実験, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), vol. 67, No. 2, pp. 231-235, 2011.

菅原大助, 成瀬元, 後藤和久: 堆積粒子の巻き上げに伴うエネルギー散逸を考慮した津波土砂移動の計算と検証, 日本堆積学会講演要旨, 027, 2014.

4. 粒子と流体の相互作用に関する基礎的水理実験

4.1 本実験の目的

東北地方太平洋沖地震では地震動および津波による直接的な被害の他に、津波による土砂移動をもたらす間接的な被害も報告されている。津波は長周期の波であるため、海底付近の流れの掃流力も非常に大きく、通常の波では土砂が動かない（移動限界水深以深）海底面においても、土砂移動が生じる（原口ら、2012）。

このような粒子を伴う流れに関する初期の研究では、流体の主流速分布の経験的な変化から粒子の挙動を説明していた（Itakura & Kishi, 1980）。しかし、このような固相および液相からなる2相流において1相のみの挙動情報から相互作用を評価することは非常に困難であり、予測データの精度や信頼性はあまり高くない。粒子を伴う流れの両相を同時計測した実験結果から、流体の流速分布が粒子の存在により影響を受けることが明らかにされている。Rashidi *et al.* (1990)、Nino & Garcia (1996)の実験結果では外層領域（底面よりある程度離れた水深）においては、流体速度が粒子速度よりも高速となるとしており、同様な結果がPedinotti *et al.* (1992)による数値計算によっても得られている。しかし、底面近傍領域ではほとんどデータが得られていないため、この領域での流体および粒子の運動特性についてはあまり報告がない。Kulick *et al.* (1994)、Kaftori *et al.* (1995)は底面領域の計測を行っており、Kaftori *et al.* (1995)は底面近傍では粒子速度が流体速度より高速となると指摘した。

粒子と流体を高精度に同時計測するには粒子と非接触な計測法が必要であるが、レーザーを利用した計測器や可視化手法を用いて粒子-流体を同時計測するには、流れ場の計測可能な粒子濃度に限界がある。なぜならば粒子濃度が極めて高い場合、レーザーシートを粒子が遮蔽することがあり、計測断面よりも手前の粒子によって投影粒子の撮影が不可能となるためである。上述したKulick *et al.* (1994)、Kaftori *et al.* (1995)の実験結果は鉛直管路におけるものであり、流れ場における粒子濃度がほぼ一様であると考えられ、計測が可能であったと思われる。一方、開水路における固液混相流では、水深平均での粒子濃度が小さくても底面付近では極めて高濃度となり、壁面近傍での計測が極めて困難となる。しかしながら、高粒子濃度である壁面近傍領域では運動量交換、相互作用が最も活発であり、水中の土砂移動を考える上で、最重要領域であることは言うまでもない。

水流における壁面近傍の高粒子濃度領域を同時計測する方法として、水路幅を小さくすることにより、レーザーシートおよび撮影領域を遮蔽する粒子をより少なくして計測する方法が考えられる。このような目的で、本研究では水路長4m、水路幅5cmのアク

リル製循環式水槽を作製し、アスペクト比を1（水路幅/水深=5cm/5cm）に設定した矩形開水路流の実験を行った。また、粒子を伴う流れについて投影面積判別法を用いたPTVによって同時計測し、水路中央部底面近傍の粒子運動および流れ場への水路側壁からの影響を考察した。

4.2 実験装置

本研究で作製し、使用した水路は、長さ4m、幅5cmで、側壁および底面全体がアクリル製の循環式直線水路である。上流端から3m下流に計測断面を設定した。図4-1に計測システムを示す。座標系としては流下方向に x 軸、 x 軸に直角上向きに y 軸、水路横断方向に z 軸をとり、それぞれの瞬間流速値を $\tilde{u}=U+u$ 、 $\tilde{v}=V+v$ および $\tilde{w}=W+w$ とした。ここに、大文字は時間平均流速で小文字は乱れ変動成分である。流体（水）および粒子の諸量については添字 f および p を付加して表示する。全壁面は水理学的滑面であり、粒子も再循環するようになっている。また、粒子投入後、粒子濃度および流れ場が安定するまで約1時間循環させ、その後計測を行った。

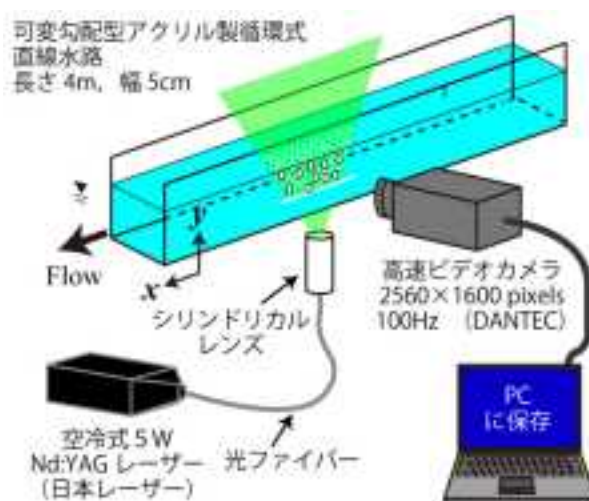


図 4-1 計測システム

計測システムの概要は以下のようである。5ワットのネオジウムレーザーを光ファイバケーブルに通し、シリンダリカルレンズによって厚さ2mmのレーザーライトシート（LLS）として、水路底面から垂直上方に照射した。高速ビデオカメラ（DANTEC社製）を水路側方に設置し、2560×1600ピクセルの画像を1/100秒間隔で撮影、PCに記録した（図4-1）。

4.3 実験および水理条件

実験条件および水理条件を表-1 に示す. ケース名の CW は清流 (Clear Flow) を意味し, PL はポリスチレン粒子を伴う流れ (Particle-Laden flow) を意味する. 表 4-1 中の d_p は粒径, ρ_p は粒子の比重, B は水路幅, I は路床勾配, Q は流量, h は水深, U_m は断面平均流速, U_* は摩擦速度, $Re \equiv U_m h / \nu$ はレイノルズ数, $Fr \equiv U_m / (gh)^{0.5}$ はフルード数である.

本研究で用いた対象粒子は工業製品の研磨剤として用いられるポリプラス粒子を選定した. この粒子の特徴は砂粒子 ($\rho_p=2.65$) と比較して比重が $\rho_p=1.5$ と軽いことである. これにより, 低流速場においても活発な運動が期待でき, 粒子運動を可視化する際に有利となる (撮影間隔が比較的遅くても (100Hz), 撮影が可能となる). なお, 流体挙動に追従するトレーサー粒子として直径 $100 \mu\text{m}$, 比重が 1.02 のナイロン 12 粒子を用いた.

表 4-1 計測システム

ケース名	d_p (mm)	ρ_p (g/cm ³)	B (cm)	I (-)	Q (l/s)	h (cm)	U_m (cm/s)	U_* (cm/s)	Re $\times 10^4$	Fr
CW	—	—	5.0	1/1000	1.1	5.0	43.1	2.27	2.03	0.61
PL	0.5	1.5	5.0	1/1000	1.1	5.0	42.3	2.16	1.99	0.60

4.4 画像解析手法

撮影された瞬間画像において, 粒子と流体との判別方法には, ① 粒子を着色して判別する着色法, ② 粒子の投影面積によって判別する面積法などが挙げられる (Nezu & Azuma, 2004). 本実験では面積法を採用した.

本研究で用いる粒子の投影面積にしきい値を設定し, 粒子と流体 (トレーサー粒子) の速度を判別同時計測する画像解析過程を図 4-2 に示す. まず, 撮影した生画像の輝度を調節し, 粒子のハレーション等を解消し, 最適化した. 本研究では粒子軌道を追跡する画像間の時刻差を 10ms とした (図 4-2 (a)). それぞれの画像で粒子の投影面積にしきい値を設定し, 対象粒子と流体 (トレーサー粒子) を判別した. 本実験では 1 pixel 当たりの実スケールは 0.03mm であり, 直径 0.5mm の対象粒子であれば, 200 pixel² 程度となり, トレーサー粒子 (粒径 0.1mm = 10 pixel² 以下) との判別は容易であった (図 4-2 (b)). 粒子追跡アルゴリズムとしては, PIV 解析で用いられる直接相互相関法 (M. ラッフエルら, 2000) を適用し, 軌道ベクトルを算定した (図 4-2 (c)).

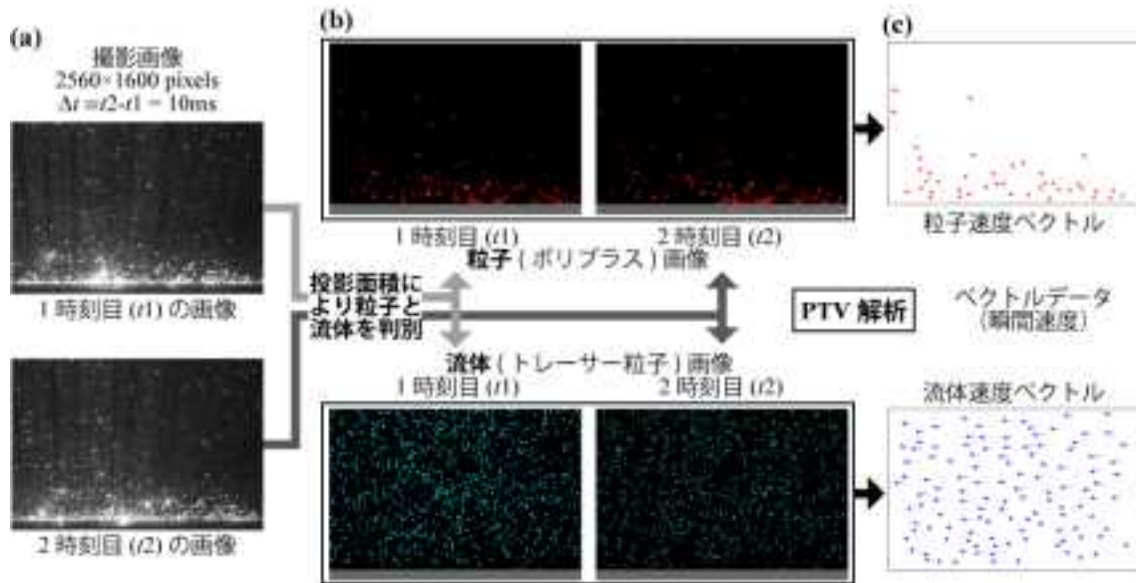


図 4-2 画像解析過程 (D-PTV ; 投影面積にもとづく粒子流体判別同時計測手法)

4.5 実験結果および考察

(1) 2次元流れの検証 (側壁の影響)

本来であれば、側壁付近で生じる二次流の影響を小さくするために水路幅が大きい水路を用いることが望ましいが、前述のように粒子濃度の大きい流れでは、水路幅が大きいとカメラと LLS の間に大量の粒子が送流されるため、計測断面の撮影が極めて困難となり、PTV 解析が不可能となる。したがって、高粒子濃度の混相流を PTV 計測するには、本研究のように水路幅を小さくすることが必要となる。よって、これまでの経験から本研究では水路幅を 5cm と設定した。その結果アスペクト比が 1 となるため、計測断面である水路中央部の流れ場への水路側壁からの影響 (2 次流) を考慮しなければならない。

図 4-3 に水路中央部における清流 (ケース CW) の主流速分布を示した。図中において右上がりの半弧の曲線は、粘性底層で成立する式(3)の理論式で、右上がりの直線は式(4)の対数則であり、無次元壁座標 $y^+ (\equiv U_* y / \nu)$ が 30 以下の領域では式(5)を数値積分して得られる内層の速度分布 (van Driest 曲線) を曲線で示している。

$$U^+ = y^+ \quad (y^+ \leq 5) \quad (1)$$

$$U^+ = \frac{1}{\kappa} \ln y^+ + A \quad (y^+ \geq 30) \quad (2)$$

$$\frac{dU^+}{dy^+} = \frac{2(1-\xi)}{1 + \sqrt{1 + 4\ell^{+2}(1-\xi)}} \quad (3)$$

無次元混合距離 は次式で表わされる.

$$\ell^+ = \kappa y^+ \Gamma \quad (4)$$

$$\Gamma = 1 - \exp(-y^+ / B) \quad (5)$$

ここに, $\xi \equiv y/h$, $U^+ \equiv U/U_*$, Γ は van Driest のダンピング関数, B はダンピング係数, A は積分定数, κ はカルマン定数である. 本研究のような粒子を伴う流れでは本来カルマン定数を「変数」として取り扱うことが望ましいが, その変化挙動に関して現在でも一致した知見が得られていない (Muste, 2002). また, 式(4)で表される対数則において, 未知量が3つ (U_* , κ , A) となり, 式が閉じない. 本研究ではカルマン定数を $=0.41$ の普遍値とみなして摩擦速度 U_* および積分定数 A を算出した.

図 4-3 では粘性底層から対数則領域まで理論式と非常に良く一致しており, 本研究の流れ場では, 側壁付近から発生する渦 (2次流) による水路中央部の主流速への影響はほとんどないことがわかる.

次に, 図 4-4 に水路中央部における清流 (ケース CW) のレイノルズ応力分布を示した. 開水路等流で成立する理論式(6)を曲線で, 粘性応力を無視した式(7)を直線で併示した.

$$\frac{-\overline{uv}}{U_*^2} = 1 - \frac{y}{h} - \frac{dU^+}{dy^+} \quad (6)$$

$$\frac{-\overline{uv}}{U_*^2} = 1 - \frac{y}{h} \quad (7)$$

水面付近でレイノルズ応力が負となっている. これは主流速分布と同様に, 側壁付近に生じる渦 (2次流) の影響である. しかし, 底面近傍では理論式と実験値がほぼ良好に一致しており, 側壁の影響はほとんどないと考えられる. 流速およびレイノルズ応力分布の測定結果から, 側壁の影響は水面付近のみに限定され, 粒子を伴う流れにおいて重要な底面付近は側壁の影響が無視できると考えられる.

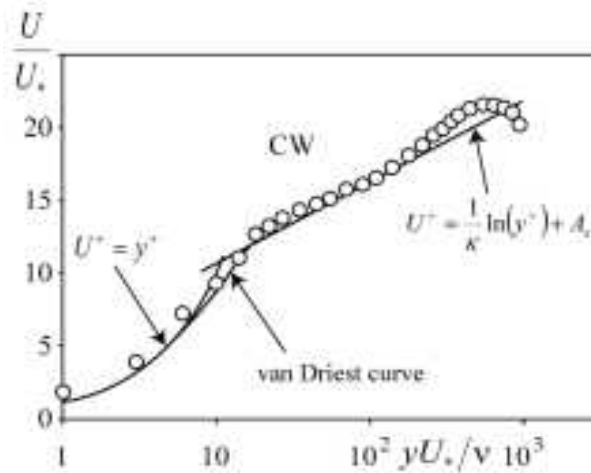


図 4-3 水路中央部における清流（粒子を伴わない）の主流速分布

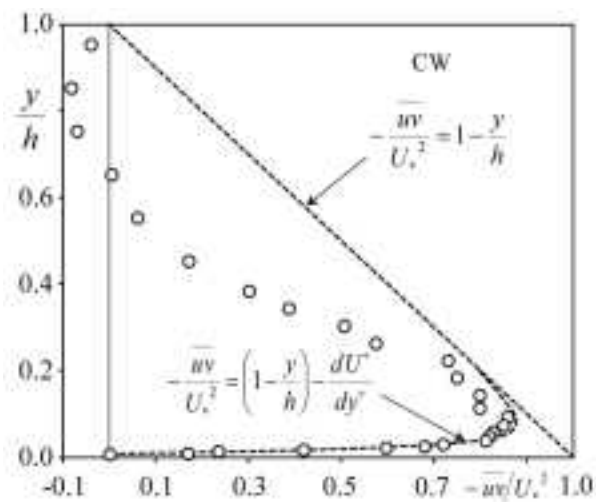


図 4-4 水路中央部における清流（粒子を伴わない）のレイノルズ応力分布

(2) 粒子を伴う流れの流速分布

粒子を伴う流れにおける流体 (U_f) と粒子 (U_p) および清流 (CW) の平均流速分布を図 4-5 に示す。同図は摩擦速度 U_* により無次元化表示した。また、式(2)の対数則（右上がりの直線）を併示した。

流体速度 (U_f) に注目すると、対数則領域 ($30 \leq y^+ \leq 0.2 R^*$ 、ここに、 $R^* = hU_*/\nu$) において、対数則（式(2)、 $\kappa=0.41$ 、 $A=8.0$ ）に概ね従っていることがわかる。一方、粒子流速 (U_p) については、流体速度と同様に水深 (y^+) の増加に伴って、速度も増加して

いることがわかる。

図 4-5 では粒子と流体間の速度差が明瞭ではないため、粒子と流体の相対速度 $((U_p - U_f)/U_*)$ を図 4-6 に示す。対数則領域より上部領域 ($15 \leq y^+$) では、粒子速度が流体速度よりも低速 ($U_p < U_f$) である。これらの結果は Kaftori *et al.* (1995, レーザ一流速計計測) や Best *et al.* (1997, 位相レーザー流速計計測) の実験結果とも整合している。

底面に近い ($y^+ \leq 15$) の領域では相対速度が逆転し、粒子速度 U_p が流体速度 U_f より高速 ($U_p > U_f$) となっている。この結果はポリスチレン (比重 $\rho_p = 1.05$) を用いた Kaftori *et al.* (1995) のデータとほぼ一致している。Best *et al.* (1997, ガラス球 ($\rho_p = 2.6$)), Muste & Patel (1997, 砂粒子 ($\rho_p = 2.65$)) の実験ではそれぞれ $y^+ > 150$, $y^+ > 300$ より上部領域の計測結果であるが、相対速度の値は本研究結果と同オーダーである。

$y^+ \leq 15$ の底面にごく近い領域では粒子速度 U_p が流体速度 U_f より高速 ($U_p > U_f$) となった。これは、ある程度の高さに浮び上った浮遊粒子が高運動量および大きい慣性力を保持して、底面に向かって降下してくるのに対し、流体は式(1)によって表されるように粘性効果により減速されるためと推察される。その結果、 $y^+ \leq 15$ の領域では粒子から流体へ運動量が逆輸送され、粒子を伴う流れにおける流体速度 U_f の分布が底面近傍で清流より増加したと考えられる (図 4-5)。これは土砂輸送機構に関して、底面近傍において、粒子・流体の相互作用の変化 (逆転) することを示唆するため、土砂輸送モデルを考える上で重要な機構である。今後詳細に検討することが必要である。

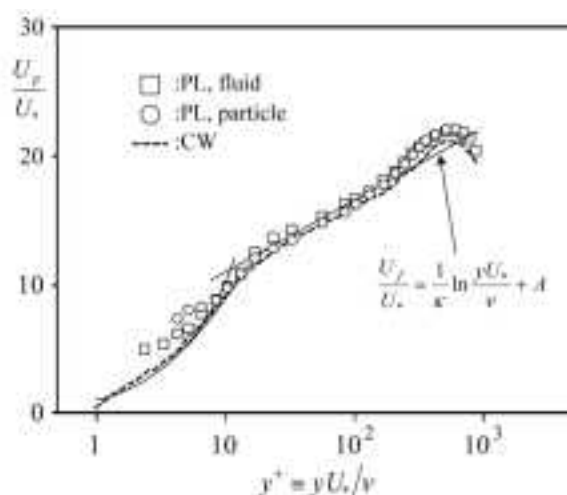


図 4-5 粒子を伴う流れの平均流速分布

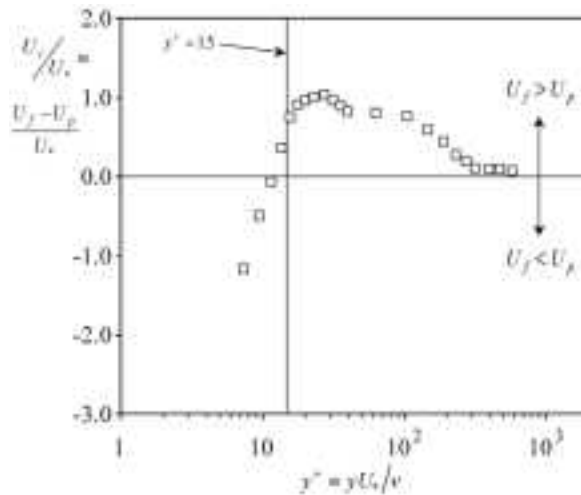


図 4-6 粒子と流体間の相対速度分布

4.6 結論

本研究は、粒子を伴う流れの粒子と流体間の相互作用に注目し、比較的小型の循環式水路において粒子を伴う流れの可視化計測を行ったものである。可視化計測手法としては、投影面積判別法を用いた PTV により固体粒子および流体を判別同時計測した。本研究で得られた主要な結果は以下のとおりである。

- 1) 画像解析過程において、撮影画像の粒子投影面積にしきい値に設け、粒子と流体の判別分離を行った、これにより、粒子像追跡法 (PTV) による粒子と流体の高精度な同時計測が可能であった。
- 2) 底面より離れた水深領域 ($y^+ \geq 200$) においては、粒子速度 U_p は流体速度 U_f と比較して、若干低速またはほぼ同速度であった ($U_p \leq U_f$)。これは流体の運動 (乱れなど) が支配的であり、粒子が流体の運動に敏感に追従するためと考えられる。
- 3) 底面に近い領域 ($y^+ \leq 15$) では相対速度 U_r の正負が逆転し、粒子速度 U_p が流体速度 U_f より高速 ($U_p > U_f$) となる。これはバッファー層および粘性底層における流体速度は粘性効果によって減速されているが、浮遊した粒子は高運動量および高慣性力を保持し、底面に突入してくるためにこの差異が生じると推察される。さらに、この領域においては粒子から流体への運動量の逆輸送が生じていることが示唆される。

参考文献

- M. ラッフエル・C. E. ヴィラート・J. コンペンハンス (2000): PIV の基礎と応用 粒

子画像流速測定法, シュプリンガー・フェアラーク東京, pp.110-113.

原口 強・高橋智幸・久松力人・森下 祐・佐々木いたる (2012) : 2010年チリ中部地震津波および2011年東北地方太平洋沖地震津波による気仙沼湾での地形変化に関する現地調査, 土木学会論文集 B2(海岸工学), vol.68, No.2, pp.231-235.

Best, J., Bennett, S., Bridge, J. and Leeder, M. (1997) : Turbulence modulation and particle velocities over flat sand beds at low transport rate, *J. Hydr. Eng.*, ASCE, Vol.123, pp.1118-1127.

Itakura, T. and Kishi, T. (1980) : Open channel flow with suspended sediments, *Proc. ASCE*, Vol.106, HY8, p.1325-1343.

Kaftori, G. Hetsroni, G. and Banerjee, S. (1995) : Particle behavior in the turbulent boundary layer. II. Velocity and distribution profiles, *Phys. Fluids*, Vol.7, pp.1107-1127.

Kulick, J.D. Fessler, J.R. and Eaton, J.K. (1994) : Particle response and turbulence modification in fully developed channel flow, *J. Fluid Mech.*, Vol.277, pp.109-134.

Muste, M. (2002) : Sources of bias errors in flume experiments on suspended-sediment transport, *J. Hydr. Res.*, IAHR, Vol.40, No.6, pp.695-708.

Muste, M. and Patel, V.C. (1997) : Velocity profiles for particles and liquid in open-channel flow with suspended sediment, *J. Hydr. Eng.*, ASCE, Vol.123, pp.742-751.

Nezu, I. and Azuma, R. (2004) : Turbulence characteristics and interaction between particles and fluid in particle-laden open-channel flows, *J. Hydr. Eng.*, ASCE, Vol.130, pp.988-1001.

Nino, Y. and Garcia, M.H. (1996) : Experiments on particle-turbulence interactions in the near-wall region of an open channel flow: implications for sediment transport, *J. Fluid Mech.*, Vol.326, pp.285-319.

Pedinotti S., Mariotti, G. and Banerjee S. (1992) : Direct numerical simulation of particle behavior in the wall region of turbulent flows in horizontal channels. *Int. J. Multiphase Flow.*, Vol.18, pp.927-941.

Rashidi, M., Hetsroni, G. and Banerjee, S. (1990) : Particle-turbulence interaction in a boundary layer, *Int. J. Multiphase Flow*, Vol.16, No.6, pp.935-949.

5. 砂移動の非定常性に関する水理実験

5.1 はじめに

2011年東北地方太平洋沖地震津波では地震および津波の想定が過小評価となり被害が拡大した。このような過小評価の原因としては、既往地震および津波に関する知見が不足していたことが挙げられる。特に津波は発生頻度が低いため、歴史津波に関する資料は極めて限られている。歴史津波を調べる手法としては津波堆積物が有効であるが、津波来襲の有無の判定にのみ使われているのが現状である。しかし、津波堆積物の層厚や粒度分布などは水理量との相関が高いため、津波堆積物に関する調査結果からその堆積物を形成した津波外力を推定することが期待される。そのためには、津波による砂移動モデルの再現性の向上が必要となる。

そこで、非定常性が大、中、小の条件での掃流砂量と巻き上げ砂量の相違を調べた。砂の粒径、外力を変化させた津波移動床の水理実験を実施し、水理量と津波堆積物の関係を調べることを目的とした。特に砂の粒径と移動砂量の関係、入射波の大きさおよび非定常性と移動砂量の関係について明らかにした。

5.2 実験水路

京都大学の宇治川オープンラボラトリーに設置された造波装置を備えた開閉型移動床水路を使用した。図5-1と写真5-1に実験装置を示す。この水槽の上流端にはピストン型造波装置が設置されている（写真5-2参照）。この水槽は図5-2に示すとおり、造波板を水路側に押し出すことにより、津波を模擬した入射波を発生させる。土砂移動実験は任意の区間に砂を敷き、その砂が入射波によりどのように移動するかを把握するものである。

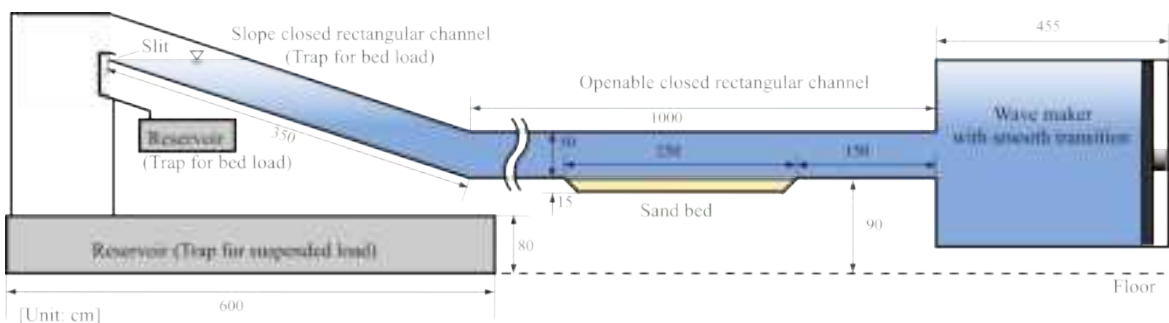


図 5-1 実験装置概要図



写真 5-1 実験水路



写真 5-2 造波装置

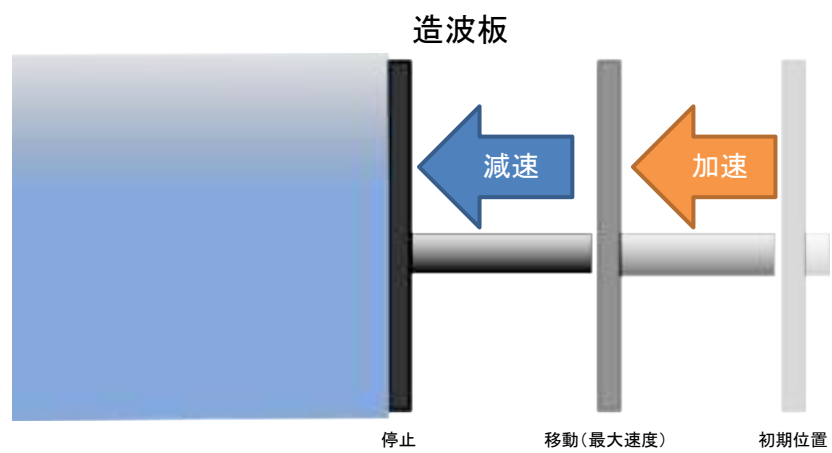


図 5-2 造波板のストロークによる流速の増減

5.3 実験条件

(1) 砂の粒径

対象とする砂は単一粒径を対象とした。砂の粒径は3種類として、中央粒径を表5-1に示す。

表5-1 砂の粒径

#	対象	粒径(d50:mm)	備考
1	大	0.394	東北珪砂6号
2	中	0.267	豊浦砂
3	小	0.166	東北珪砂8号

(2) 入射波

図5-3に示すように、入射波は水路上流に設置された造波板のストロークの速度、加速度、継続時間により調整した。

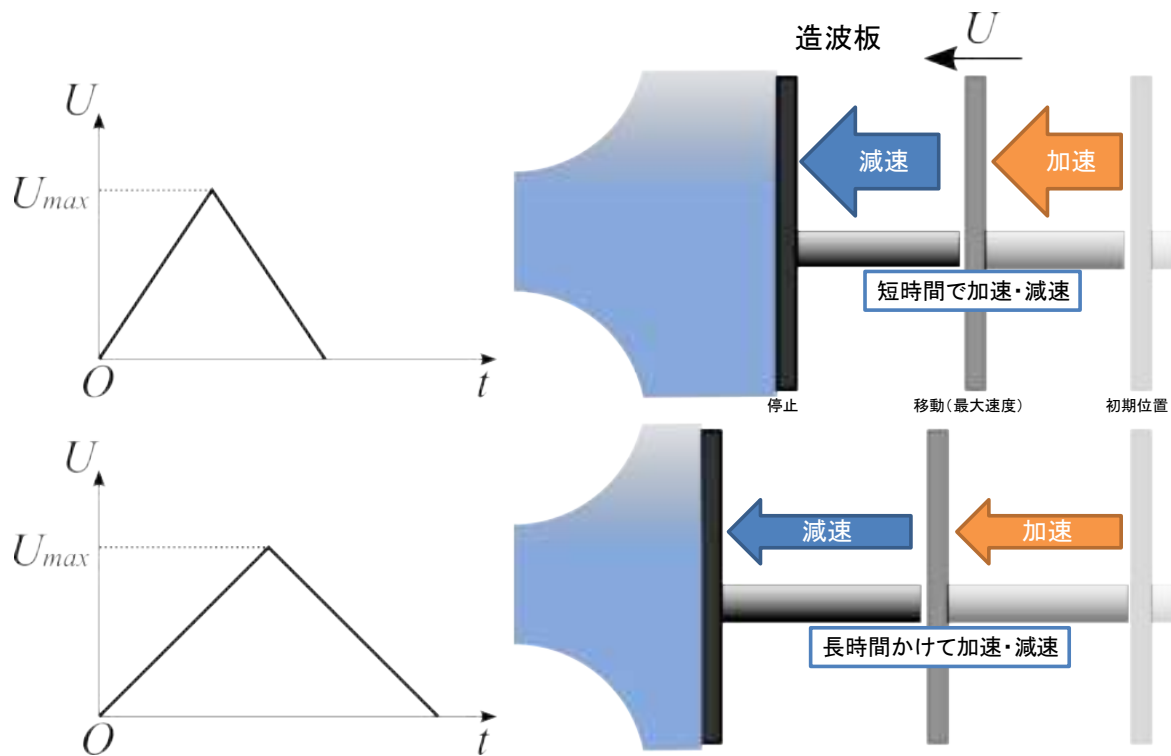


図5-3 入射条件

(3) 砂の配置

図 5-4 のとおり，水路内には厚さ 15cm の段差を設けてあり，この区間に砂を敷き詰めた．

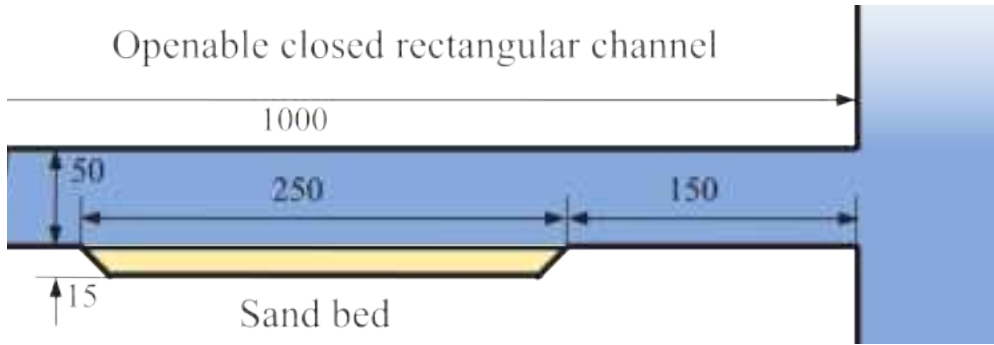


図 5-4 砂の初期状態

(4) 砂の回収方法

入射波の影響により，砂床区間に置かれた砂が波の遡上により移動し，固定床に堆積する．砂は図 5-5 に示す範囲から回収した．そのうち，水路の水平区間，斜面区間に堆積した砂およびスリットから流出した砂を掃流砂として回収，貯水槽に体積した砂を浮遊砂として回収した．

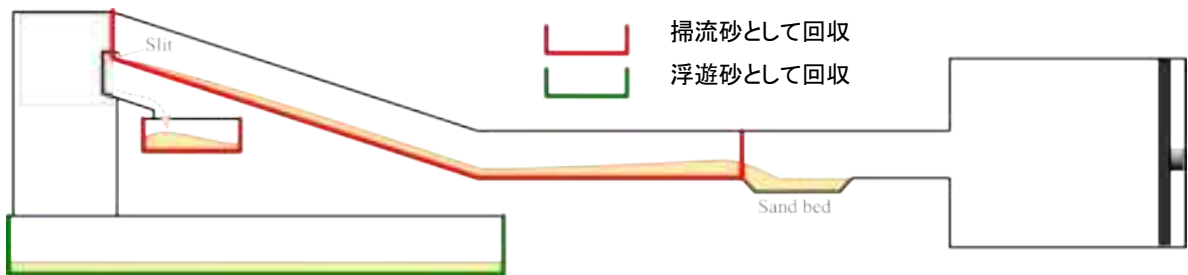


図 5-5 砂の堆砂状況と砂の回収範囲

(5) 実験ケース一覧

水路勾配，入射波高および粒径の組み合わせによる実験ケース一覧を表 5-2 に示す。
また，全 5 種類の造波条件について，造波装置に入力した数値を表 5-3 に示す。

表 5-2 実験ケース一覧

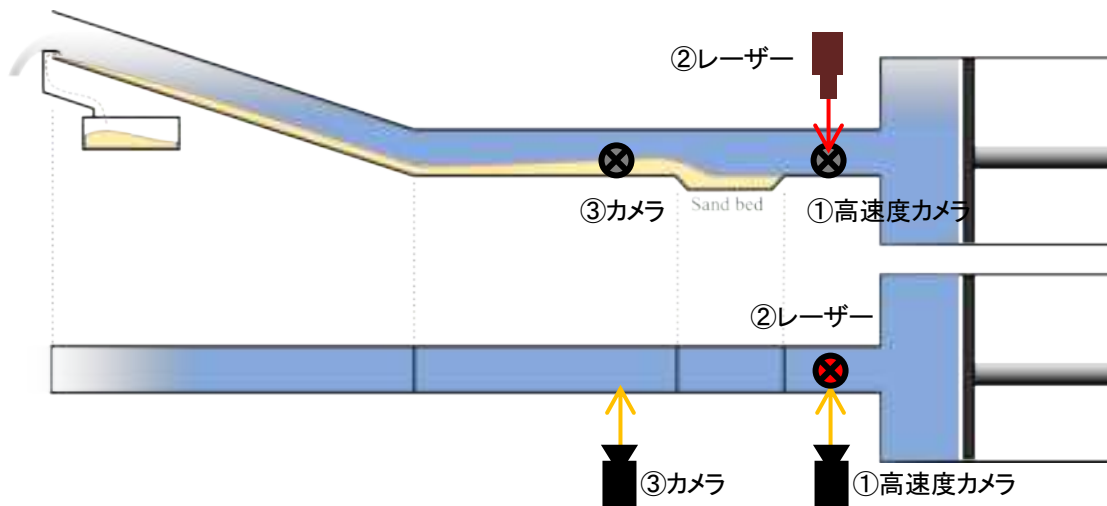
No	最大速度 U _{max}	砂床の状態	加速時間	砂粒径	ケース名	備考
1	大 (U1)	固定床	長		U1-T1	各ケース 1 回 実施する。
2			中		U1-T2	
3			短		U1-T3	
4		移動床	長	0.394 (D1)	U1-T1-D1	各ケース，3 回実施する。
5				0.267 (D2)	U1-T1-D2	
6				0.166 (D3)	U1-T1-D3	
7			中	0.394 (D1)	U1-T2-D1	
8				0.267 (D2)	U1-T2-D2	
9				0.166 (D3)	U1-T2-D3	
10			短	0.394 (D1)	U1-T3-D1	
11				0.267 (D2)	U1-T3-D2	
12				0.166 (D3)	U1-T3-D3	
13	小 (U2)	固定床	長		U2-T1	各ケース 1 回 実施する。
14			中		U2-T2	
15		移動床	長	0.394 (D1)	U2-T1-D1	各ケース，3 回実施する。
16				0.267 (D2)	U2-T1-D2	
17				0.166 (D3)	U2-T1-D3	
18			中	0.394 (D1)	U2-T2-D1	
19				0.267 (D2)	U2-T2-D2	
20				0.166 (D3)	U2-T2-D3	

表 5-3 造波条件一覧

No	最大速度 U _{max} (cm/s)		加速時間 T _a (s)		造波板総移動量 (cm)
1	大(U1)	12.0	長(T1)	12.0	144.0
2			中(T2)	9.0	108.0
3			短(T3)	6.0	72.0
4	小(U2)	8.0	長(T1)	18.0	144.0
5			中(T2)	13.5	108.0

5-4 実験方法

実験は移動床および固定床の2種類を行う。以下に実験内容および測定項目を説明する。計測機器の配置を図5-6に示す。図5-7は実際のカメラの設置状況である。



※①：高速カメラ，②：電磁流速計および電磁流速計，③：ビデオカメラ

図5-6 計測器装置位置



ビデオカメラ



高速カメラ

図5-7 カメラ設置状況

(1) 固定床実験

流速分布把握するための実験を行った。レーザートレーサーを水路内に浮遊させて、撮影を行うため、砂を水路から完全に除去した状態で実験を行った。実験項目は以下の通りである。

①水路の流況の把握

水路内の流れの様子を動画で撮影し、流速の違いによる、流れの変化を把握した。砂床区間の上流側に高速度カメラを設置し、流入する流れの状況を撮影した。

②流速

電磁流速計を水路内に設置し流速を計測した。高速度カメラにより撮影した映像を、PIVで解析することにより流速分布を求めた。

(2) 移動床実験

砂の移動実験は、水路上流側の造波水槽内で造波板を水平に水路側に押し出すことで津波を模擬した流速を発生させた。実験項目は以下の通りである。

①水路内の流況の把握

水路内の流れの様子を動画で撮影し、流速の違いによる、流れの変化を把握した。砂床区間の下流側にカメラを設置し、砂の巻き上がり状況を撮影した。

②砂の移動量

水路に堆積した砂の量および水路外へ流出した砂の量を把握して、入射波の違いによる考察を行った。

③掃流砂・巻き上げ砂量の計測

汀線付近の砂床に設置した砂が波により下流へ移動して堆積する。一部の砂は巻き上げ砂として、水平区間、斜面区間を通過して貯水タンクまで流出する。水路に堆積した砂を掃流砂として回収し、貯水タンクに溜まった砂を巻き上げ砂として回収し重量を測定した。

(3) 砂の採取方法

水路に堆積した砂および貯水タンクに流出した砂を分けて採取した。採取した砂はそれぞれ別途の試料として、乾燥重量を計測した（写真 5-3 を参照）。



写真 5-3 砂の回収と乾燥

①浮遊砂の採取

浮遊砂は、水中ポンプと乾湿掃除機を用いて採取した。水路に浮遊している砂および貯水タンクに溜まった砂を水中ポンプで水と共に吸いだし、プランクトンネットですろ過して回収した。貯水タンクの底面に残った砂は、乾湿掃除機で吸引した後、プランクトンネットですろ過して回収した。回収した砂は、ナイロンメッシュからアルミバットに移し、乾燥機で24時間以上乾燥させ、水分を除去した。

②掃流砂の採取

掃流砂は、砂層区間より下流 2m の位置に集めた後、スコップと乾湿掃除機により回収した。浮遊砂と同様に、乾燥機で24時間以上乾燥させた。

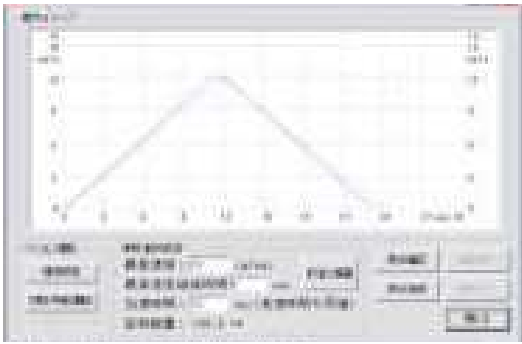
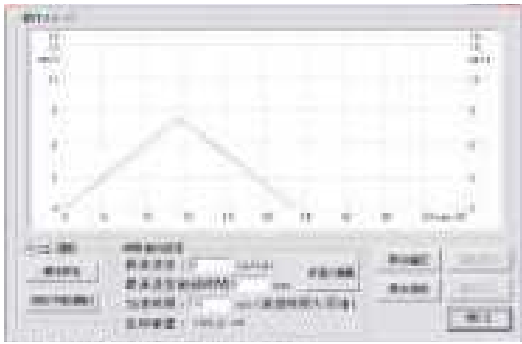
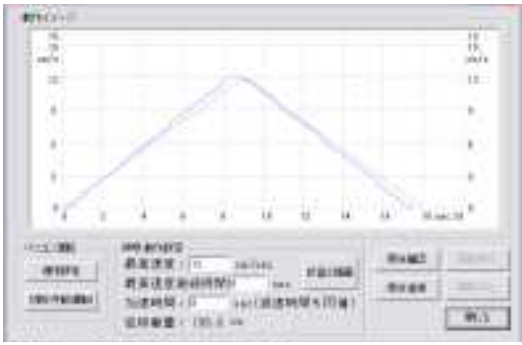
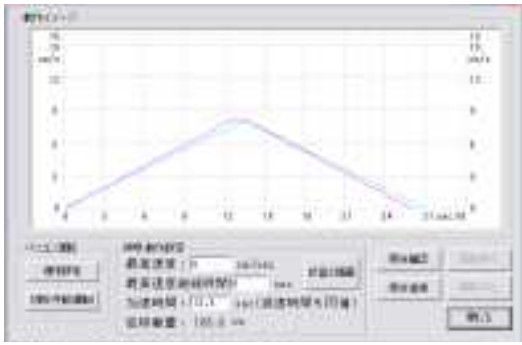
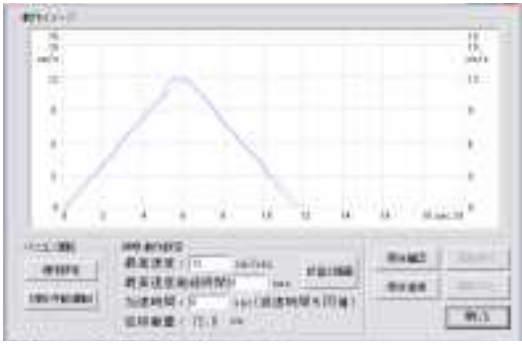
5.5 固定床実験結果

(1) 造波板動作モニタ結果

① 造波条件と造波板の挙動

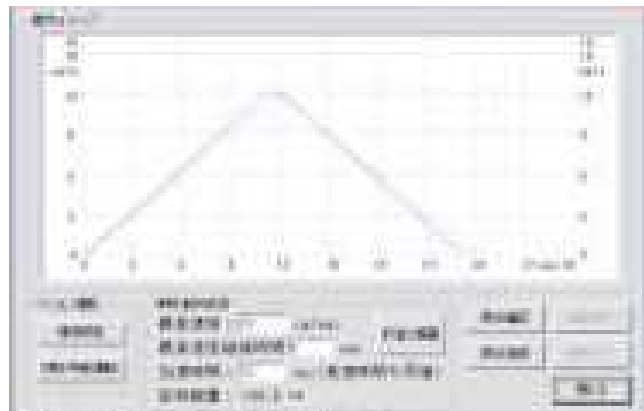
本実験では、造波装置に造波板最大移動速度と加速時間をパラメータとして与えて、造波を行った。パラメータから算出した造波板の挙動（理論値）と、実際の造波板の挙動（実測値）の比較を表 5-4 に示す。理論値と実際の挙動が概ね一致していることが確認できる。全ての造波条件で、実測値が理論値に比べて、最大速度到達時間および完全停止にかかる時間が若干短くなる傾向がみとめられる。

表 5-4 造波板の挙動（全造波条件）

	U1	U2
T 1		
T 2		
T 3		<p>— 理論値 — 実測値</p>

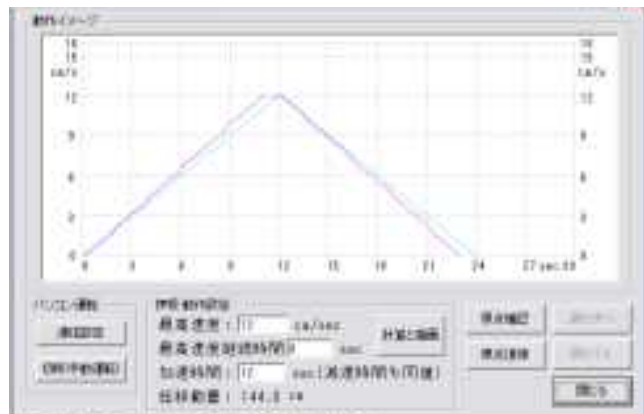
②同一造波条件における挙動のばらつき

図 5-8 と図 5-9 に、それぞれ同一の造波条件の造波板の挙動を示して比較する。図 5-8 は加速周期 T1 における造波板最大速度 U1, 図 5-9 は造波板最大速度 U2 の結果である。各図より、同一条件においては、造波板の挙動は一致しており、動作にばらつきがないことが確認できる。



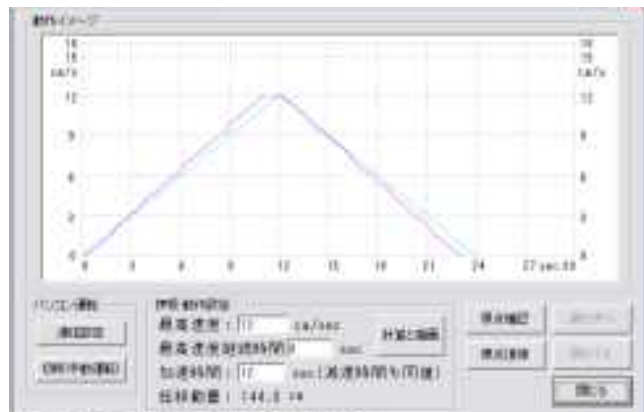
— 理論値
— 実測値

U1-T1-D1-1



— 理論値
— 実測値

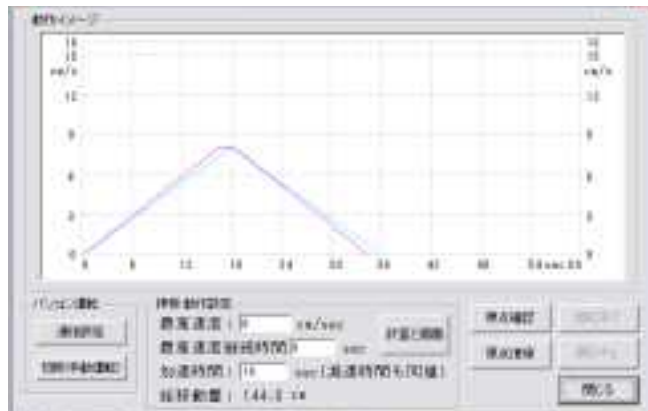
U1-T1-D2-3



— 理論値
— 実測値

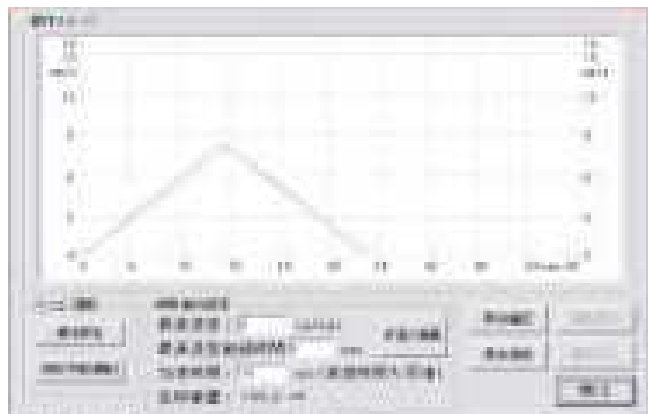
U1-T1-D3-2

図 5-8 造波板の挙動 (造波条件 : U1-T1)



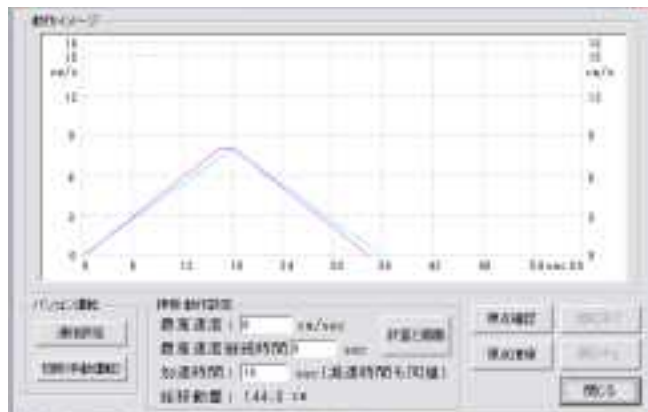
— 理論値
— 実測値

U2-T1-D1-1



— 理論値
— 実測値

U2-T1-D2-1



— 理論値
— 実測値

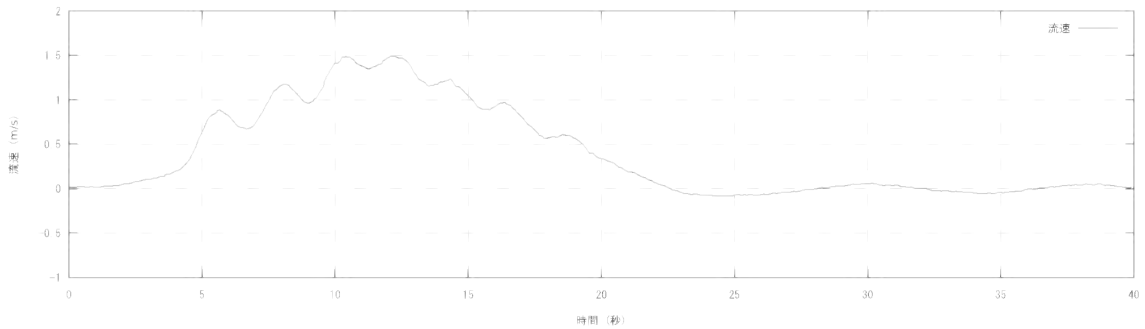
U2-T1-D3-1

図 5-9 造波板の挙動 (造波条件 : U2-T1)

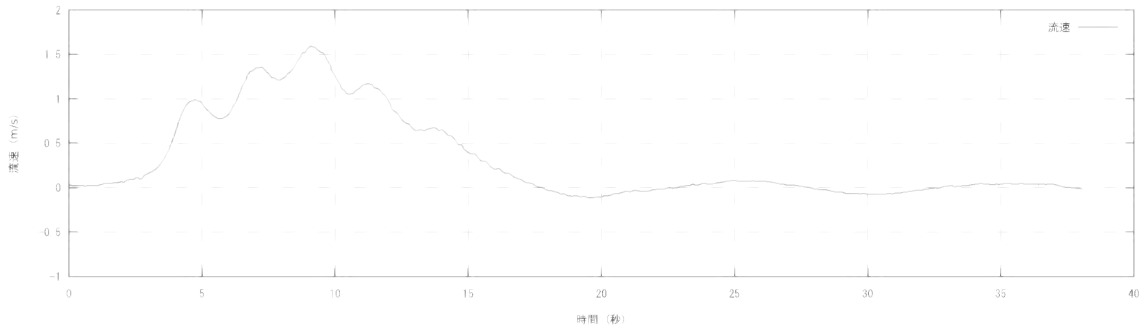
(2) 電磁流速計流速測定結果

電磁流速計を水路の上流端に設置し，水平流速の計測を行った．計測結果を図 5-10 および図 5-11 に示す．図 5-10 は造波板の最大移動速度が 0.12m/s での流速であり図 5-11 は造波板の最大移動速度が 0.08m/s での流速である．

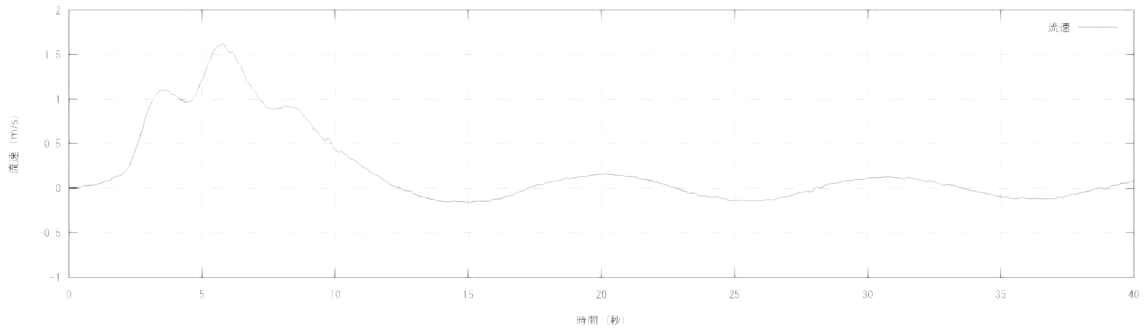
最大水平流速は，造波板移動速度が大きいケースで約 1.5m/s，造波板移動速度が小さいケースで約 1.0m/s となった．いずれの条件においても，周期 2.5 秒程度，振幅 0.2m/s 程度の振動が確認された．



加速時間（長）

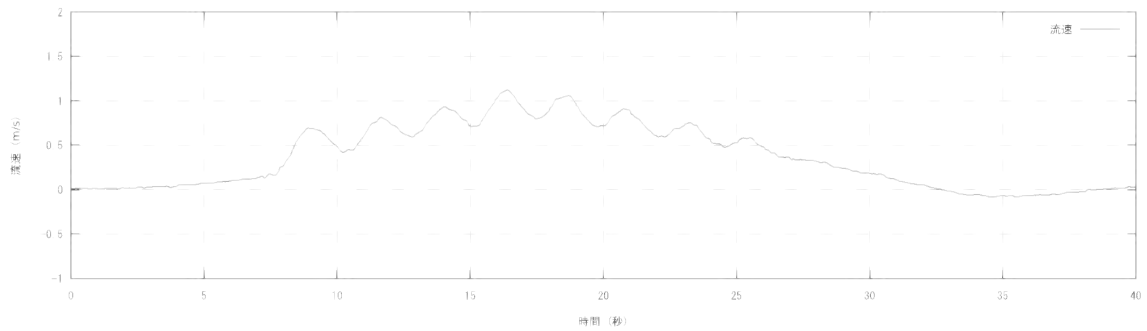


加速時間（中）

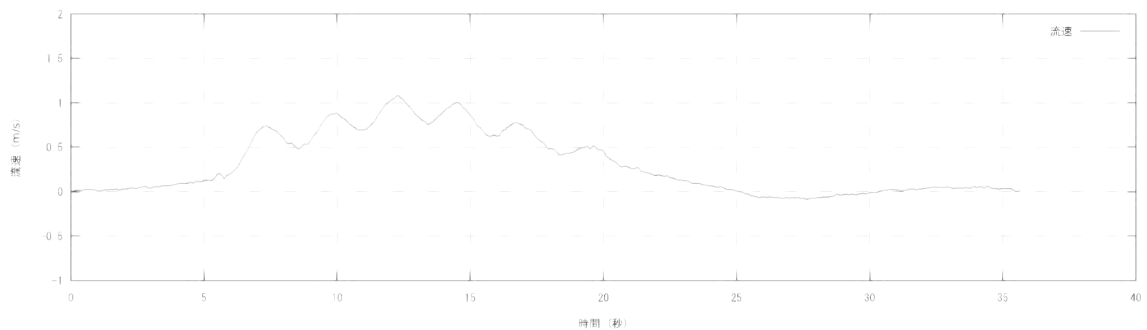


加速時間（短）

図 5-10 最大流速（大）における水平流速時刻歴



加速時間（長） T1



加速時間（中） T2

図 5-11 最大流速（小）における水平流速時刻歴

(3) 高速度カメラ撮影画像による PIV 解析結果

水路上部からレーザー光を照射し、側方から高速度カメラで撮影を行った。図 5-12 に、高速度カメラおよびレーザー装置の全体図を示す。レーザー光をスリットに通し、水路の一断面のみを照らすようにした（図 5-13 を参照）。PIV 解析を用いて、レーザー光により発光したトレーサー粒子の挙動から水路内の流速を算出した。

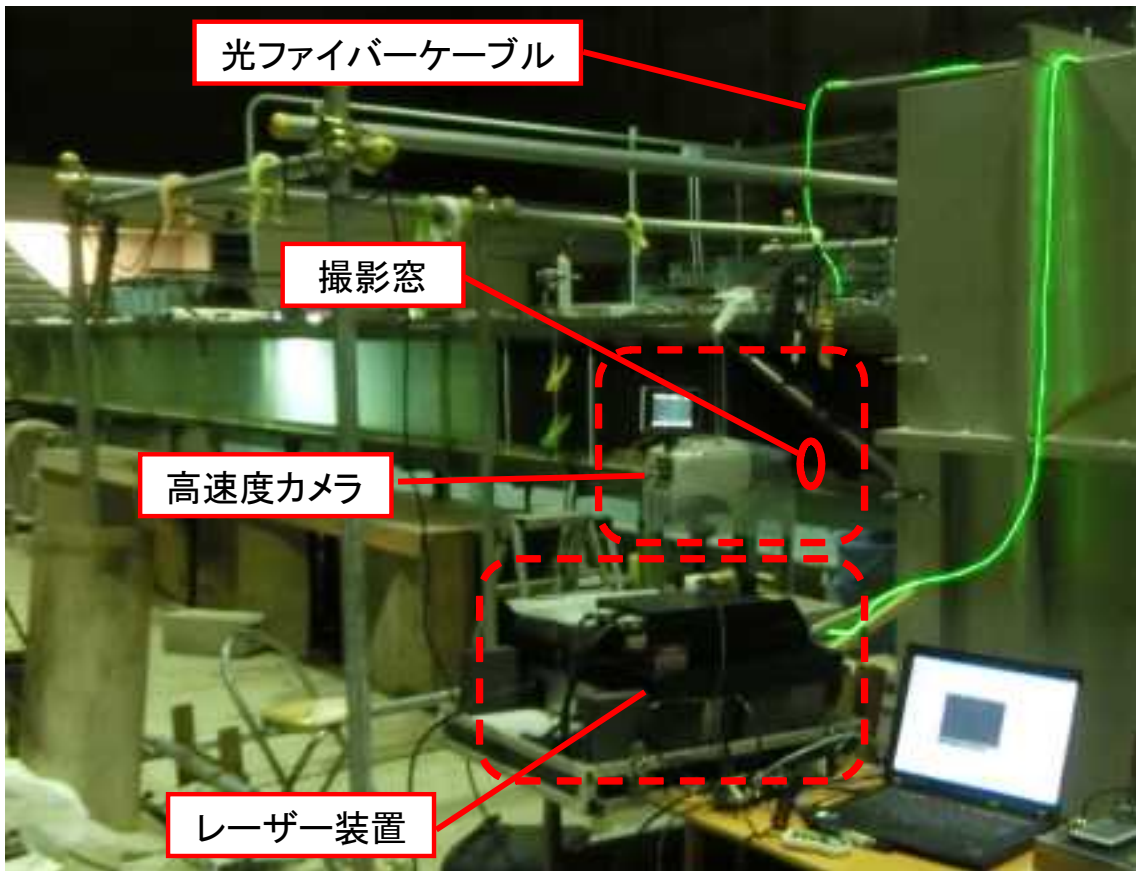
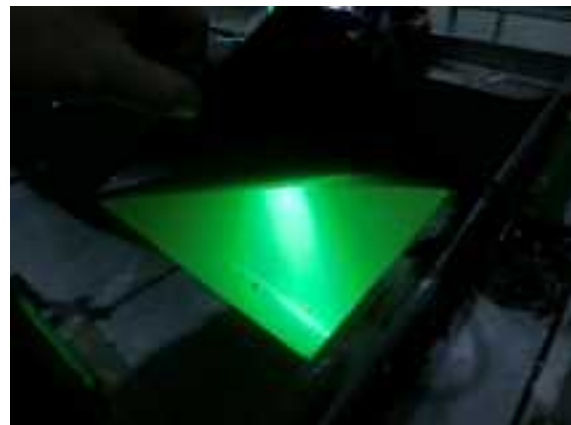


図 5-12 計測装置全景



高速度カメラ設置位置



水路内部にスリット状のレーザー光を照射

図 5-13 撮影箇所状況

①高速度カメラ映像

図 5-14 に高速度カメラの映像のスナップショットを示す．ここでは，代表として流速条件 U1-T1 の画像を示す．造波板移動開始直後，造波水槽の底に沈殿したレーザートレーサーが巻き上がり，底面付近に濁りが生じるが，最大流速に達するまでにはこの濁りは消える．レーザートレーサーが十分広がっており，造波板が停止した状態でもレーザートレーサーが均一に分布していることが確認出来る．

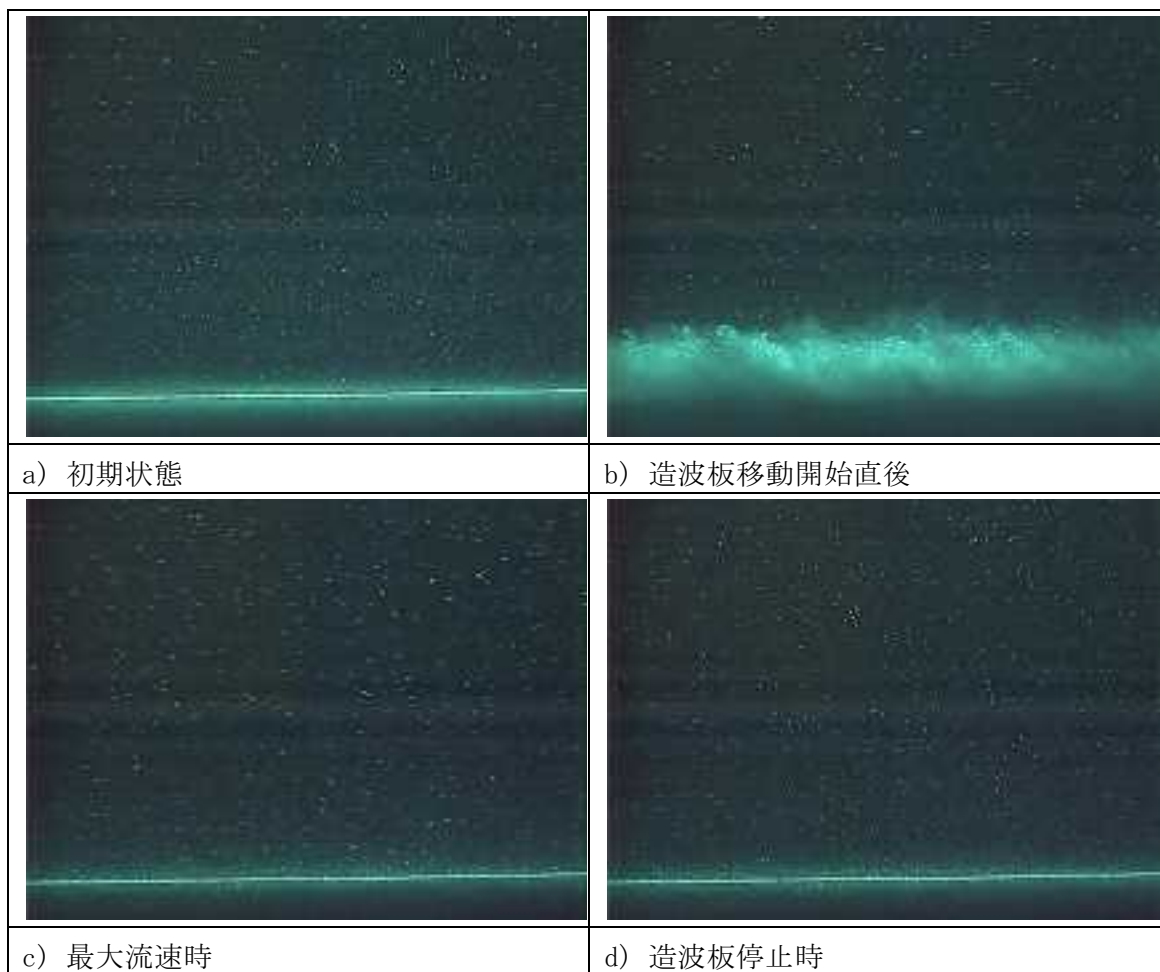
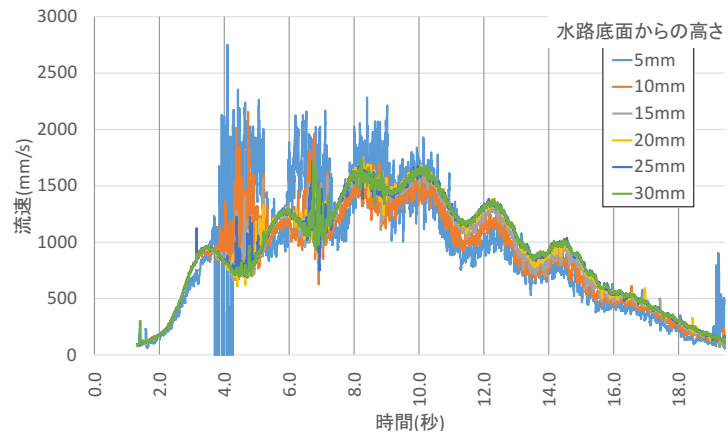


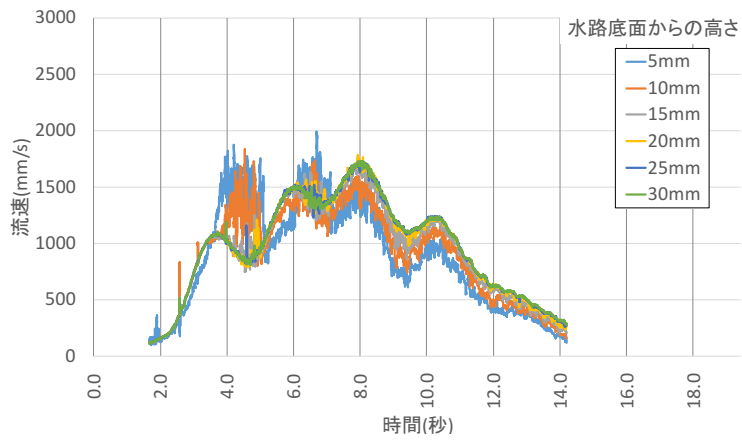
図 5-14 高速度カメラ映像スナップショット 実験ケース U1-T1

②PIV 解析結果

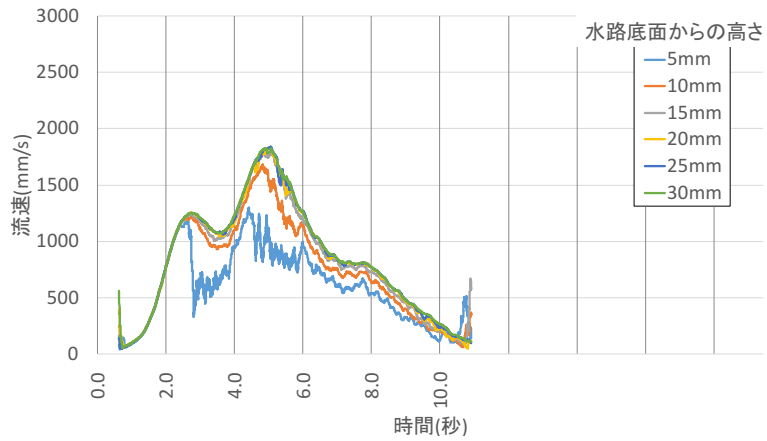
PIV 解析から得られた水平流速を図 5-15 と図 5-16 に示す．造波板の移動速度が大きいケース (U1) では，最大流速が 1.7m/s 前後となり，造波板の移動速度が小さいケース (U2) では，最大流速が 1.2m/s 程度である．



a) U1-T1

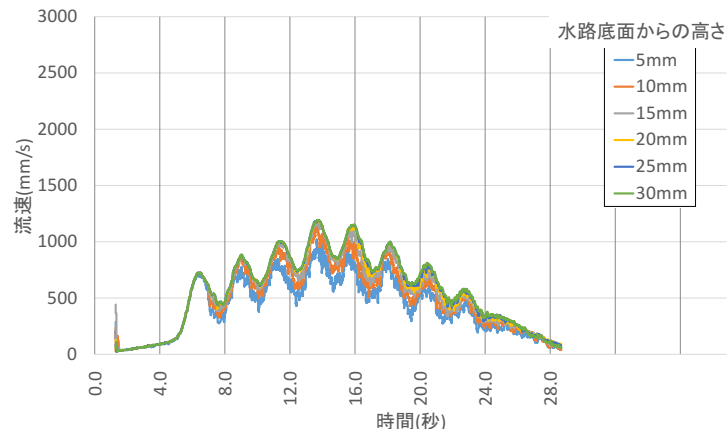


b) U1-T2

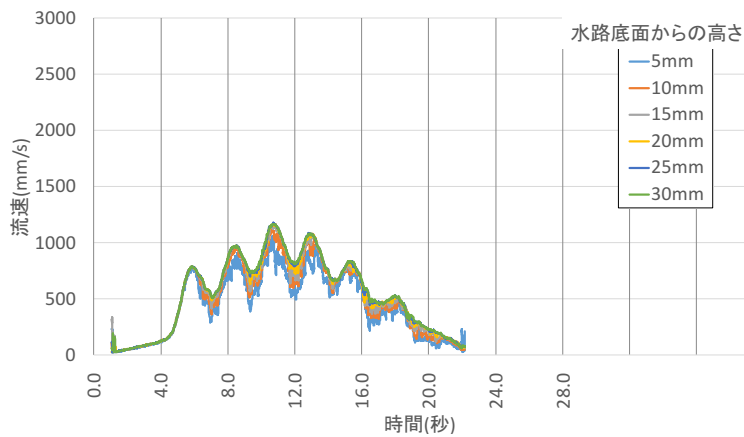


c) U1-T3

図 5-15 PIV 解析により算出した水平流速 (造波板最大速度条件 : U1)



a) U2-T1

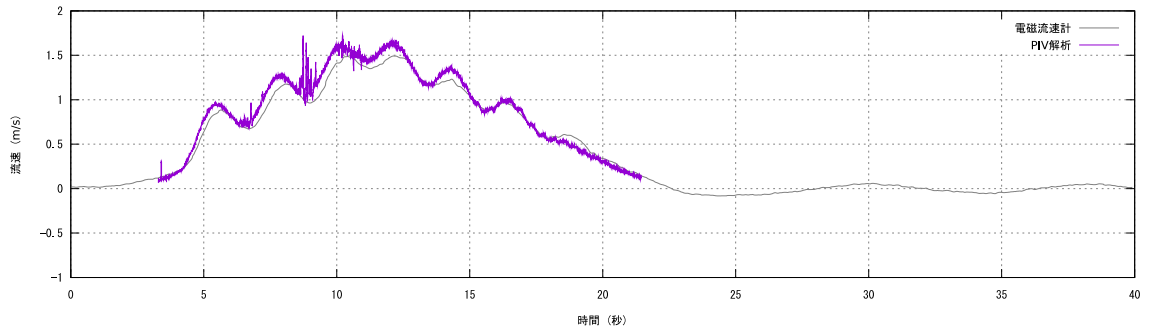


b) U2-T2

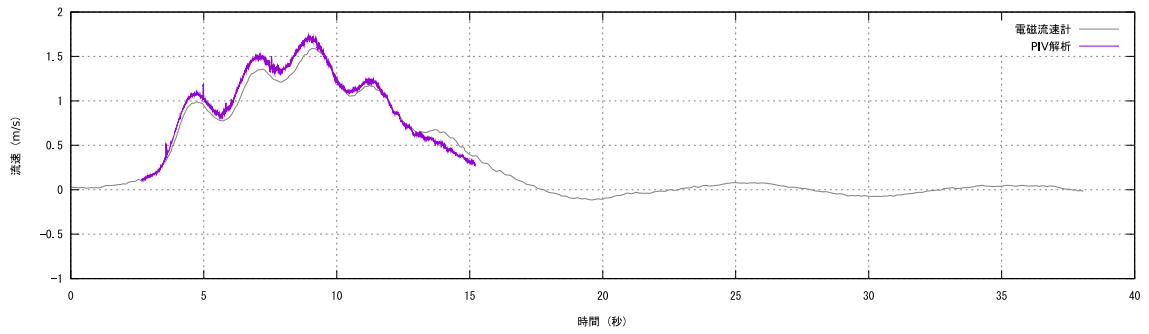
図 5-16 PIV 解析により算出した水平流速（造波板最大速度条件：U2）

③PIV 解析による流速と電磁流速計の計測値の比較

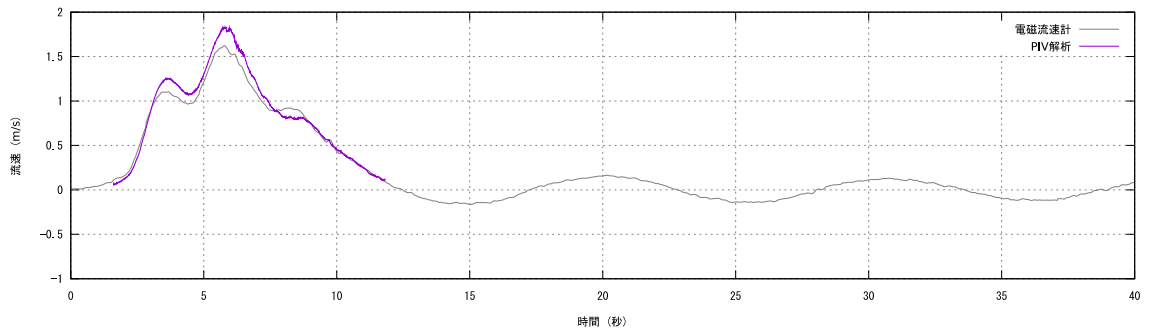
PIV 解析による流速と電磁流速計で測定された流速を比較した。PIV 解析の流速と電磁流速計の流速の流速時刻歴を重ねたものを図 5-17 および図 5-18 に示す。いずれの条件に置いても、時刻波形の位相が一致していることが確認できる。一方で、流速の大きさについては、PIV 解析による流速に比べて電磁流速計の計測結果が 1 割り程度小さくなった。



a) U1-T1

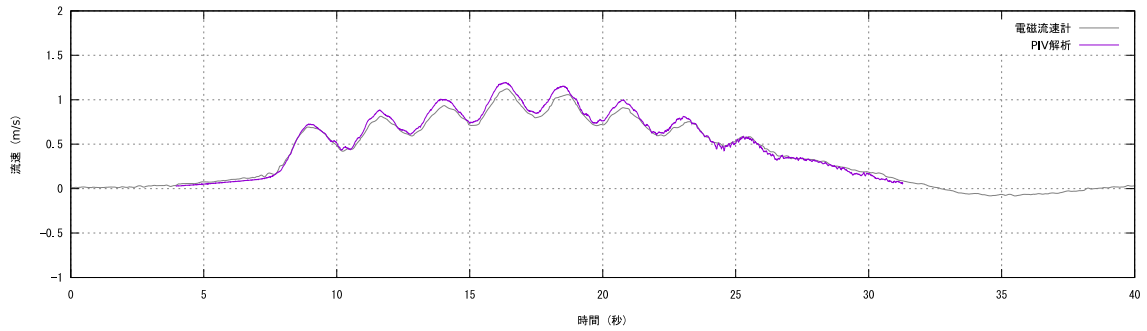


b) U1-T2

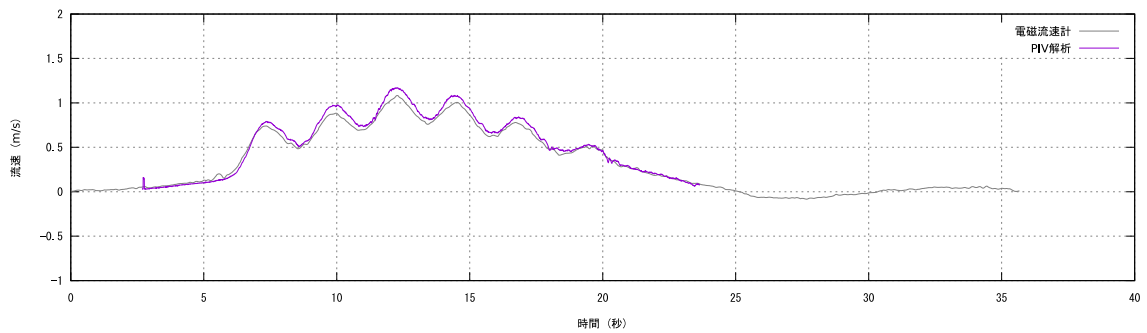


c) U1-T3

図 5-17 PIV 解析結果と電磁流速計測定結果の比較
造波板最大移動速度：大 (U1)



a) U2-T1



b) U2-T2

図 5-18 PIV 解析結果と電磁流速計測定結果の比較
造波板最大移動速度：小 (U2)

5.6 移動床実験結果

(1) 砂の移動状況

実験では、砂床区間の下流側の撮影を行い、砂の移動状況の確認を行った。各実験ケースの撮影結果の一例を図 5-19～図 5-21 に示す。図 5-19 は粒径（大）の実験ケース、図 5-20 は粒径（中）の実験ケース、図 5-21 は粒径（小）の実験ケースの状況を示している。

粒径（大）と粒径（中）のケースでは、流速が遅いケース（U2）において砂の堆積が薄く、水路の底面が露出が見られる。粒径（小）のケースでは、全ての流速条件において、水路の底面が完全に隠れる程の砂の堆積が認められる。

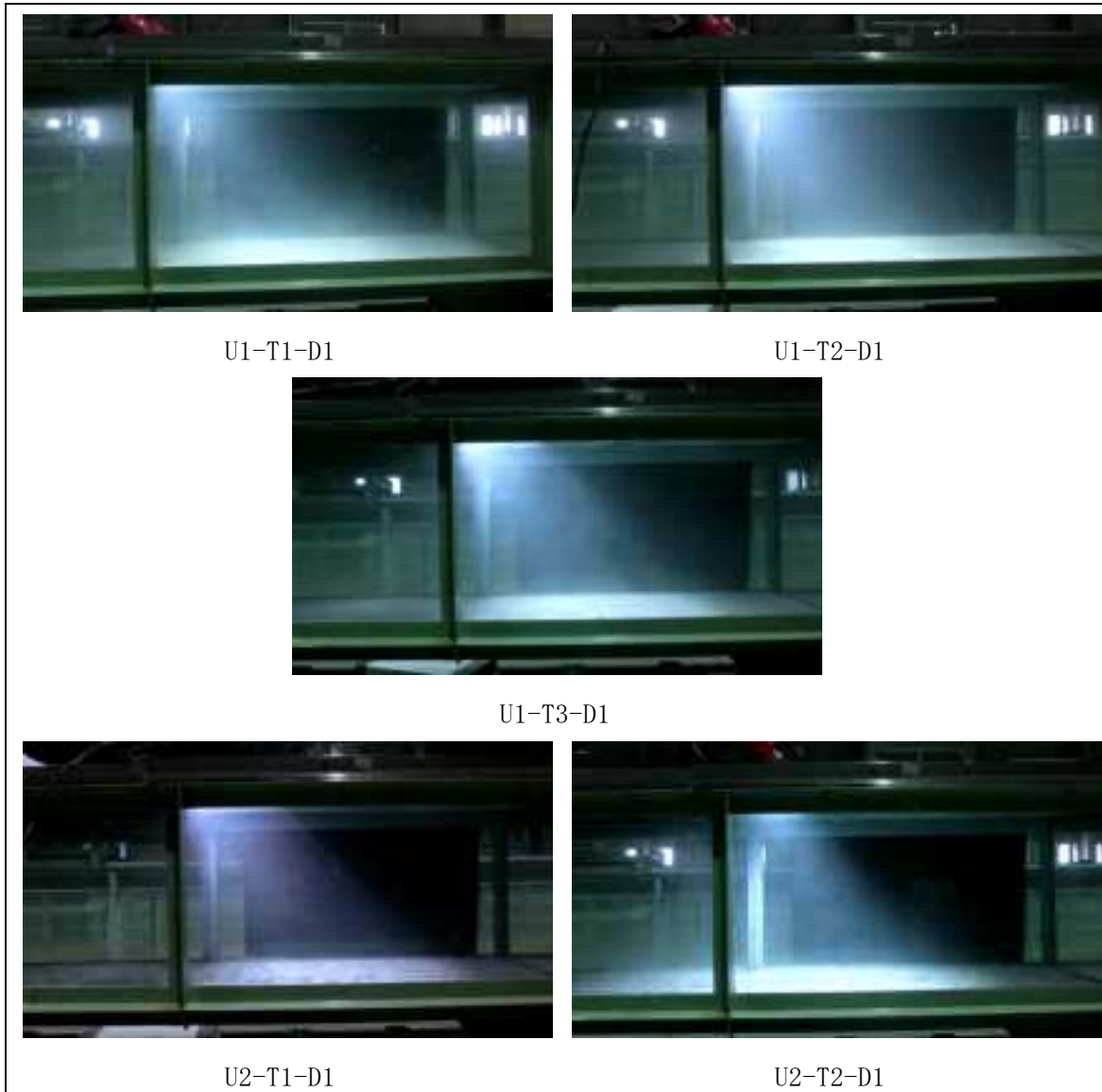


図 5-19 粒径（大）の実験ケースにおける砂床区間下流の砂の堆積状況



U1-T1-D2



U1-T2-D2



U1-T3-D2



U2-T1-D2



U2-T2-D2

図 5-20 粒径（中）の実験ケースにおける砂床区間下流の砂の堆積状況



U1-T1-D3



U1-T2-D3



U1-T3-D3



U2-T1-D3



U2-T2-D3

図 5-21 粒径（小）の実験ケースにおける砂床区間下流の砂の堆積状況

(2) 移動砂重量

全実験ケースの掃流砂と浮遊砂の重量を計測した。表 5-5 および表 5-6 に各実験ケースの砂の重量を示す。

表 5-5 移動砂の重量：粒径（大）

最大速度	加減速時間	粒径 (mm)	ケース名	掃流砂 (g)	浮遊砂 (g)	
大 (12cm/s)	長 (12.0s)	0.394	U1-T1-D1-1	3401.36	55.39	
			U1-T1-D1-2	3162.81	36.83	
			U1-T1-D1-3	3326.01	19.08	
			U1-T1-D1-4	3282.69	20.17	
		0.267	U1-T1-D2-3	5488.12	49.99	
			U1-T1-D2-4	5581.66	52.52	
			U1-T1-D2-5	5925.88	95.12	
		0.166	U1-T1-D3-1	8059.84	720.38	
			U1-T1-D3-2	8203.28	686.74	
			U1-T1-D3-3	7895.76	696.91	
		中 (9.0s)	0.394	U1-T2-D1-1	2928.68	32.27
				U1-T2-D1-2	2814.04	9.75
	U1-T2-D1-3			2452.52	7.70	
	U1-T2-D1-4			2597.99	5.15	
	0.267		U1-T2-D2-1	4089.01	14.06	
			U1-T2-D2-2	4117.51	3.90	
			U1-T2-D2-3	4199.14	8.04	
	0.166		U1-T2-D3-1	5951.34	80.93	
			U1-T2-D3-2	6533.12	43.33	
			U1-T2-D3-3	6574.88	35.01	
	短 (6.0s)		0.394	U1-T3-D1-1	1959.11	7.20
				U1-T3-D1-2	2045.63	5.66
		U1-T3-D1-3		1905.82	4.68	
		0.267	U1-T3-D2-1	3081.17	7.43	
			U1-T3-D2-2	3115.08	10.47	
			U1-T3-D2-3	2944.80	16.05	
		0.166	U1-T3-D3-1	3743.46	26.27	
U1-T3-D3-2			4082.30	30.17		
U1-T3-D3-3			4421.54	11.66		

表 5-6 移動砂の重量：粒径（大）

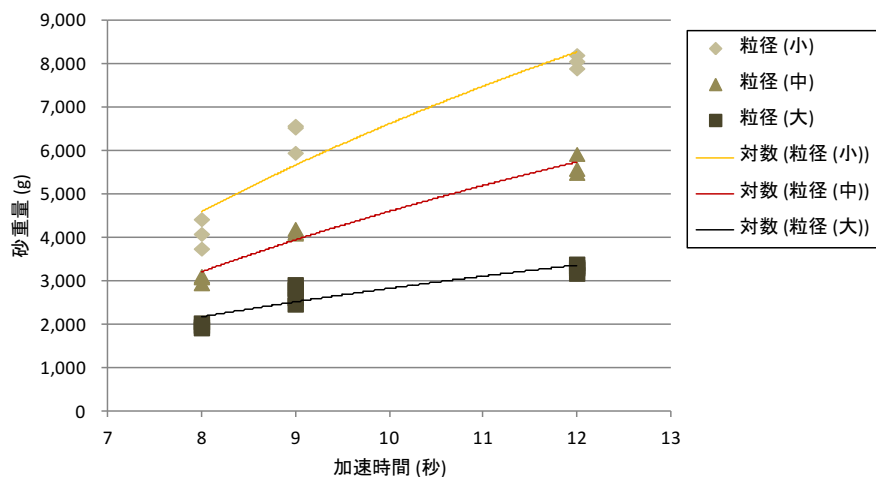
最大速度	加減速時間	粒径 (mm)	ケース名	掃流砂 (g)	浮遊砂 (g)
小 (8cm/s)	長 (18.0s)	0.394	U2-T1-D1-1	818.58	1.54
			U2-T1-D1-2	755.46	3.57
			U2-T1-D1-3	732.86	10.21
		0.267	U2-T1-D2-1	1063.09	7.47
			U2-T1-D2-2	1125.41	4.16
			U2-T1-D2-3	1067.58	6.32
		0.166	U2-T1-D3-1	3103.19	159.26
			U2-T1-D3-2	3023.02	113.85
			U2-T1-D3-3	2810.66	116.04
	中 (13.5s)	0.394	U2-T2-D1-1	556.62	11.14
			U2-T2-D1-2	545.81	7.24
			U2-T2-D1-3	623.60	4.00
			U2-T2-D1-4	541.26	2.95
		0.267	U2-T2-D2-1	694.93	4.96
			U2-T2-D2-2	926.19	6.26
			U2-T2-D2-3	729.83	2.18
		0.166	U2-T2-D3-1	1972.97	23.10
			U2-T2-D3-2	2001.14	21.05
	U2-T2-D3-3		1939.59	7.89	

5.7 おわりに

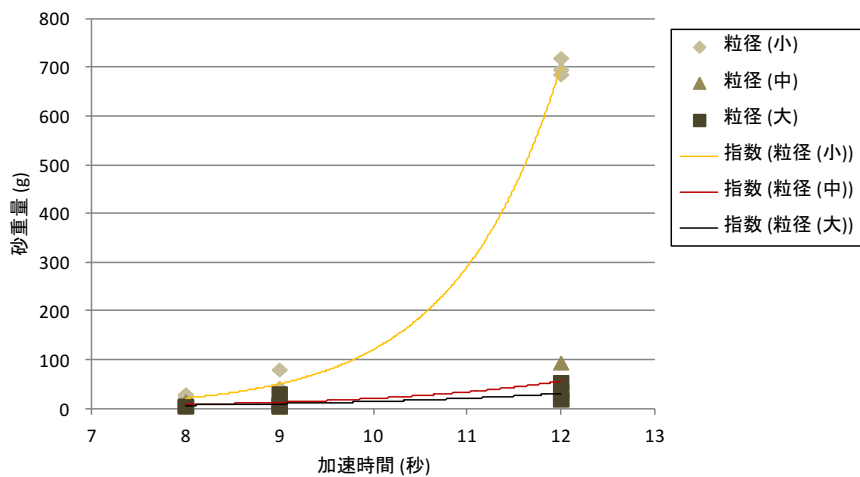
砂の粒径，外力を変化させた場合の，水理量と土砂移動の関係について調査を行った。

(1) 加速時間と土砂移動量の関係

加速時間が長いほど，砂の移動量が多くなる結果となった（図 5-22，図 5-23 を参照）．本実験においては，掃流砂の移動量の増加は加速時間の増加に対して対数的であり，一方の，浮遊砂の移動量は指数関数的となった．

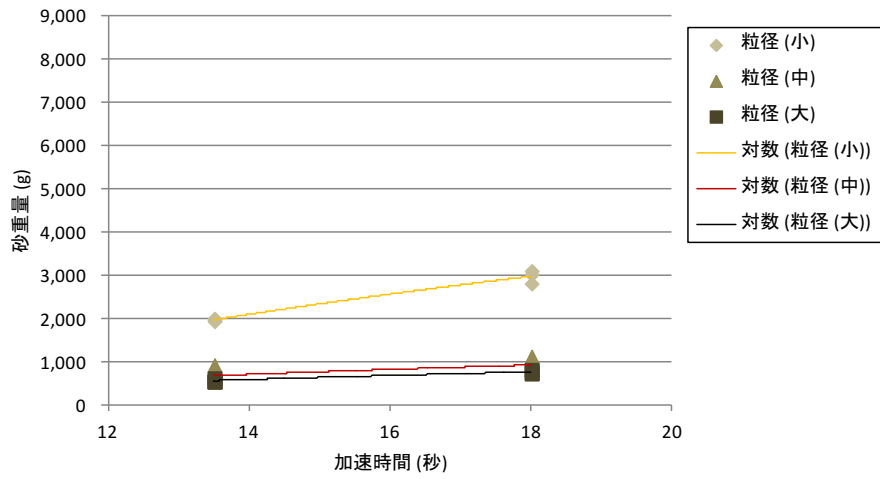


a) 掃流砂

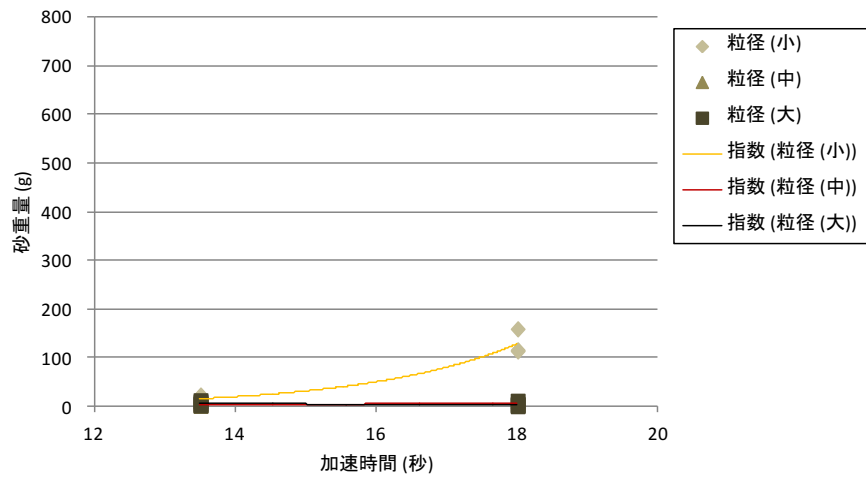


b) 浮遊砂

図 5-22 造波板加速時間に対する土砂移動量（造波板最大移動速度 U_1 ）



a) 掃流砂

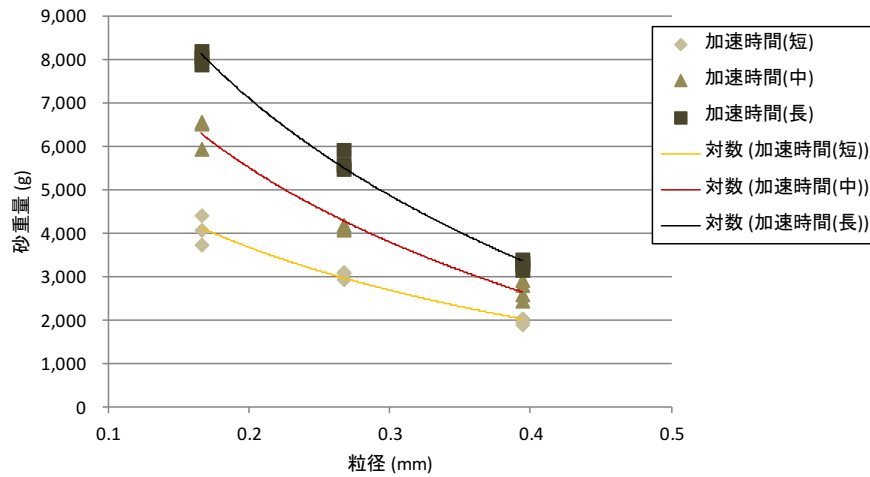


b) 浮遊砂

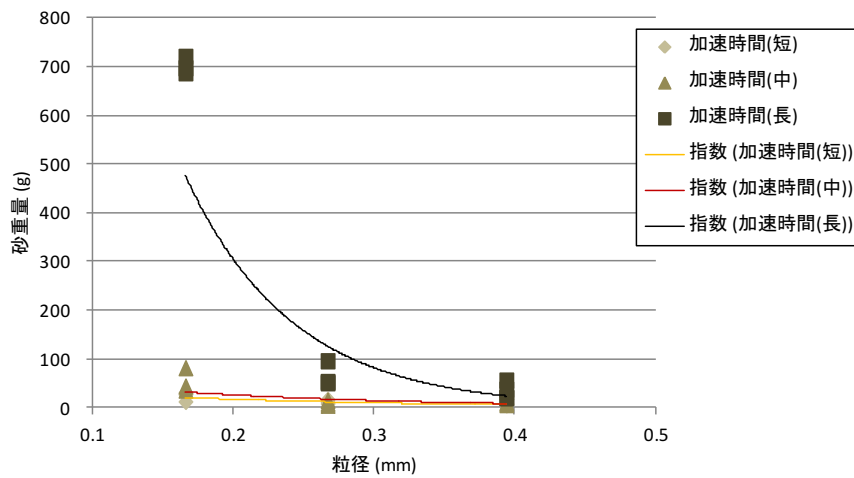
図 5-23 造波板加速時間に対する土砂移動量 (造波板最大移動速度 U_2)

(2) 粒径と土砂移動量の関係

砂の粒径が小さいほど、砂の移動量が多くなる結果となった（エラー！参照元が見つかりません。図 5-24, 図 5-25 を参照）。本実験においては、掃流砂の移動量の増加は加速時間の増加に対して対数的であり、一方の、浮遊砂の移動量は指数関数的となった。

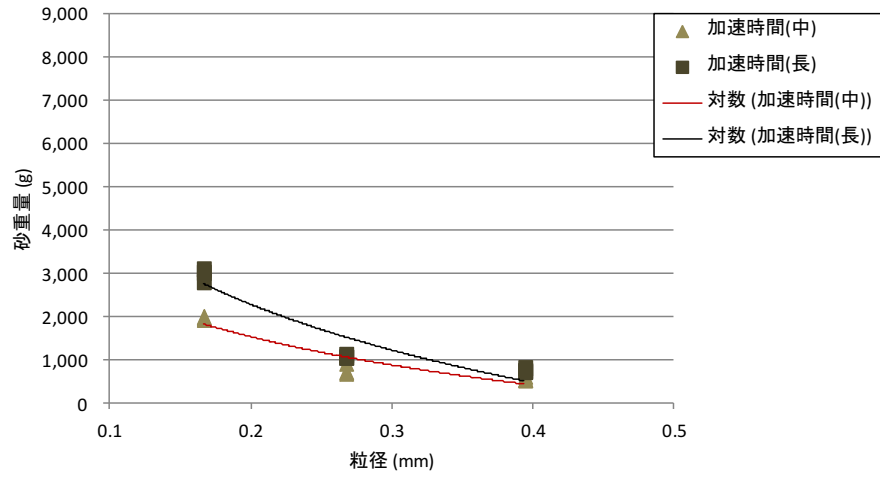


a) 掃流砂

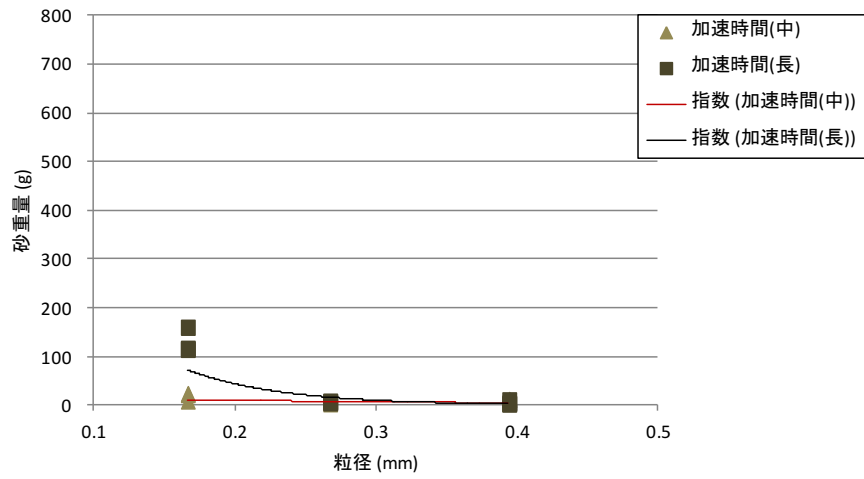


b) 浮遊砂

図 5-24 砂の粒径に対する土砂移動量（造波板最大移動速度 U1）



a) 掃流砂



b) 浮遊砂

図 5-25 砂の粒径に対する土砂移動量（造波板最大移動速度 U2）

6. 2011 年東北地方太平洋沖地震津波による仙台湾南部沖の堆積物分析と海岸地形変化の再現計算

6.1 背景

2011 年東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）の津波により，仙台湾沿岸一帯では大規模な土砂移動が生じた．このことは，仙台平野中北部では，主に海浜・浜堤砂の内陸方向へ移動と堆積として現れた（Goto et al., 2012; Richmond et al., 2012）．一方，仙台平野南部では，内陸部での土砂堆積とともに，海岸施設の大規模な損壊・流失や顕著な海岸侵食が起り，各所で引き波によると考えられる砂浜の分断・入江状の地形の形成が見られた．これらは，押し波時における海岸施設背後の洗掘や，これに伴う施設崩壊部あるいは既存の水路への引き波の集中的な流入が原因と考えられている（永澤・田中，2012）．

東日本大震災の津波による陸上地形の変化については，国土地理院および東北地方整備局による被災前後の航空測量データを用いた量的な評価が行われている（Udo et al., 2012）．また，圃場に堆積した土砂の層厚情報は，宮城県農政課によって網羅的に収集されているほか（Goto et al., 2014），海岸線に直交する複数の調査測線で，系統的な堆積物調査も行われている（Abe et al., 2012）．

仙台湾南部の海域では，東北地方整備局により 1980 年代から継続的に深淺測量が実施されている．有働ら（2013）では，そのデータに基づいて津波に前後した海底地形の変化を推定している．これによると，亘理町～山元町では，海浜の侵食とともに沖合の浅海域で最大で 1m 程度の堆積域が帯状に生じたことが推定されている．本プロジェクトでは，この研究を参考にして，2013 年度および 2014 年度に該当海域で柱状採泥を実施し，震災の津波によって堆積したと考えられる粗粒～中粒砂層を検出している．その層厚分布状況は，有働ら（2013）による推定値と整合的であった．ただし，津波堆積物上部は津波後の常時波浪により再堆積している可能性が考えられ，その検証が課題として残されている．

以上の様に，仙台湾沿岸，特に南部海岸は津波前後の地形および堆積物データが豊富に存在するとともに，津波による土砂移動の量的評価が様々な角度からなされてきた地域であり，津波土砂移動の数値モデルを用いた再現計算において，これまででない検証材料が揃っている．そこで本研究では，まず仙台湾南部海岸の沖合において採取された試料の花粉分析を行い，試料上部が津波後の常時波浪により再堆積した可能性を検討した．次に，仙台湾南部海岸を対象に 2011 年東北地方太平洋沖地震津波による土砂移動の数値計算を行い，現状の数値モデルの再現性について検討した．特に，柱状採泥との関連から，本研究では浅海域での侵食・堆積に注目して解析を行った．浅海域での土砂堆積厚の推定値は陸上に比べて少なくとも数倍程度大きい上，微地形による層厚の局所変化も小さいと想定されるため，検証には好都合であると考えられる．

6.2 花粉分析

(1) 分析方法

東北地方太平洋沖地震の津波堆積物を含む仙台湾南部の浅海底コアを対象として花粉分析を行った。2011年の津波で仙台平野沿岸部の植生は大きな被害を受けたが、これによる植生の変化が仙台湾浅海底コアに反映されており、津波時に堆積した層準と津波後に堆積した層準の識別が可能ではないかと考えたためである。分析に用いたコアは、1306St.1 (緯度 37.9281739 経度 140.9254981, 水深 7.3m), 1307St.9 (緯度 37.9287939 経度 140.9312217, 水深 11.1m), 1307St.10 (緯度 37.9290614 経度 140.9340883, 水深 12.3m) である。分析は株式会社パレオラボに依頼した。

(2) 分析結果

1306St.1: 肉眼観察から、このコア中の津波堆積物は0~99 cmと考えられる。このコアでは津波堆積物中(0~2 cm, 4~6 cm, 9~11 cm, 39~41 cm, 64~66 cm, 89~91 cm), およびそれ以下(99~101 cm, 101~103 cm)より採取したサンプルを分析した。その結果、0~2 cm, 39~41 cm, 64~66 cm, 99~101 cm, 101~103 cmより、50個以上の花粉が産出した。図6-1に層準ごとの花粉群集分布図と泥質堆積物1g当たりの花粉・胞子数を示す。図6-1より0~2 cm, 99~101 cm, 101~103 cmからは比較的多くの科、属の樹木花粉が産出した。特に0~2 cm, 101~103 cmでは、多くの科、属の草本花粉、胞子も産出する。しかし、39~41 cm, 64~66 cmでは産出した花粉の科、属数は少ない。泥質堆積物1g当たりの花粉・胞子数は、津波堆積物と考えられる層準で138~6386個/g, それ以下の層準において384~806個/gで、特に39~41 cm, 64~66 cmにおいて大きい。分類群毎の特徴として、津波前の堆積物ではマツ属、イネ科花粉の含有量が小さいが、津波堆積物中では大きいという特徴が見られる。0~2 cmにはアカメガシワ属、ヌルデ属-ウルシ属、イタドリ節、マメ科、タンポポ亜科の花粉が特徴的に含まれている。

1307St.9: 肉眼観察から、このコア中の津波堆積物は10~16cmと考えられ、16 cm以下は津波前の海底堆積物、0~10 cmは津波後の海底堆積物の可能性が考えられる。このコアでは、0~2 cm, 5~7cm, 14~16 cm, 20~22cm, 25~27cmの試料を分析した。0~2 cmを除く4層準のサンプルから50個以上の花粉が産出した。図6-2に層準ごとの花粉群集分布図と泥質堆積物1g当たりの花粉・胞子数を示す。図6-2より20~22 cmは比較的多くの科、属の樹木花粉が産出した。しかし、他の層準において産出した花粉の科、属数は少ない。泥質堆積物1g当たりの花粉・胞子数は津波後の再堆積物と考えられる層準で186~816個/g, 津波堆積物と考えられる層準で1189個/g, 津波以前の堆積物で86~1013個/gであった。

1307St. 10 : 肉眼観察より，このコア中の津波堆積物は 28～45 cm と考えられ，それ以下は津波前の海底堆積物，0～28 cm は津波後の海底堆積物の可能性が高い堆積物と考えられる．このコアでは 0～2 cm，10～12 cm，20～22cm，30～32 cm，40～42 cm，50～52cm，60～62cm より採取したサンプルを分析した．その結果，全層準において花粉産出数が 50 個を下回った．泥質堆積物 1g 当たりの花粉・孢子数は全層準で 26～187 個/g の値をとり，津波堆積物中で 170～187 個/g と比較的大きかった．

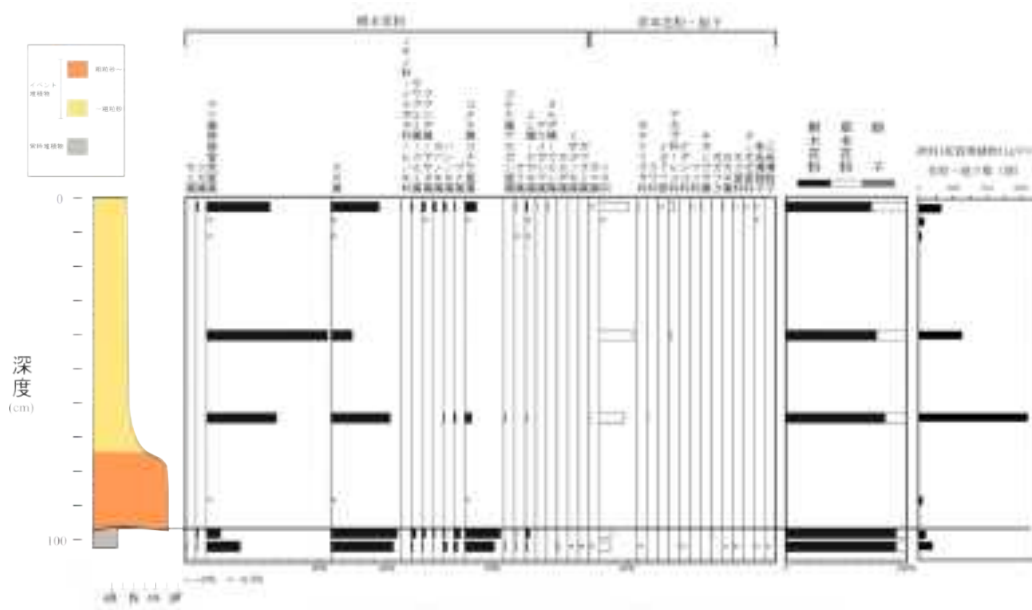


図 6-1 1306St. 1 コアの花粉分析の結果.

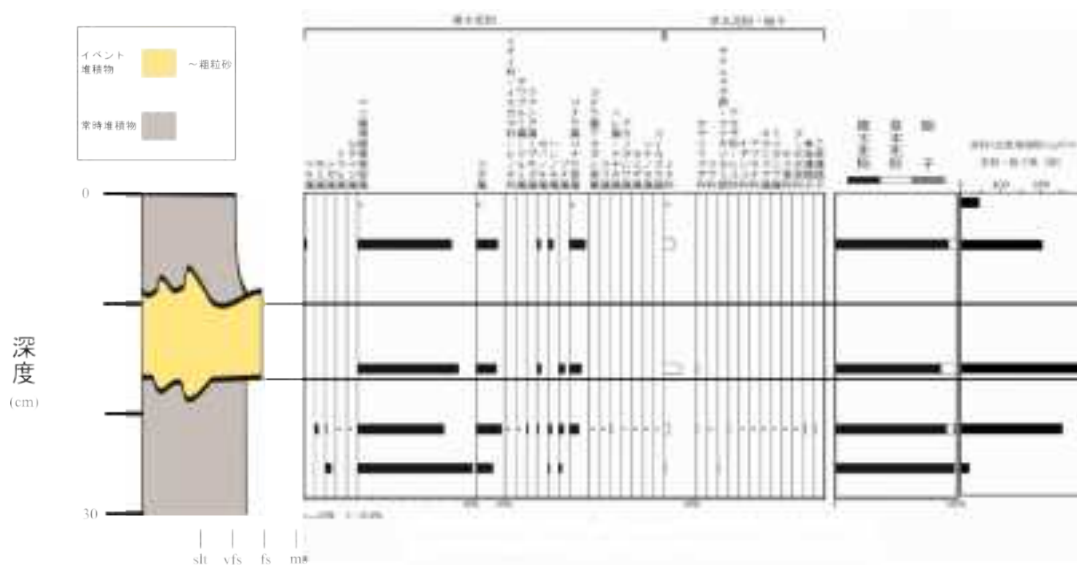


図 6-2 1307St. 9 コアの花粉分析の結果.

(3) 考察

本年度の花粉分析の結果をまとめると、まず津波前の海底堆積物のみならず津波堆積物と認定した層準からも花粉が産出した。このうち、1306St. 1 コアにおいては、津波堆積物中から産出した花粉は津波時に堆積した可能性が考えられる。また、このコアにおける津波後に再堆積した可能性のある層準は 0~2 cm に限定できる可能性がある。1307St. 9 コアにおいては、津波堆積物と認定した層準は津波の最終段階に堆積した可能性、または津波後の常時波浪で再堆積した可能性の二つが考えられる。特に後者の場合は、このコアにおける津波堆積物層準を再検討する必要がある。いずれにしても花粉分析の結果には、花粉が掘削地点やコア中で偏在していること、季節による花粉飛散量の違いが反映されている可能性もあり、分析結果の精査を行う必要があると考えられる。

以上の結果を踏まえると、花粉分析のみで津波後の再堆積の層準を特定するのは容易ではなく、複数の分析手法の組み合わせが必要である。以下の検討では津波後の再堆積はないものと仮定して数値計算結果との比較を行うが、今後の分析により比較結果が変わる可能性がある点に留意が必要である。

6.3 仙台湾南部を対象とした土砂移動数値計算

(1) 計算手法

東北地方太平洋沖地震津波を再現する地震断層モデルとしては、Satake et al. (2013) を用いた。所与の断層パラメータから Okada (1985) の方法により地殻変動を算定し、初期波形として津波伝播モデルに入力した。

津波伝播・氾濫の数値モデルは非線形長波方程式を有限差分法で離散化した TUNAMI-N2 (Goto et al., 1997) に基づく。土砂移動数値モデルは、高橋ら (1999) の手法を元に、高橋ら (2011) による流砂量式の係数、および菅原ら (2014) による飽和浮遊砂濃度の算定式を導入し、浮遊砂移流項に一次風上差分を施したものを使用した。飽和浮遊砂濃度の算定式は、流況に応じた飽和濃度の変動を予測するものであり、今井ら (2015) により追波湾 (宮城県石巻市) の、また山下ら (2015) により広田湾 (岩手県陸前高田市) の再現計算に用いられている。

解析領域は、津波波源全体を含む領域 ($dx=1215m$) から土砂移動の解析対象地域 ($dx=5m$) まで 6 段階に分割されている (図 6-3)。津波氾濫・土砂移動解析対象領域の津波前の陸上地形データは、国土地理院提供の被災前後の航空レーザー測量データ (2m メッシュ, 5m メッシュ) を用いて作成した。海域については、日本水路協会による等深線データ M7000 シリーズを元に作成し、河川・沿岸湖沼については中央防災会議の公開メッシュに含まれるデータを用いた。阿武隈川以南の仙台平野南部全域は 15m メッシュに含まれ、5m メッシュは北部の亘理町側、南部の山元町側に分割した。

土砂供給源 (移動床) は、以下で述べる構造物に該当する箇所を除く計算領域全体 (海・陸) とし、解析対象の粒径は 0.267mm に設定した。この値は、仙台湾中北部海岸

においては平均的な粒径である。仙台湾南部海岸における土砂移動と地形変化は海岸施設等, 地表面の人工被覆の存在によって大きく影響を受けていると考えられる。そこで, 被災前後の衛星画像からヘッドランド, 海岸・河川堤防, 舗装道路, その他人工被覆の分布状況を把握し, 流失箇所は移動床に, 残存箇所は固定床として設定した。

安定条件を満たすよう, 時間格子間隔は0.1秒とし, 大規模な波の押し引きがほぼ終息する地震発生から3時間までを再現した。

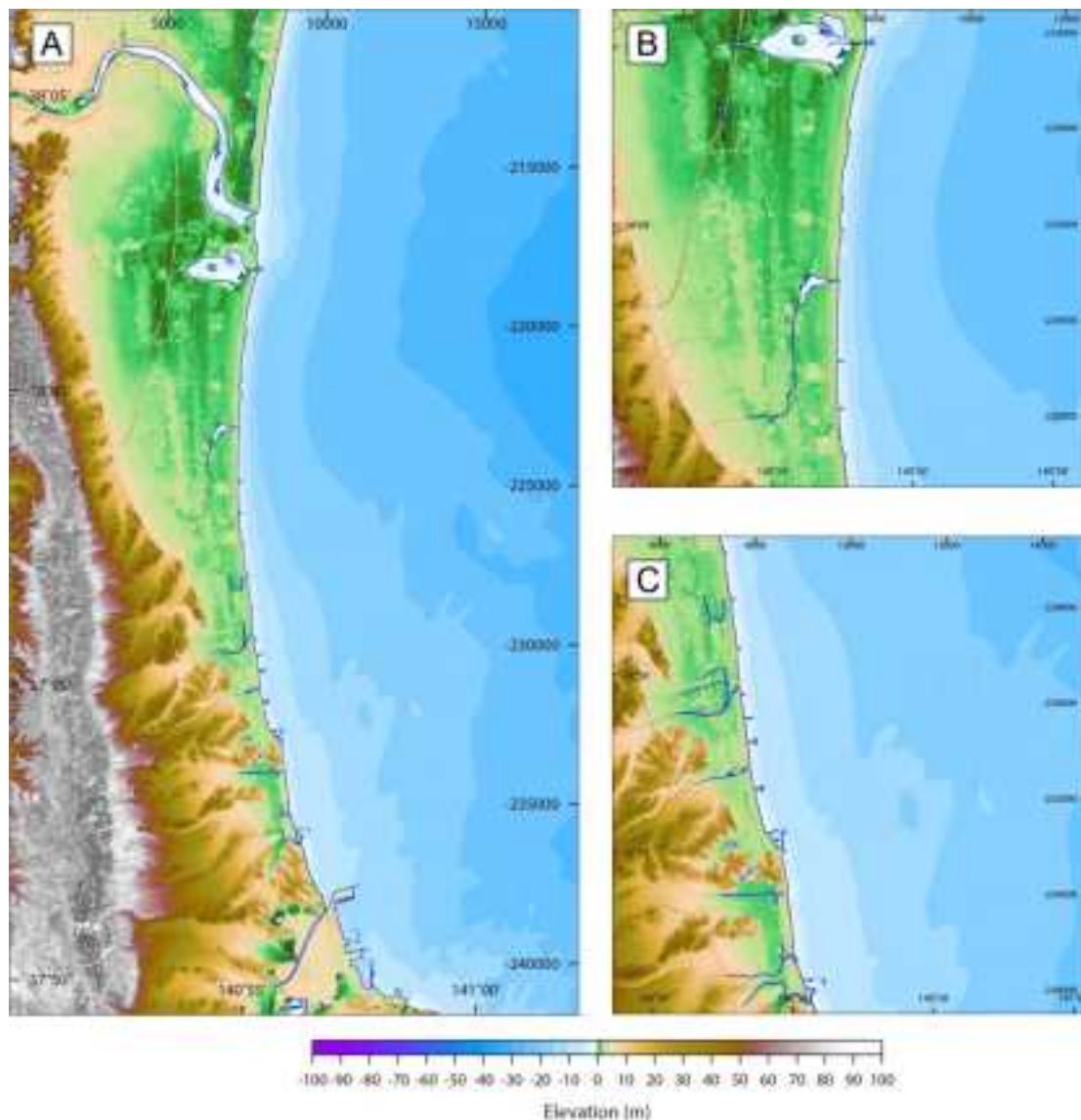


図 6-3 津波伝播・氾濫解析対象領域. A: 15m メッシュ, B: 5m メッシュ北部領域, C: 5m メッシュ南部領域.

(2) 津波伝播・氾濫計算結果

図 6-4 に 15m メッシュの仙台湾南部海岸全域での津波高，浸水深，流速を示す．海岸線上の津波高は 8–10m 程度である．南部領域（山元町側）は，谷地形であるため，浸水深が遡上限界点に向かって変わらないか高くなる傾向を示すが，北部領域（巨理町側）では，内陸側ほど浸水深が小さくなる．同様に，南部領域は北部領域に比べて浸水深が大きくなっている．北部領域については，常磐道による浸水深・浸水深の低減が確認できる．流速は北部・南部領域とも海岸線の岸側・沖側で 10m/s に達する狭い帯状の領域が現れている．海岸線よりも沖側の高流速領域は，流速 3m/s 程度の低流速領域と不連続的に接している．陸上部の流速の分布は，微地形の影響を受けながら内陸方向に減少している．

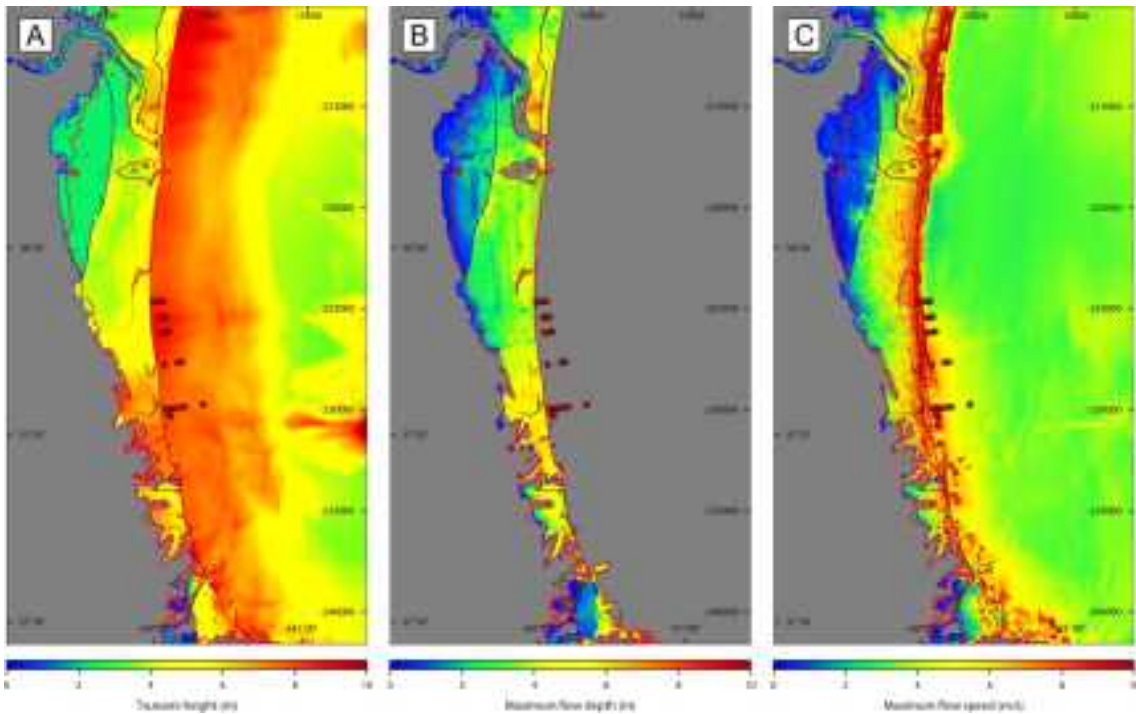


図 6-4：津波伝播・氾濫解析結果（15m メッシュ）． A：津波高， B：浸水深， C：流速．
赤の実線は実測の浸水域を示す．赤の円は柱状採泥地点を示す．

浸水深について Aida (1978) の K , κ を用いて再現性を評価すると，幾何平均について $K=0.84$ ，幾何標準偏差について $\kappa=1.64$ となり，痕跡高に対して過大評価であり，空間的な再現性も低い結果となっている．

移動床計算を行った 5m メッシュ領域について同様に再現性を評価したところ，北部領域では $K=0.82$ および $\kappa=1.42$ ，南部領域では $K=1.21$ ， $\kappa=1.30$ となった． κ の値からは，5m メッシュ領域の両方において空間的な再現性が向上していることが分かるが， K の値でみると，北部で過大，南部で過小と異なる評価となった．実際に，北部では実

績の浸水域を超える計算浸水域となっているが、南部では一部谷奥で実績の浸水域に計算浸水域が到達していない（図 6-5）。

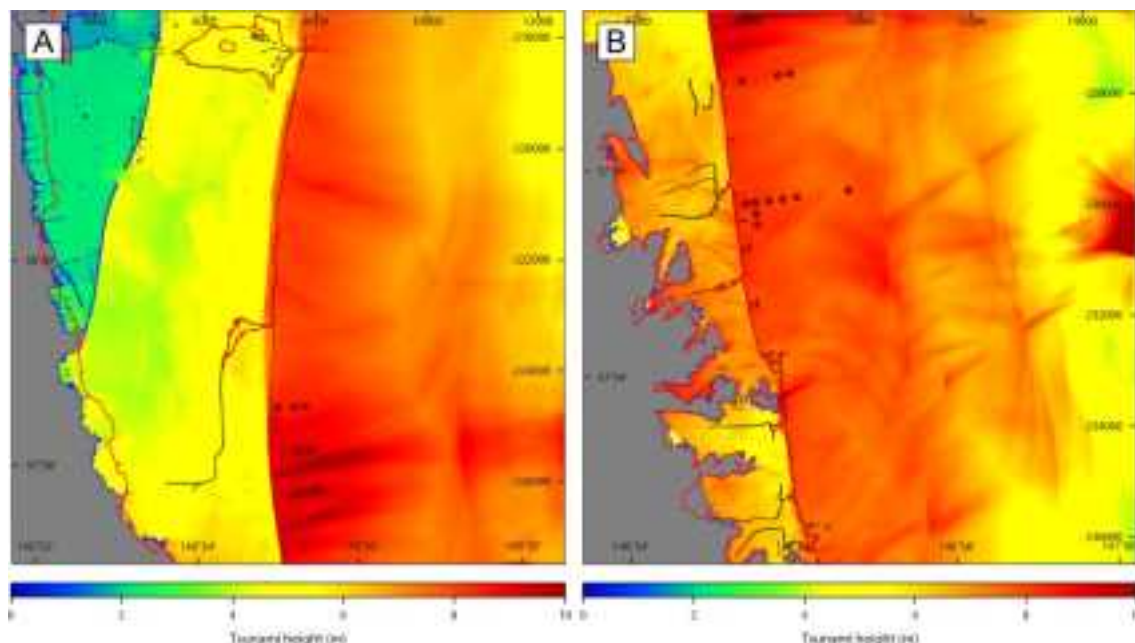


図 6-5：津波伝播・氾濫解析結果（5m メッシュ）。A：北部領域，B：南部領域。赤の実線は実測の浸水域を示す。赤の円は柱状採泥地点を示す。

(3) 土砂移動計算結果

図 6-6 に、5m メッシュ南北領域での浸食状況再現結果を示す。北部領域では浸食域が施設背後の洗掘として線状に現れている。海岸施設流失箇所からは、流失幅に応じて沖方向に浸食域が広がっている。南部領域では、海岸施設の大部分が流失しているため、浸食域は施設背後の線状の洗掘ではなく、砂浜の全面的な浸食として現れている箇所が多い。それでもなお、施設残存箇所においては、沖側沖方向への浸食域の広がりは一時的になっている。

図 6-7 に、5m メッシュ南北領域での堆積状況再現結果を示す。両方の領域とも、堆積域は陸方向、沖方向にみられ、特徴に大きな違いがある。陸上での土砂堆積量は、南北領域とも高々0.3m 程度である。堆積量の分布状況は道路等の陸上の微地形に影響を受けており、局所的に堆積厚さが小さくなっている、あるいは大きくなっている場所が多く認められる。海域での堆積状況は、海岸施設流失部での浸食に対応したものとなっており、崩壊規模に応じた量の土砂が浅海域に流入・堆積した様子が確認される。沖方向への土砂の到達距離は 500–1000m 程度であり、岸から数 100m 離れた位置に堆積厚が 1m 程度の極大となる領域がスポット状に現れている。

図 6-8 に、浸食・堆積の再現結果の差し引きである、津波による最終地形変化量分布

を示す。確認できる情報は図 6-6, 図 6-7 とほぼ同様である。柱状採泥地点の分布は、再現計算による堆積域にほぼ含まれている。

図 6-9 では、東北地方整備局によって被災前後の航空写真が提供されている範囲の地形変化状況を比較した。海岸施設流失部を中心に大規模な浸食が起こり、内陸方向への入り江状の地形が形成されている。図 6-10 に、計算で再現した津波の前後の地形を示した。図 6-9 の写真と比較すると、津波後の実地形に近い状況が計算によって再現されていることが確認できる。海岸施設崩壊部に形成された入り江状の地形は、計算結果は実測と同様の大きさ（幅・奥行）となっている。また、計算結果では、浅海底の浸食により沖方向へ溝状の地形が形成されていることが分かる。

有働ら（2013）によって検討されている領域について再現計算の結果と比較すると、海岸線付近の陸上部における浸食域の分布は、計算の方がやや広がっている（図 6-11）。また、データでは海岸線に隣接する沖側に帯状の浸食域が見られるが、計算では、侵食が生じるのは施設崩壊部に限定され、それ以外の箇所ではわずかな堆積が見られる。有働ら（2013）による推定結果では、水深 5m 付近に帯状の堆積域が認められ、特に堆積厚が大きい部分がスポット状に存在することが示されている。再現結果でも、施設崩壊部より流出した土砂が同様の位置に集中的に堆積している。

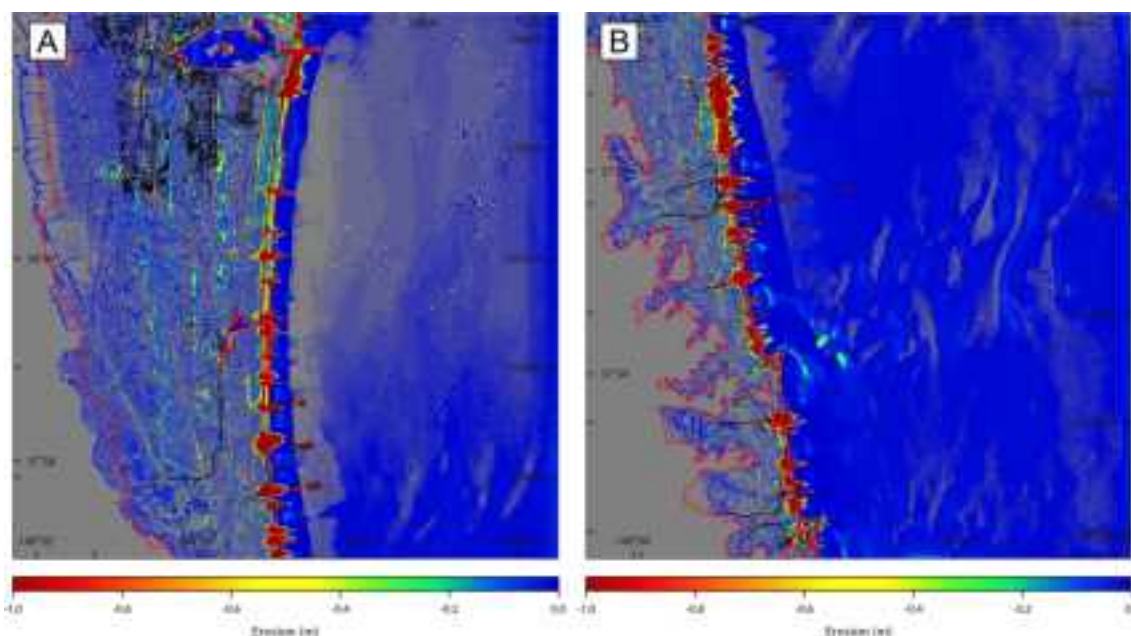


図 6-6：土砂移動計算結果（浸食）。A：北部領域，B：南部領域。赤の実線は実測の浸水域を示す。赤の円は柱状採泥地点を示す。

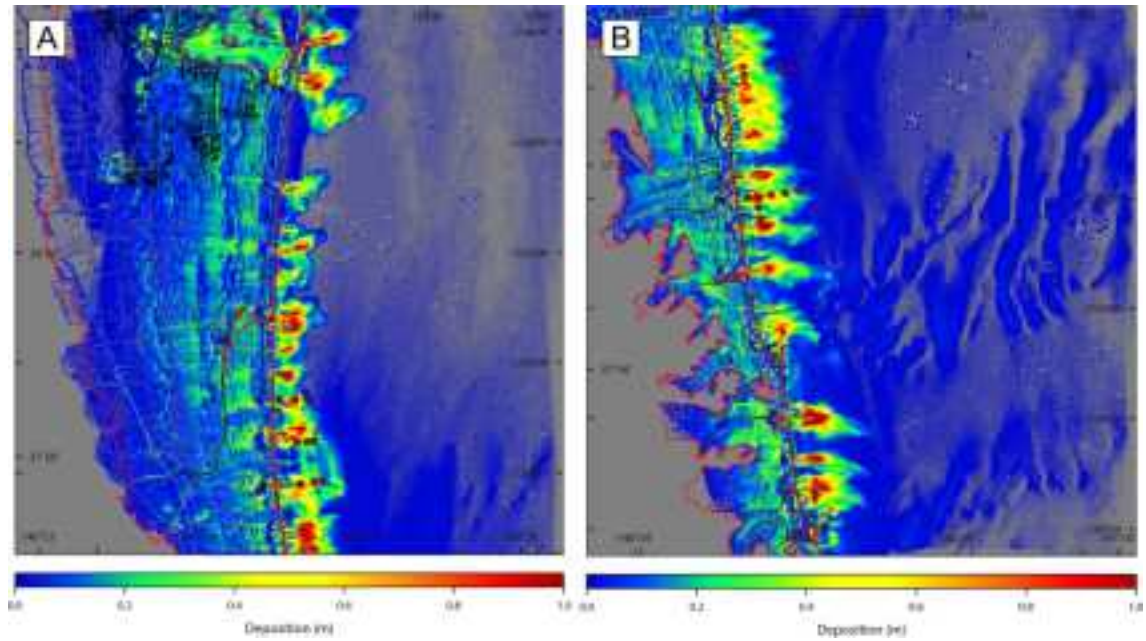


図 6-7：土砂移動計算結果（堆積）. A：北部領域，B：南部領域. 赤の実線は実測の浸水域を示す. 赤の円は柱状採泥地点を示す.

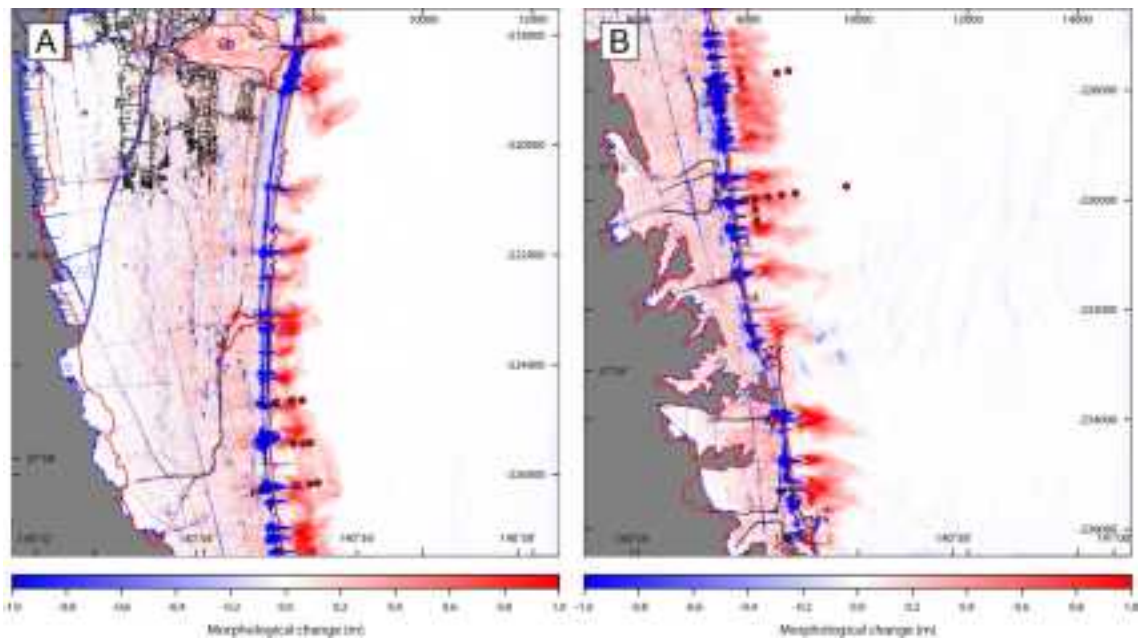


図 6-8：土砂移動計算結果（最終地形変化量）. A：北部領域，B：南部領域. 赤の実線は実測の浸水域を示す. 赤の円は柱状採泥地点を示す.



図 6-9 : 仙台湾南部海岸における津波前後の航空写真. 左 : 被災前 (2010 年 9 月), 右 : 被災後 (2011 年 3 月). 出典 : 東北地方整備局, 仙台湾南部海岸の被災状況.

(www.thr.mlit.go.jp/sendai/kasen_kaigan/fukkou/pdf/sendaiwanhisai.pdf, 2016 年 2 月 23 日閲覧)

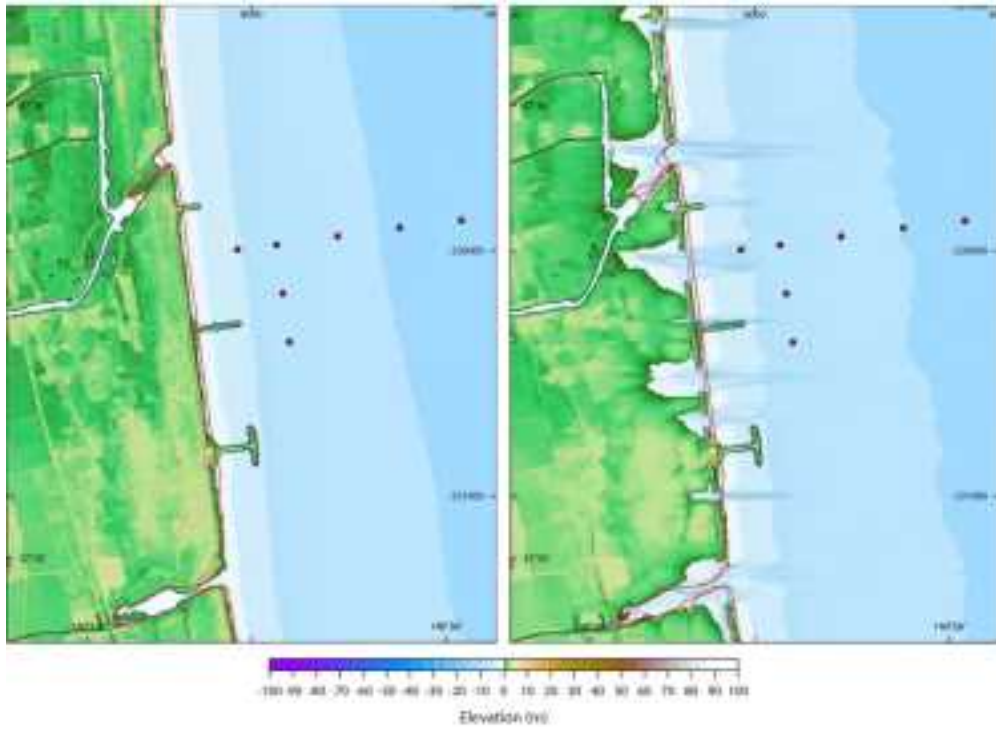


図 6-10：計算で再現した津波前後の海岸地形状況。図 6-7 に示した写真と同じ範囲である。

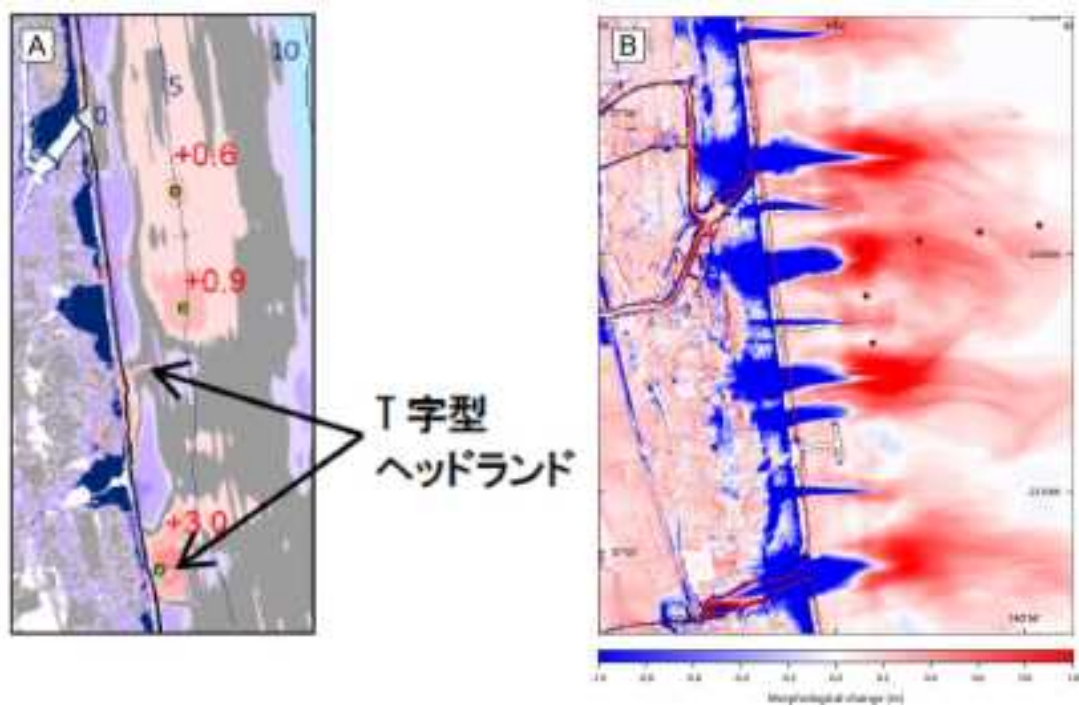


図 6-11：地形変化量に関する、実測と計算の比較。A：有働ら（2013）による推定結果。B：計算結果。

6.4 柱状採泥で検出した津波堆積物の層厚との比較

図 6-12 から図 6-14 では、柱状採泥地点の水深および堆積厚の実測値、計算値を比較している。水深については、実測値は被災後、計算値は被災前のデータ（等深線データより作成）である。図 6-12 および図 6-13 から、計算に用いた海底地形データは、一部を除いて実際の地形をよく近似していることが分かる。多くの地点で、実測の水深データと計算用水深データの差は 2m 以内となっている。堆積厚については、一致の良い地点、一致の悪い地点の両方が生じている。特に、実測では 0m の堆積であったが、計算では 0.1–0.4m 程度の堆積となった地点が複数生じている（図 6-13 右）。

水深に対する堆積厚の分布を用いて比較すると、計算では、水深 4m から 15m にデータが分布し、深さが増す方向への堆積厚の減少傾向が明瞭に認められる（図 6-14 右）。実測では、水深 7m から 15m にデータが分布する（図 6-14 左）。水深 13–15m に堆積厚が例外的に大きい地点が 2 つあるため、水深が増大する方向への堆積厚の減少傾向ははっきりと出ていない。堆積厚の最大値は、実測では水深 8–13m に約 1m の堆積が生じた地点が見られるが、計算では堆積厚 1m に達するのは水深 6m 付近の地点だけである。

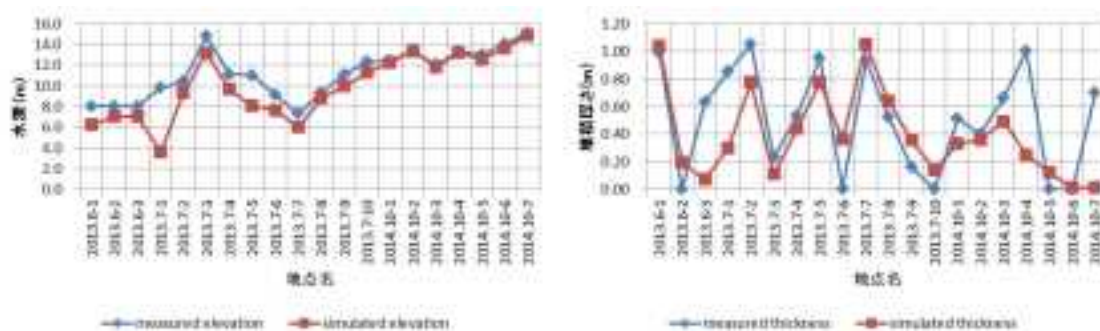


図 6-12：柱状採泥地点における実測値と計算値の比較（その 1）。左：水深，右：堆積厚。

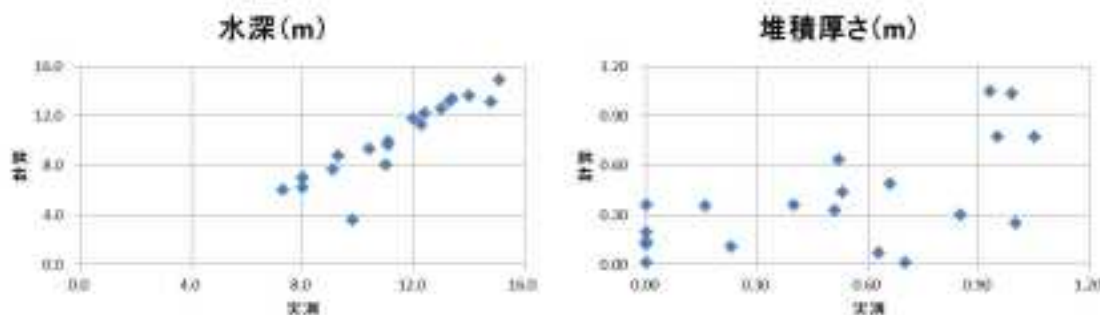


図 6-13：柱状採泥地点における実測値と計算値の比較（その 2）。左：水深，右：堆積厚。

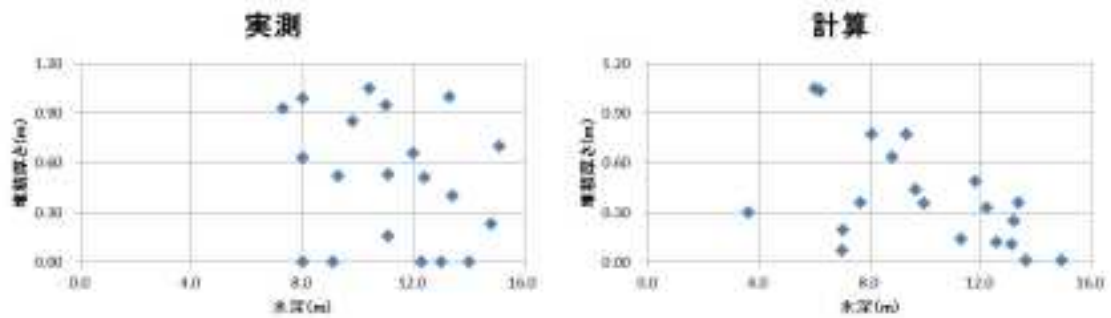


図 6-14：柱状採泥地点における水深と堆積厚の関係。左：実測，右：計算。

6.5 まとめ

本研究では、2011 年東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）の津波による、仙台湾南部海岸での地形変化等の再現を目的に、津波漂砂計算を実施した。計算による津波後の地形は、航空写真等で把握されている現地状況をおおむね再現している。浅海域での堆積域の分布状況も、深浅測量に基づく推定結果（有働ら，2013）と整合的である。柱状採泥との直接比較では、水深に対する堆積域の分布や堆積厚の最大値については再現されているが、実測ではほとんど堆積が認められなかった地点において、計算上は数 0.1m のオーダーの堆積が生じるなど、乖離も認められる。本研究では、土砂移動計算の解析対象を 0.267mm の単一粒径の砂としたが、実際の海浜堆積物（および津波堆積物）は幅広い粒度分布を持っている。特に、柱状採泥の結果からは、津波堆積物には粗粒成分が多いことが判明しており、本計算では、その挙動は正確に再現されていないと考えられる。今後の課題としては、解析対象の粒径に関する高度化のほか、流失した構造物についての解析条件の再検討も必要と考えられる。また、海陸全体にわたる解析結果の再現性を確認するため、陸上で取得されている多数のデータとの比較も実施する必要がある。

参考文献

- Abe, T., Goto, K., Sugawara, D., 2012, Relationship between the maximum extent of tsunami sand and the inundation limit of the 2011 Tohoku-oki tsunami on the Sendai Plain, *Sedimentary Geology* 282, 142-150.
- Aida, I., 1978. Reliability of a tsunami source model derived from fault parameters. *J. Phys. Earth* 26, 57-73.
- Goto, C., Ogawa, Y., Shuto, N., Imamura, F., 1997. IUGG/IOC Time Project, Numerical method of tsunami simulation with the Leap-Frog scheme. *IOC Manuals and Guides*, UNESCO, Paris, 130 p.

- Goto, K., Sugawara, D., Abe, T., Haraguchi, T., Fujino, S., 2012, Liquefaction as an important local source of the 2011 Tohoku-oki tsunami deposits at Sendai Plain, Japan. *Geology* 40, 887-890.
- Goto, K., Hashimoto, K., Sugawara, D., Yanagisawa, H., Abe, T., 2014, Spatial thickness variability of the 2011 Tohoku-oki tsunami deposits along the coastline of Sendai Bay. *Marine Geology*, 358, 38-48.
- 今井健太郎・菅原大助・高橋智幸・岩間俊二・田中仁, 2015, 2011 年東北津波における北上川河口部の大規模洗掘・堆積に関する数値的検討. 土木学会論文集 B2 (海岸工学) 71, I_247-I_252.
- 永澤豪・田中仁, 2012, 津波による大規模地形変化とそれに伴う構造物の被災要因の分析. 土木学会論文集 B2 (海岸工学) 68, I_1361-I_1365.
- Richmond, B., Szczuciński, W., Chagué-Goff, C., Goto, K., Sugawara, D., Witter, R., Tappin, D.R., Jaffe, B., Fujino, S., Nishimura, Y., Goff, J., 2012, Erosion, deposition and landscape change on the Sendai coastal plain, Japan, resulting from the March 11, 2011 Tohoku-oki tsunami, *Sedimentary Geology* 282, 27-39.
- Satake, K., Fujii, Y., Harada, T., Namegaya, Y., 2013. Time and Space Distribution of Coseismic Slip of the 2011 Tohoku Earthquake as Inferred from Tsunami Waveform Data. *Bulletin of the Seismological Society of America* 103 2B, 1473-1492.
- 菅原大助・成瀬元・後藤和久, 2014, 堆積粒子の巻き上げに伴うエネルギー散逸を考慮した津波土砂移動の計算と検証. 日本堆積学会 2014 年山口大会講演要旨, 62-63.
- 高橋智幸・首藤伸夫・今村文彦・浅井大輔, 1999, 掃流砂層・浮遊砂層間の交換砂量を考慮した津波移動床モデルの開発. 海岸工学論文集 46, 606-610.
- 高橋智幸・黒川貴博・藤田将孝・島田広昭, 2011, 津波による土砂移動の粒径依存性に関する水理実験. 土木学会論文集 B2 (海岸工学) 67, 231-235.
- 有働恵子・田中仁・真野明・武田百合子, 2013, 東北地方太平洋沖地震津波による宮城県仙台湾南部海岸の海浜変形特性. 土木学会論文集 B2 (海岸工学) 69, 1391-1395.
- 山下啓・菅原大助・高橋智幸・今村文彦・齋藤友一・今任嘉幸・甲斐恭・上原均・加藤季広・中田一人・坂良太郎・西川朝雄, 岩手県陸前高田市における 2011 年東北地方太平洋沖地震津波による大規模土砂移動の再現計算. 土木学会論文集 B2 (海岸工学) 71, I_499-I_504.

7. 津波堆積物に基づく津波波源推定データベースの有効性に関する数値計算

7.1 はじめに

津波堆積物の情報に基づいて津波波源を推定する手法の開発の一環として、津波堆積物の情報量の多寡による津波波源の推定精度の関連性を明らかにすることを目的とする。背景としては、津波堆積物には、ある年代に発生した津波がそこまで到達したことを示すものではあるものの、津波を引き起こした地震の規模や発生場所の特定に利用しうる直接的な津波水位の情報や到達時間の情報が不足していることがあげられる。そこで、津波による土砂移動量を計算シミュレーションにより求めることにより、堆積物調査地点での土砂堆積量から、地震規模、波源領域の位置等の推定の可能性を検討した。

7.2 津波パラメータスタディ（地震規模、断層位置）

(1) 仮想地形による解析領域の設定

複数の震源-領域間の関係において、評価対象領域への津波の向きの複雑化を避けるため、単純化した仮想地形モデルを以下のとおり設定した。

- ・海溝軸(-5000m)から外洋側（アウターライズ）にむかう地形勾配は一様にし、波源断層設定領域の外側は一定の深さ（-3000m）とする
- ・海溝軸(-5000m)から海岸線への海底地形は一様勾配（1/400）とする
- ・海岸線から内陸に向かう陸域地形は2種類の一様勾配モデル（1/500, 1/1000）とする
- ・土砂移動量を測定する最小格子間隔 10m メッシュの領域は3地域作成、領域間距離を 100km と 200km に設定する

上記要件を設定した地形モデルの概念図を図 7-1 に示す。また、実地形スケールで作成した格子概念図を図 7-2 に示す。最終メッシュサイズ 10m 格子の領域の幅は 10km である。図 7-3 図には、実スケールでの海溝軸に直交する方向の地形勾配の断面図を示す。

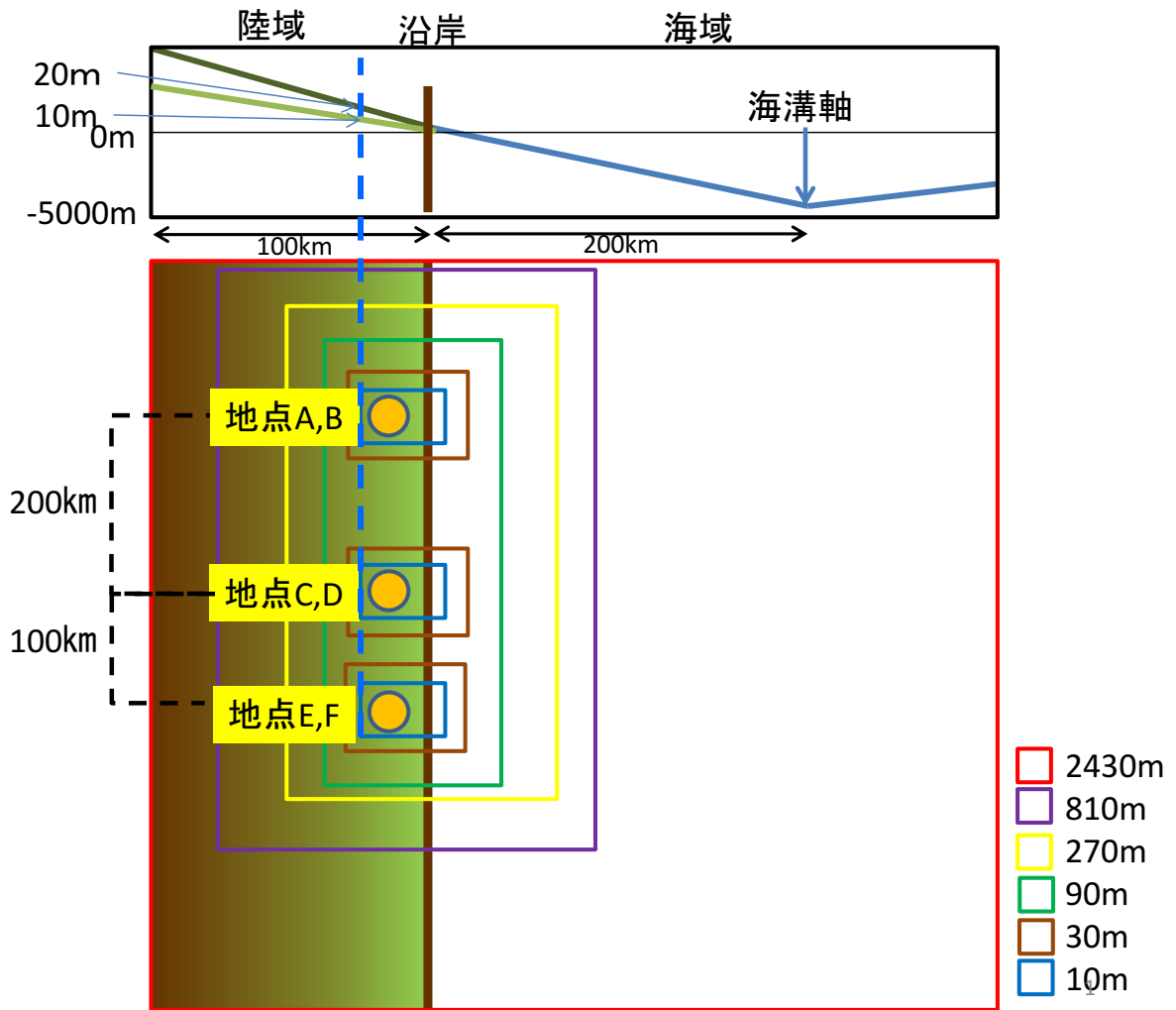


図 7-1 地形モデル概念図

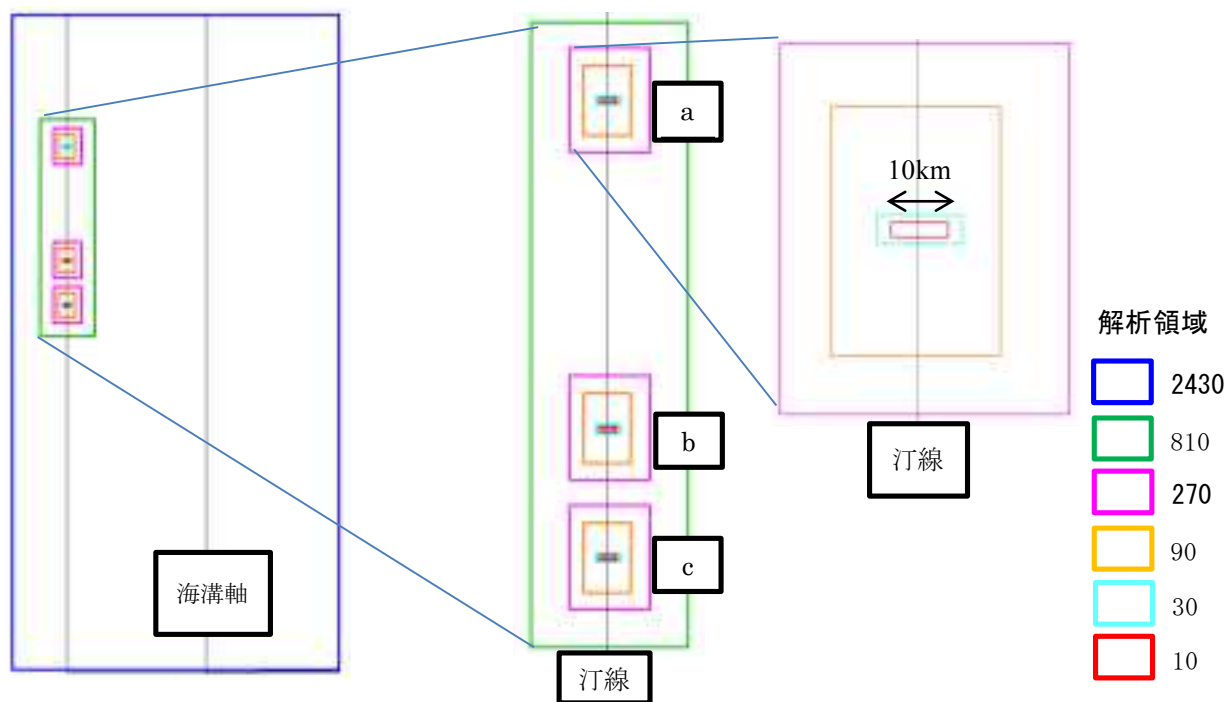


図 7-2 地形モデル格子概念図 (実モデル縮尺)

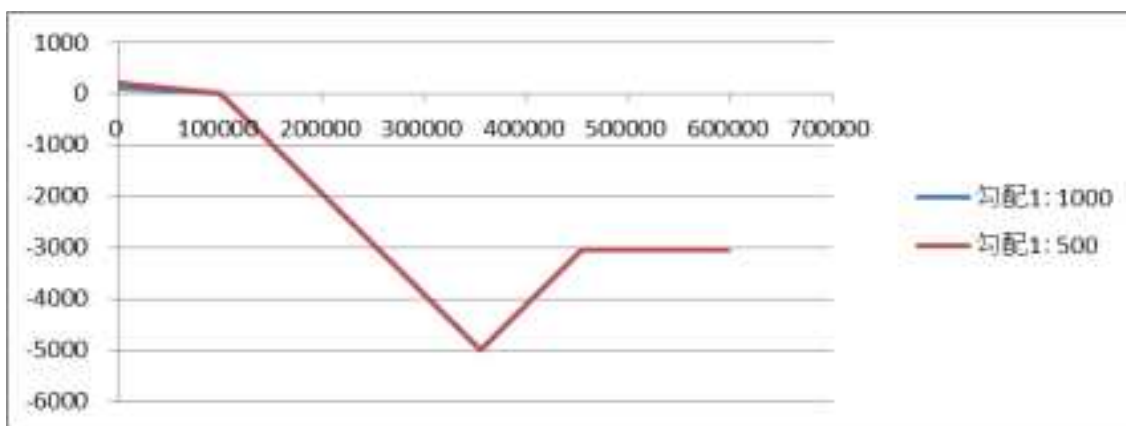


図 7-3 地形モデルの勾配断面図 (横軸：海溝軸に直交する向きの距離:m)

図 7-2, 図 7-3 で設定した地形モデルの格子情報を表 7-1 に示す. 総メッシュ数は 74 万となった. A から F の領域間接続は 1 : 3 の格子間隔で, 格子幅の大きなメッシュからは流量を接続し, 格子幅の小さなメッシュからは水位の情報を受け渡すことによって双方向の接続が可能である.

表 7-1 地形モデルの格子情報

モデル共通(勾配 1 : 1000 勾配 1 : 500)						
Area	領域	X (m)	Y (m)	I	J	メッシュ数
A	2, 430	597, 780	1, 202, 850	246	495	121, 770
B	810	99, 630	398, 520	123	492	60, 516
C	270	51, 030	66, 420	189	246	46, 494
D	90	29, 970	44, 550	333	495	164, 835
E	30	15, 120	5, 130	504	171	86, 184
F	10	10, 080	2, 610	1, 008	261	263, 088
						742, 887

(2) 仮想地震による波源モデルの設定

海溝沿いで発生し, 堆積物を陸上に痕跡として残すような地震の規模と発生箇所はある程度限定される. 本業務では, 日本海溝でこれまで発生した地震津波を参考にして, 以下の 3 つのタイプの波源モデルを設定した.

- ①津波地震型 : 海溝寄りプレート境界面の浅い部分で発生する Mw8 クラスの逆断層タイプ
- ②アウターライズ型 : 海溝軸の外側の沈み込むプレートの内部で発生する Mw8 クラスの正断層タイプ
- ③東北地方太平洋沖型 : 海溝軸沿いで発生する Mw9 クラスの巨大なプレート境界型逆断層タイプ

表 7-2 と表 7-3 からなる仮想の断層パラメータを上述の地形モデルに重ねて配置すると図 7-4 のようになる. 距離による影響を見るため, 同じタイプの地震を南北に配置した. 図 7-5, 図 7-6, 図 7-7 にはそれぞれの断層を入力条件として解析領域内に配置し, 平面に投影したものを示す. 図 7-8 は評価断層と評価領域間の距離をプロットしており, 各 Mw で異なる距離間での影響を見ることができることがわかる.

表 7-2 断層モデル諸元

名称	式	Mw8	Mw9	出典
地震モーメント	$\text{Log}10M_0=1.5 \times M_w+9.1$	1.26×10^{21}	3.98×10^{22}	Kanamori (1977)
面積	$S=1.34 \times 10^{-10} \times M_0^{3/2}$	15,623 km ²	156,233 km ²	Murotani (2013)
長さ・幅	L:W=2:1	L=180, W=90	L=560, W=280	
すべり量 (一様)	$D=1.66 \times 107M^{1/3}$	1.79m	5.67m	Murotani (2013)

表 7-3 断層モデルパラメータ情報

断層名	Mw*1	上端 辺位 置 X (km)	上端辺 位置 Y (km)	断層 の深 さ (km)	走向 (°)	傾斜 角 (°)	すべ り角 (°)	長さ (km)	幅 (km)	すべ り量 (m)
東北太平洋 型	8.9	354.6	1050.2	0	180	20	90	560	280	5.67
	8.9	354.6	642.2	0	180	20	90	560	280	5.67
津波地震型	7.8	354.6	860.2	0	180	20	90	180	60	1.79
	7.8	354.6	452.2	0	180	20	90	180	60	1.79
アウターラ イズ型	7.8	468.1	680.2	0	0	45	270	180	60	1.79
	7.8	468.1	680.2	0	0	45	270	180	60	1.79

¹ Mw は断層の幅,長さをきりよく丸めた数字を使って面積から再計算

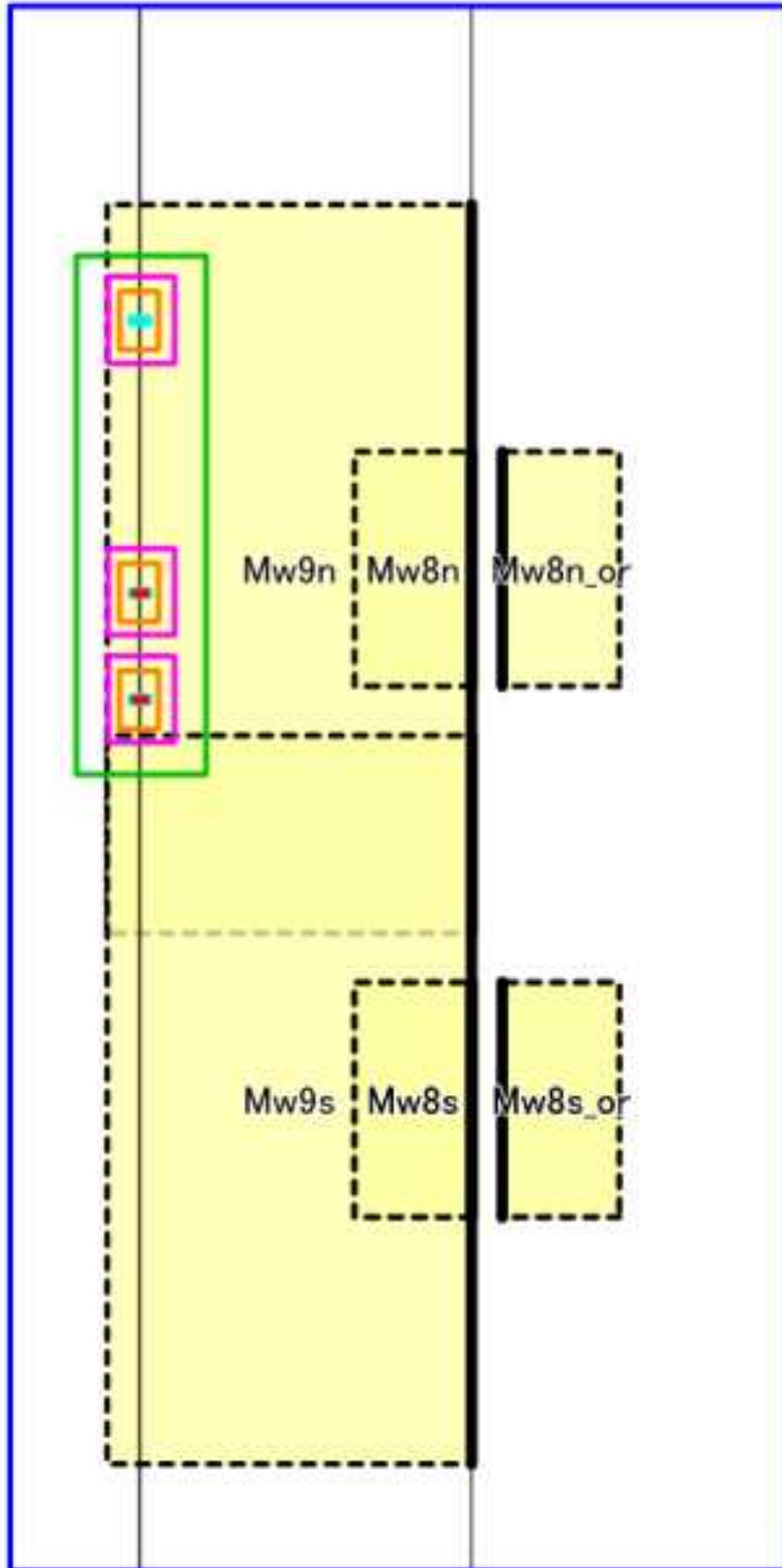


図 7-4 仮想断層モデルの配置(全体)

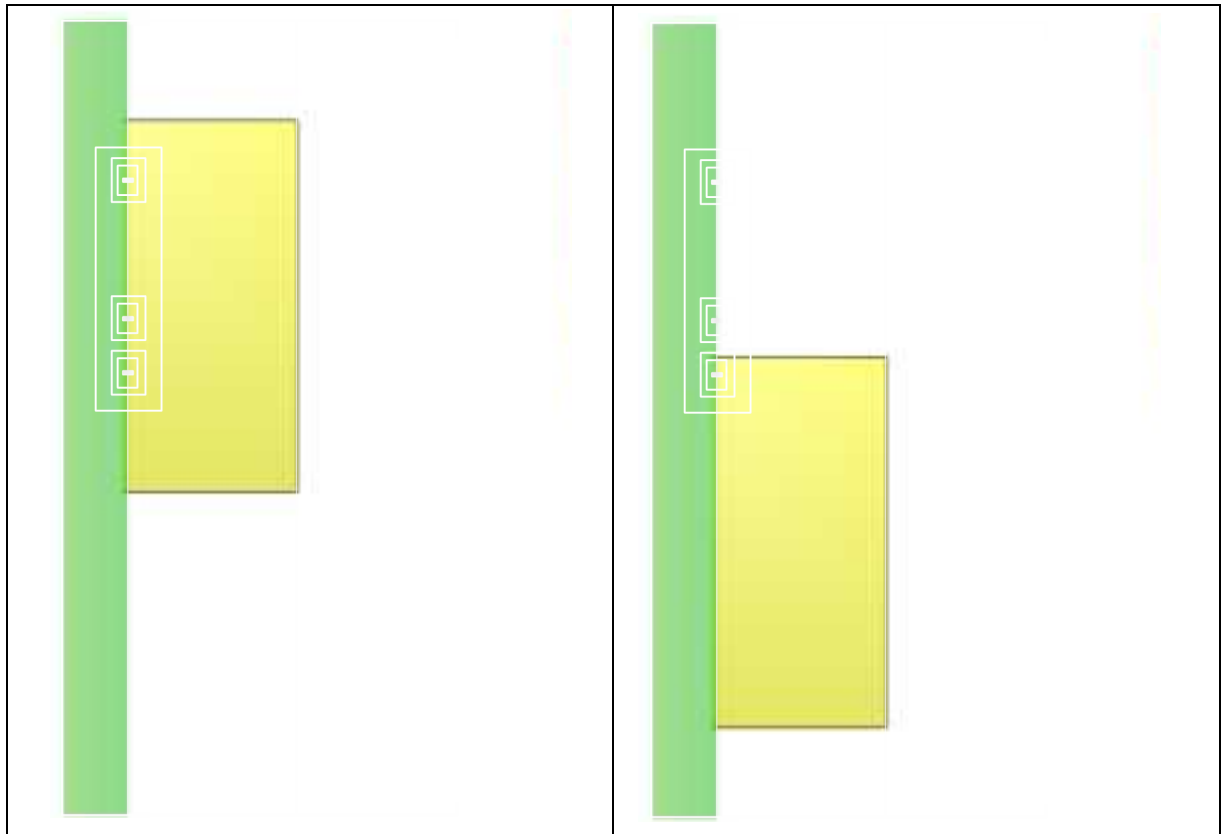


図 7-5 仮想断層モデルの配置 東北太平洋沖型 (Mw9)
(左：北側 右：南側)

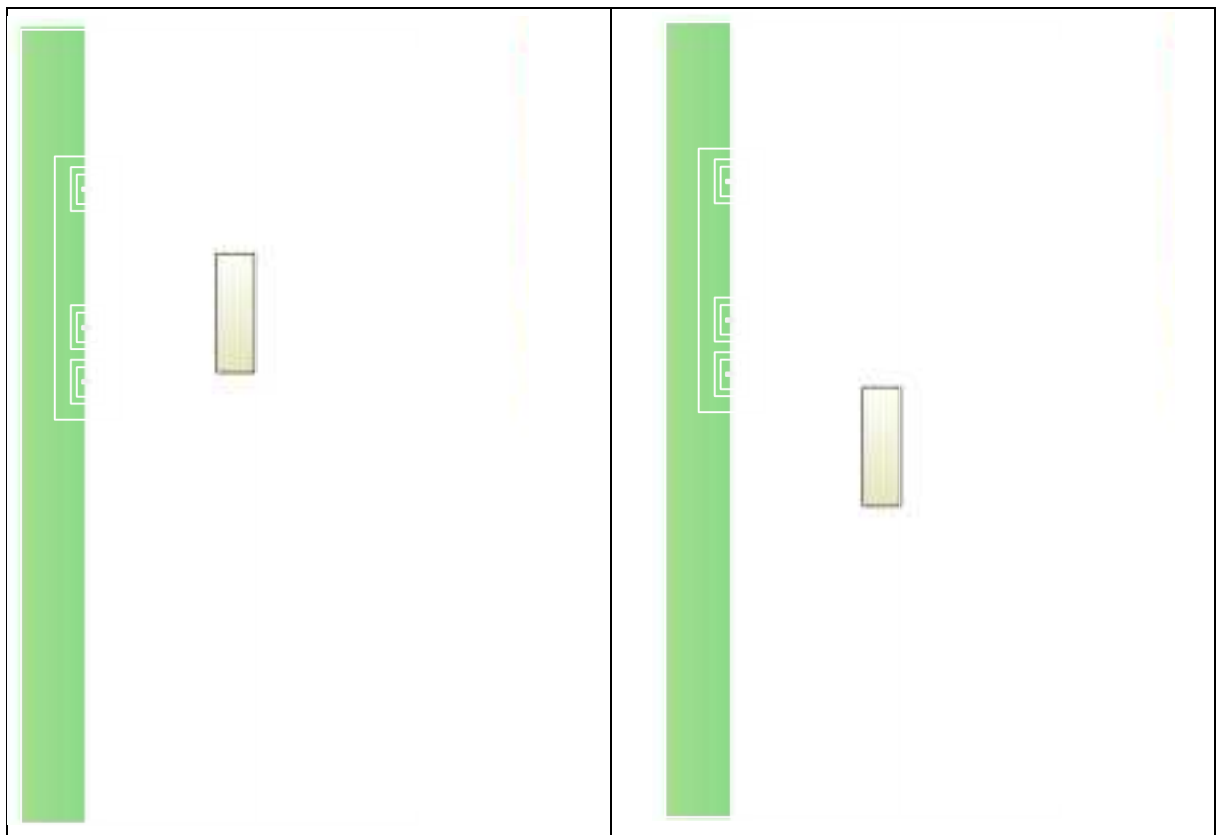


図 7-6 仮想断層モデルの配置 津波地震 (Mw8)
(左：北側 右：南側)

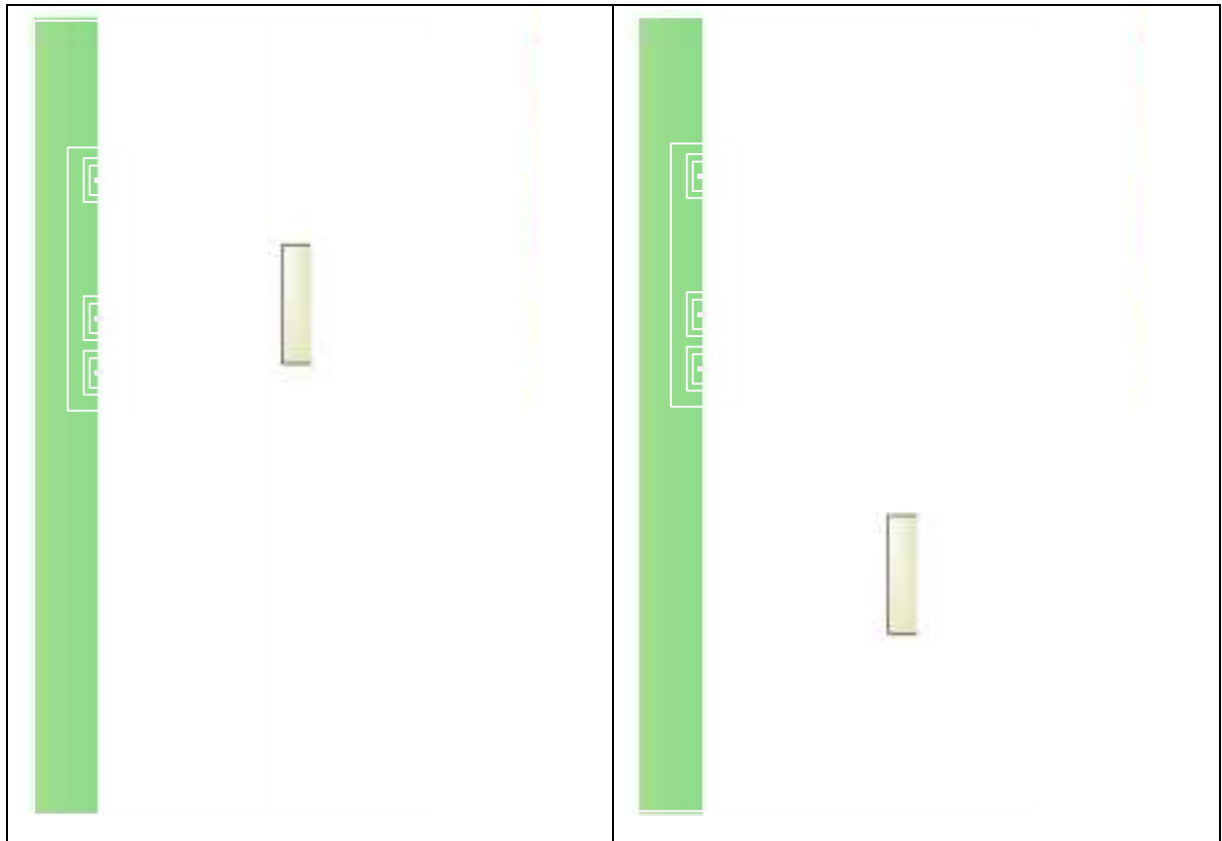


図 7-7 仮想断層モデルの配置 アウターライズ (Mw8)
(左：北側 右：南側)

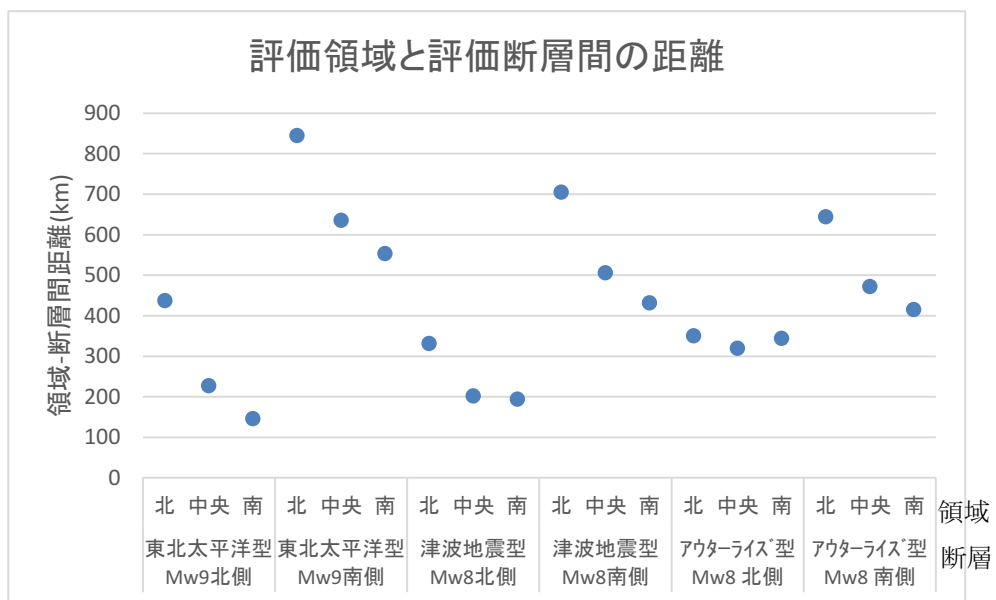


図 7-8 仮想断層モデルと評価領域との距離

(4) 津波解析の実施

土砂移動解析を実施するために、想定した仮想断層モデルから生じる津波による陸域遡上・浸水範囲から抽出を検討した。

①初期条件

表 7-2 の仮想波源断層パラメータから Mansinha and Smylie (1971) に従い計算される海底面の鉛直変動量を、全領域の地形と初期水位の変動として与えた。図 7-9 から図 7-11 には格子間隔 2430m での初期水位変動の分布を示す。

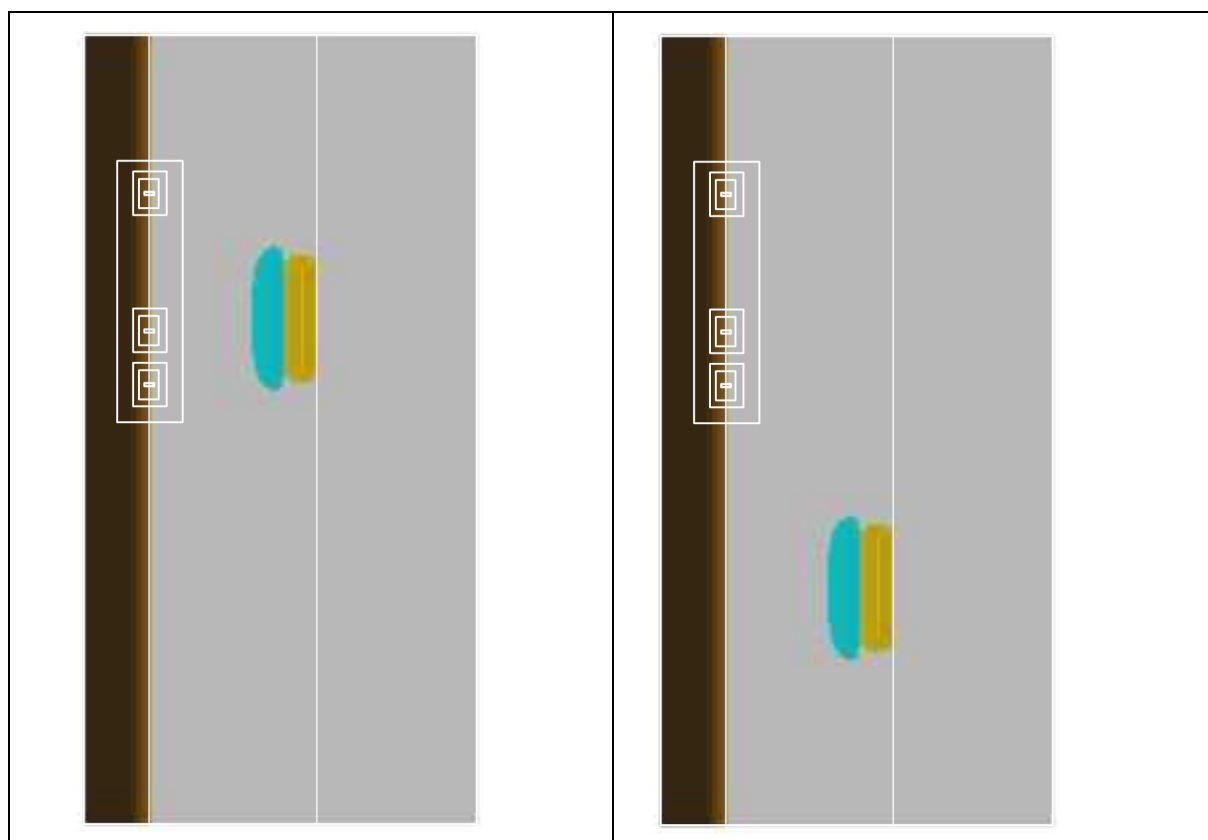


図 7-9 初期水位変動分布図 津波地震
(左：Mw8 北側 右：Mw8 南側)

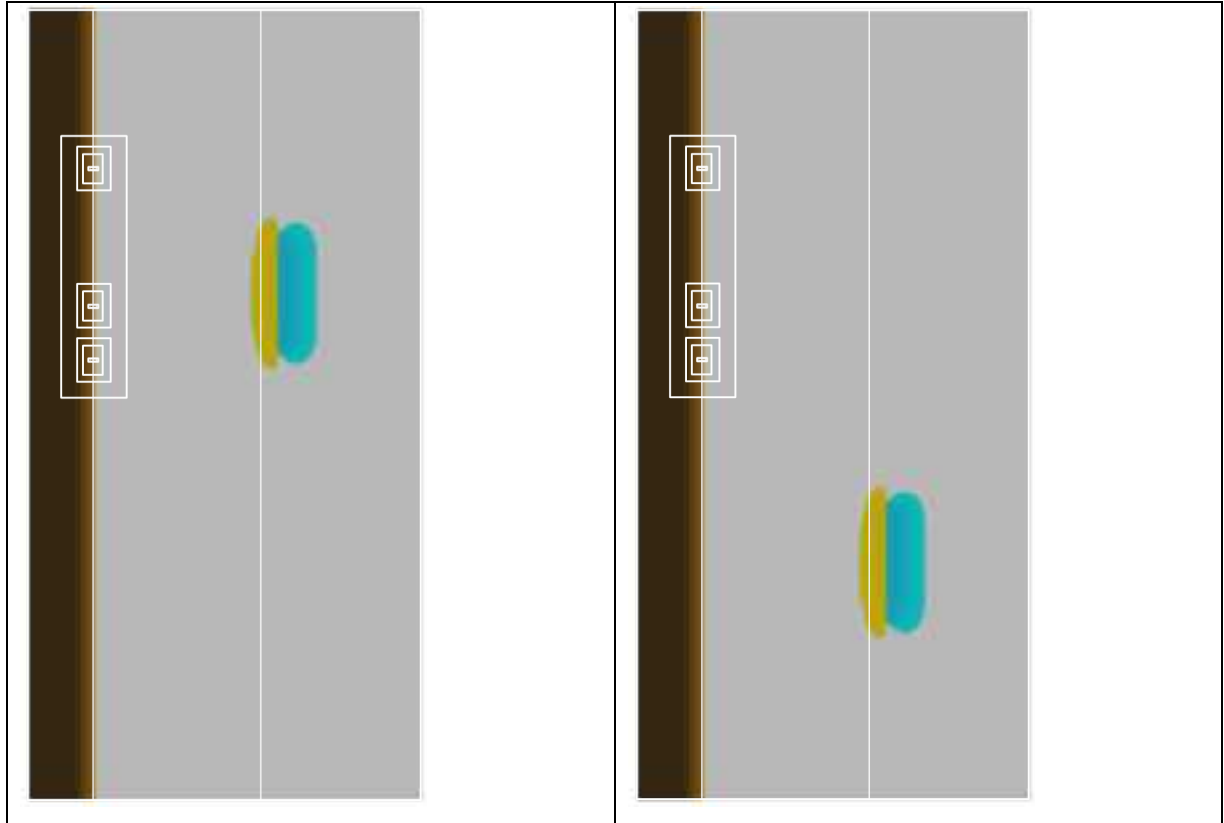


図 7-10 初期水位変動分布図 アウターライズ
 (左 : Mw8 北側 右 : Mw8 南側)

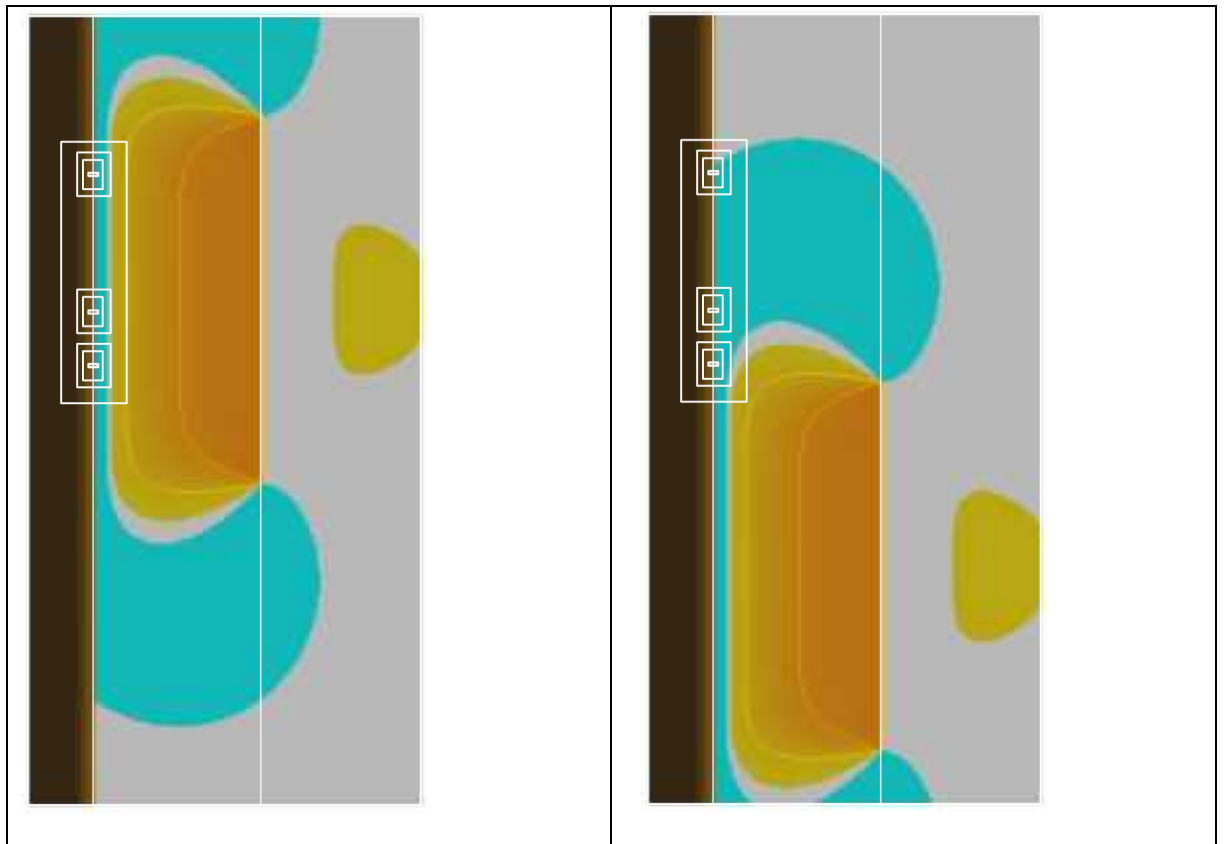


図 7-11 初期水位変動分布図 東北地方太平洋沖型
 (左 : Mw9 北側 右 : Mw9 南側)

②境界条件

沖側の境界条件は、透過条件とする。陸側の境界条件については、日野（1987）の無反射条件とした。

③津波解析結果

図 7-9 から図 7-11 の初期水位から津波伝播解析を実施し、最小 10m メッシュまでの浸水解析を実施して、最大・最小の浸水範囲を確認した。その上で、最大浸水範囲となった Mw9n ケースの浸水範囲を参照して、抽出する点を設定し、海側から順に 340m 間隔とした（図 7-12 参照）。また図 7-13 に示すように、遡上域の狭いモデルに対応するよう、沿岸から 4 メッシュ内陸の位置（沿岸から 40m）にも設定した。

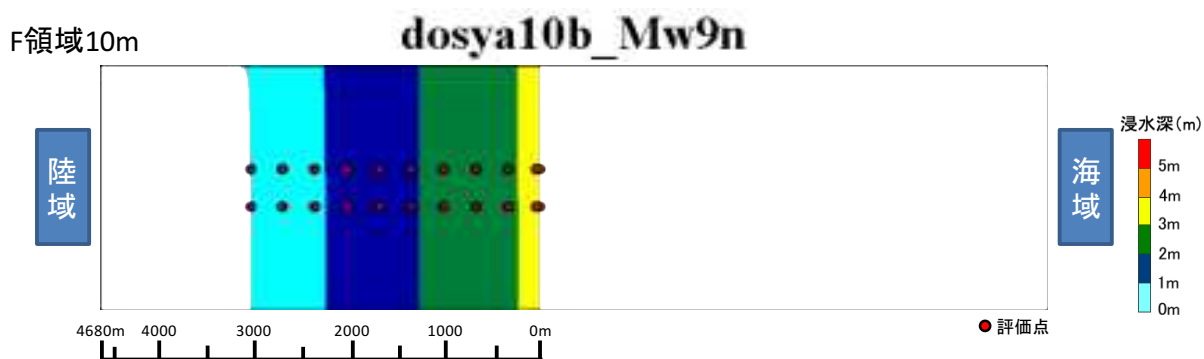


図 7-12 最大浸水深分布
東北地方太平洋沖型北側配置，地形傾斜 1/1000 モデル

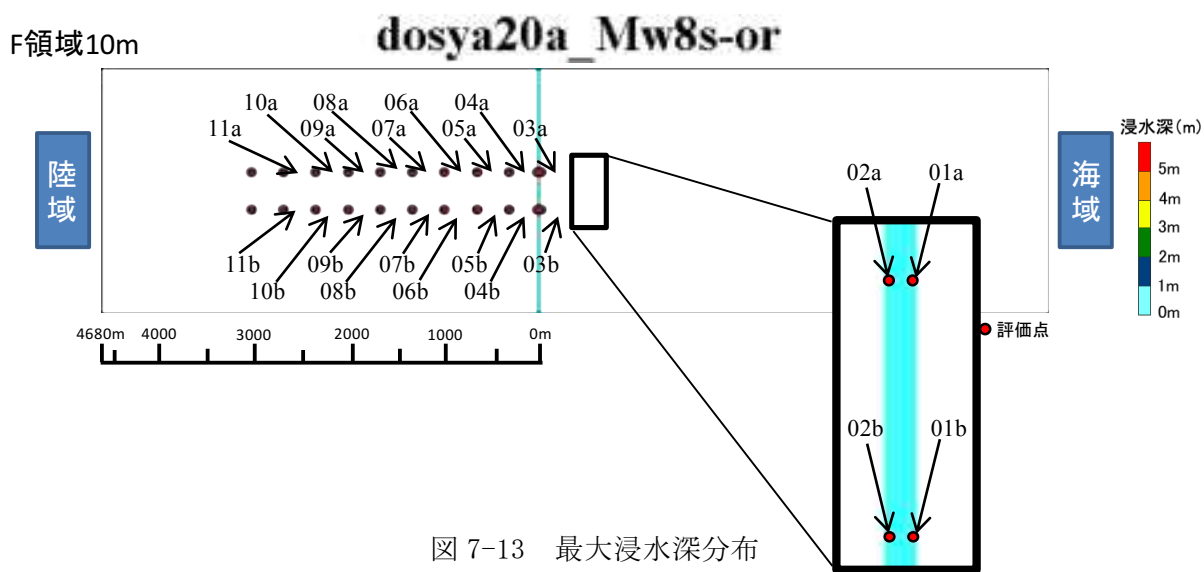


図 7-13 最大浸水深分布
アウターライズ型南側配置，地形傾斜 1/500 モデル

7.3 土砂移動パラメータスタディ（地震規模，断層位置，粒径）

仮想地形での津波遡上解析による浸水範囲（図 7-12，図 7-13）より時系列抽出点を最大の浸水範囲のケースを含めるように設定した。

(1) 土砂移動解析条件

高橋ら(1999)に従い，津波による土砂移動解析条件として以下を設定した。

・初期砂層厚	: 無限大
・最大浮遊砂濃度 (%)	: 5
・摩擦係数 (Manning の粗度係数)	: 0.025
・限界摩擦速度 (m/s)	: 0.01314
・沈降速度 (m/s)	: 0.031
・空隙率	: 0.4
・比重	: 1.65
・粒径 (mm)	: 0.267 と 0.166

波源から外洋にいたるまでの境界条件，初期条件，領域間接続の方法は 7.2 節に従う。最小 10m 格子領域のみ土砂移動解析を実施した。また，現象再現時間は津波の時系列水位変動から 7200 秒（2 時間）を設定した。

(2) 解析結果

土砂移動解析は設定した各評価ポイントにおける土砂移動解析の出力変数の感度を測定することを目的として，波源規模・波源－領域間距離・断層タイプに分けて一覧表にて整理した。

①最大土砂堆積量 (mm)

表 7-4 と表 7-5 は粒径 0.267mm，表 7-6 と表 7-7 は粒径 0.166mm の土砂移動解析により出力された最大土砂堆積量の一覧表である。粒径が 0.267mm，アウターライズ型の北側に配置したケースの領域中央（断層領域間距離 344km），地形傾斜 1/500 のケースで沿岸より 4 メッシュ内側の 02a のポイントが全ケース，全ポイントで最大の値となり最大堆積量としては 166mm となった。

図 7-14 と図 7-15 には，地震タイプごとに，領域間距離と最大土砂堆積量の関係を表示した。プロットの凡例は評価地点ごとに変えている。東北地方太平洋沖型は Mw8 のほかの地震と比べると，最大堆積量の出ている地点が内陸にあり広く堆積していることがわかる。またどちらかというとも波源との距離の近いものより遠い領域に大きな堆積が生じている。全体的な特徴を以下にまとめる。

- ・ Mw 8 クラス地震では，断層間距離の近いものが堆積量も多い
- ・ Mw 9 では断層間距離の遠いものほど堆積量が多い
- ・ Mw 9 は堆積範囲が広く地点ごとの堆積量は少ない

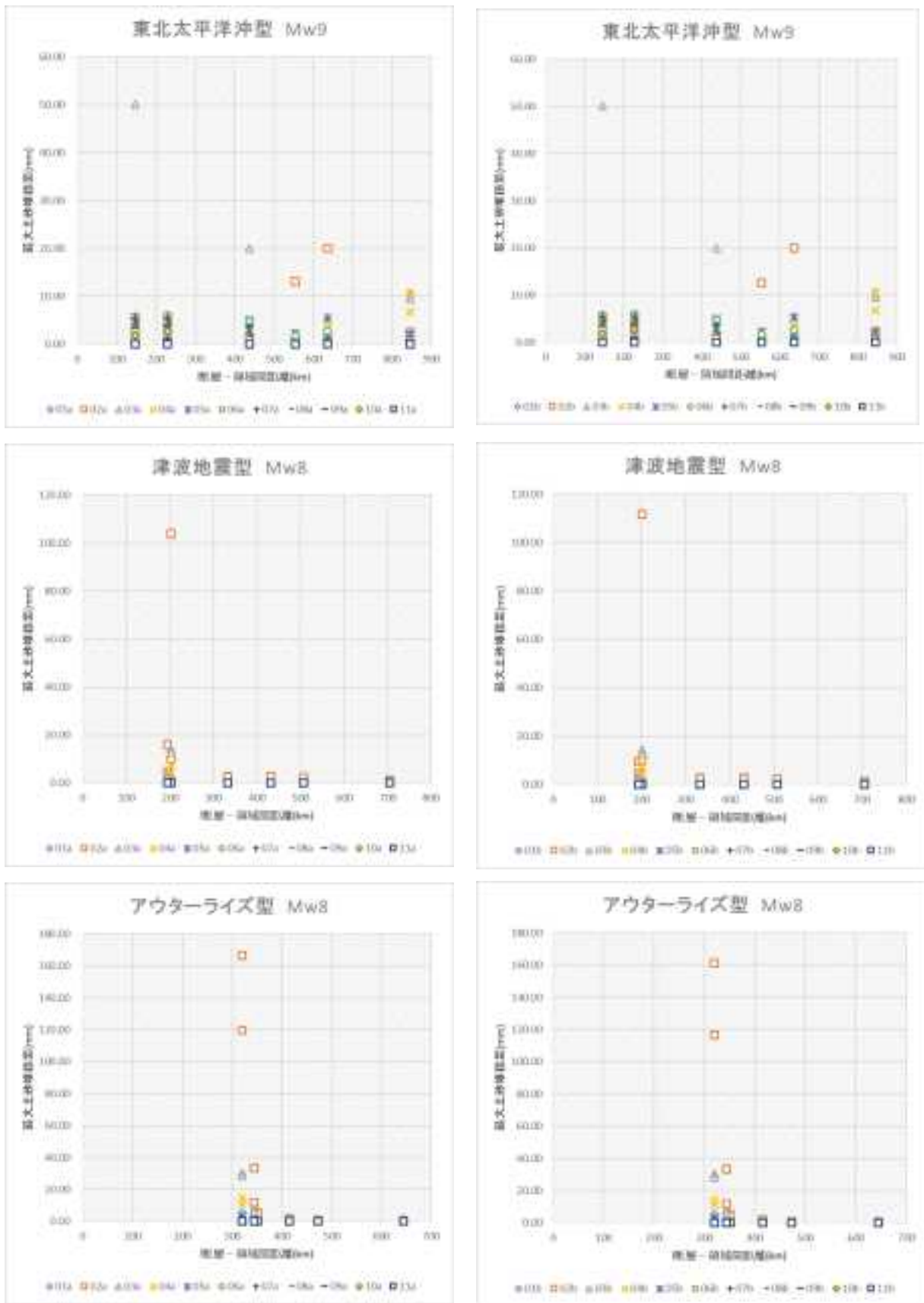


図 7-14 最大土砂堆積量の断層との距離による違い (粒径 0.267mm の場合)

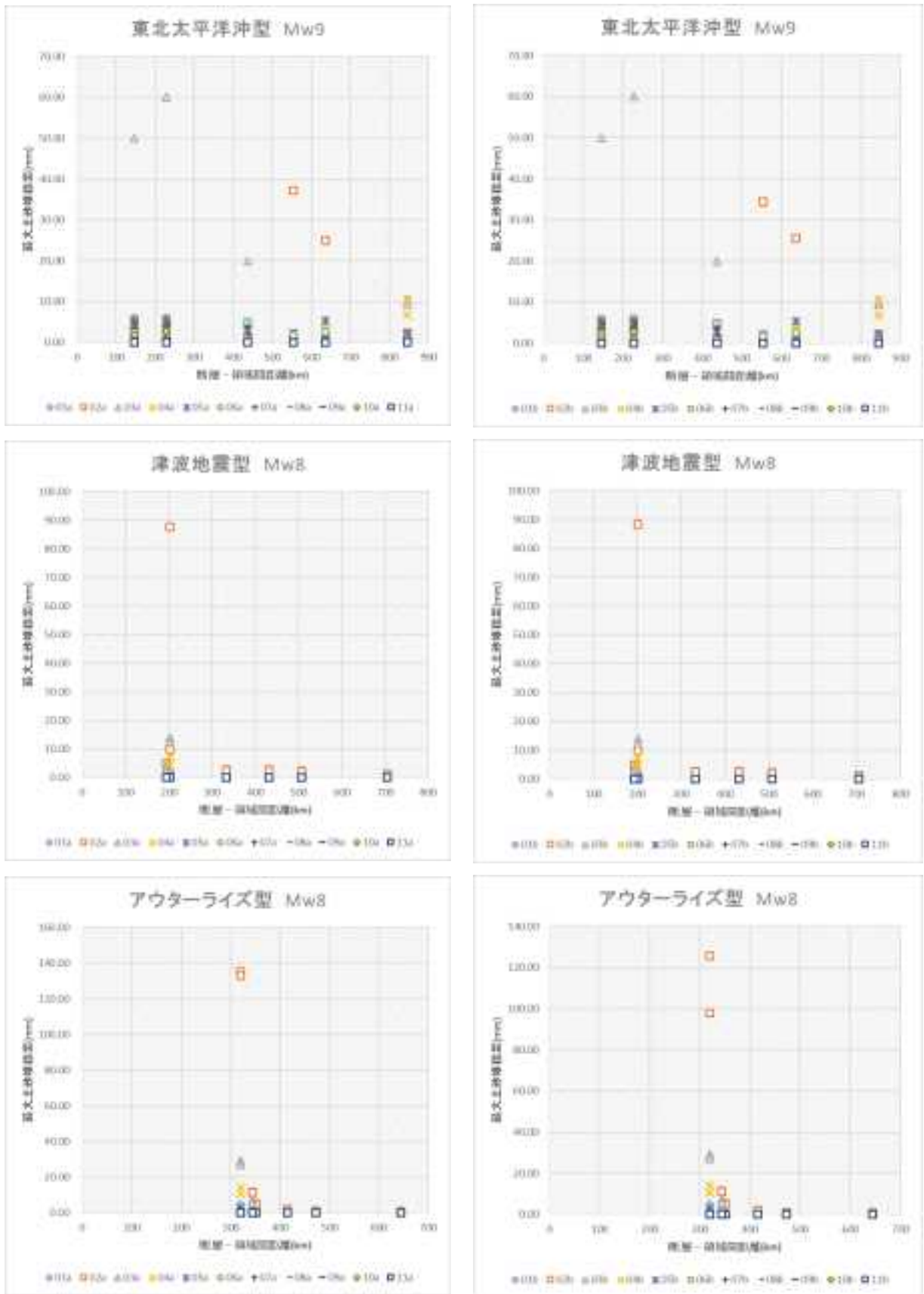


図 7-15 最大土砂堆積量の断層との距離による違い (粒径 0.166mm の場合)

表 7-4 最大土砂堆積量の一覧（評価地点 a ライン，粒径 0.267mm の場合）

陸域地形条件		断層モデル		評価地点											
傾斜	位置	Mw型	位置距離(km)	01a	02a	03a	04a	05a	06a	07a	08a	09a	10a	11a	
1/1000	北	東北太平洋型 Mw9	北	438	0.18	1.45	20.02	4.48	5.06	4.78	3.77	1.81	0.00	0.00	0.00
			南	845	0.11	2.50	9.54	10.61	2.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	228	0.14	1.42	2.95	4.79	5.70	6.00	5.66	4.87	3.92	2.73	0.44
			南	636	0.09	0.86	2.61	4.63	5.48	2.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	146	0.14	1.41	50.02	4.76	5.66	5.81	5.54	4.65	3.50	1.94	0.00
			南	554	0.32	1.01	1.75	2.33	2.26	1.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/500	北		北	438	0.23	1.26	2.38	3.31	2.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	845	0.55	1.80	10.60	6.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	228	0.17	1.23	2.46	3.70	3.80	2.92	0.88	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	636	0.25	20.00	2.36	3.41	1.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	146	0.18	1.22	2.45	3.65	3.79	2.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	554	0.42	13.07	1.29	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/1000	北	津波地震型 Mw8	北	332	0.29	2.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	705	0.18	1.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	202	1.66	104.02	14.36	7.33	0.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	507	0.19	2.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	194	0.63	16.01	3.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	432	0.18	2.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/500	北		北	332	0.37	2.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	705	0.21	1.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	202	2.03	10.01	12.70	4.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	507	0.22	2.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	194	0.78	4.89	2.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	432	0.22	2.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/1000	北	アウターライズ型 Mw8	北	351	1.47	5.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	644	1.06	0.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	320	5.46	119.48	30.53	14.79	3.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	473	0.66	0.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	344	2.28	33.40	7.89	0.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	415	1.12	2.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/500	北		北	351	1.36	4.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	644	1.30	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	320	2.76	166.53	28.40	11.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	473	0.80	0.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	344	4.11	11.62	6.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	415	1.18	1.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

表 7-5 最大土砂堆積量の一覧（評価地点 b ライン，粒径 0.267mm の場合）

陸域地形条件		断層モデル		評価地点											
傾斜	位置	Mw 型	位置	距離	01b	02b	03b	04b	05b	06b	07b	08b	09b	10b	11b
1/1000	北	東北太平洋型 Mw9	北	438	0.19	1.44	20.02	4.48	5.05	4.77	3.77	1.80	0.00	0.00	0.00
			南	845	0.21	2.41	9.50	10.66	2.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	228	0.14	1.42	3.13	4.79	5.69	5.99	5.65	4.86	3.92	2.71	0.27
			南	636	0.10	0.96	2.59	4.62	5.42	2.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	146	0.14	1.40	50.02	4.76	5.65	5.80	5.53	4.64	3.49	1.91	0.00
			南	554	0.36	1.00	1.79	2.33	2.23	1.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/500	北		北	438	0.23	1.23	2.39	3.31	2.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	845	0.99	1.72	10.52	6.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	228	0.17	1.22	2.46	3.70	3.79	2.91	0.87	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	636	0.39	20.00	2.37	3.39	1.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	146	0.18	1.25	2.45	3.65	3.79	2.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	554	0.47	12.63	1.30	1.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/1000	北	津波地震型 Mw8	北	332	0.29	2.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	705	0.18	1.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	202	1.67	111.69	14.31	7.25	0.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	507	0.18	2.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	194	0.63	9.57	3.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	432	0.18	2.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/500	北		北	332	0.37	2.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	705	0.21	1.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	202	2.04	9.99	12.65	4.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	507	0.22	2.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	194	0.77	4.87	2.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	432	0.21	2.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/1000	北	アウターライズ型 Mw8	北	351	1.47	5.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	644	1.18	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	中央		北	320	5.49	116.56	30.47	14.67	3.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	473	0.67	0.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	南		北	344	2.28	33.50	7.81	0.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	415	1.04	2.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1/500	北		北	351	1.38	4.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	644	1.41	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	中央		北	320	2.64	161.22	28.32	11.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	473	0.80	0.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	南		北	344	3.27	11.58	6.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	415	1.27	1.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

表 7-6 最大土砂堆積量の一覧（評価地点 a ライン，粒径 0.166mm の場合）

陸域地形条件		断層モデル		評価地点											
傾斜	位置	Mw型	位置距離(km)	01a	02a	03a	04a	05a	06a	07a	08a	09a	10a	11a	
1/1000	北	東北太平洋型 Mw9	北	438	0.18	1.64	20.02	4.41	5.03	4.75	3.73	1.81	0.00	0.00	0.00
			南	845	0.17	2.32	9.31	10.58	2.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	228	0.14	1.59	60.01	4.72	5.65	5.97	5.63	4.84	3.90	2.73	0.18
			南	636	0.21	1.04	2.65	4.58	5.43	2.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	146	0.14	1.57	50.02	4.69	5.62	5.78	5.52	4.62	3.45	1.92	0.00
			南	554	0.32	1.22	1.77	2.35	2.28	1.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/500	北		北	438	0.21	1.46	2.42	3.27	2.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	845	0.41	1.81	10.47	6.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	228	0.15	1.44	2.50	3.64	3.77	2.91	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	636	0.41	24.94	2.38	3.42	1.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	146	0.16	1.41	2.49	3.59	3.77	2.86	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	554	0.47	37.09	1.29	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/1000	北	津波地震型 Mw8	北	332	0.29	2.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	705	0.18	1.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	202	1.63	87.68	14.07	7.56	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	507	0.18	2.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	194	0.64	5.08	3.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	432	0.18	2.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/500	北		北	332	0.36	2.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	705	0.20	1.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	202	2.00	9.81	12.44	4.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	507	0.22	2.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	194	0.78	4.84	2.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	432	0.22	2.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/1000	北	アウターライズ型 Mw8	北	351	1.45	5.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	644	1.04	0.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	320	4.72	135.23	29.25	14.39	2.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	473	0.65	0.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	344	2.21	11.64	7.51	1.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	415	1.13	2.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/500	北		北	351	1.35	4.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	644	1.30	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	320	2.38	132.79	27.13	10.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	473	0.79	0.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	344	4.03	11.30	5.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	415	1.18	1.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

表 7-7 最大土砂堆積量の一覧（評価地点 b ライン，粒径 0.166mm の場合）

陸域地形条件		断層モデル		評価地点											
傾斜	位置	Mw 型	位置	距離	01b	02b	03b	04b	05b	06b	07b	08b	09b	10b	11b
1/1000	北	東北太平洋型 Mw9	北	438	0.19	1.61	20.02	4.41	5.02	4.75	3.73	1.80	0.00	0.00	0.00
			南	845	0.35	2.22	9.28	10.62	2.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	228	0.14	1.59	60.01	4.71	5.65	5.96	5.62	4.83	3.90	2.72	0.00
			南	636	0.23	1.18	2.64	4.56	5.38	2.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	146	0.14	1.56	50.02	4.69	5.62	5.77	5.51	4.61	3.44	1.90	0.00
			南	554	0.36	1.19	1.80	2.35	2.25	1.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/500	北		北	438	0.21	1.43	2.42	3.27	2.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	845	1.03	1.74	10.42	6.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	228	0.15	1.42	2.50	3.64	3.77	2.91	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	636	0.73	25.49	2.38	3.41	1.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	146	0.16	1.44	2.48	3.59	3.77	2.85	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	554	0.53	34.38	1.30	1.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/1000	北	津波地震型 Mw8	北	332	0.29	2.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	705	0.18	1.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	202	1.64	88.36	14.02	7.51	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	507	0.18	2.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	194	0.63	5.07	3.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	432	0.18	2.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/500	北		北	332	0.36	2.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	705	0.21	1.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	202	2.00	9.79	12.40	4.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	507	0.22	2.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	194	0.77	4.83	2.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	432	0.21	2.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/1000	北	アウターライズ型 Mw8	北	351	1.46	5.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	644	1.23	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	中央		北	320	4.71	98.03	29.19	14.21	2.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	473	0.66	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	南		北	344	2.20	11.58	7.42	1.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	415	1.04	2.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1/500	北		北	351	1.35	4.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	644	1.37	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	中央		北	320	2.31	125.79	27.05	10.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	473	0.80	0.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	南		北	344	3.19	11.27	5.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	415	1.27	1.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

②最大浸水深(m)

表 7-8 と表 7-9 は粒径 0.267mm, 表 7-10 と表 7-11 は粒径 0.166mm の土砂移動解析により出力された最大浸水深の一覧表である. 粒径が 0.166mm, 東北太平洋型の北側に配置したケースの領域中央(断層領域間距離 146km), 地形傾斜 1/1000 のケースで沿岸(01a, 01b)のポイントが全ケース, 全ポイントで最大の値となり最大浸水深としては 4.91m となった. 図 7-16 と図 7-17 には, 地震タイプごとに, 領域間距離と最大浸水深の関係を表示した. プロットの凡例は評価地点ごとに変えている.

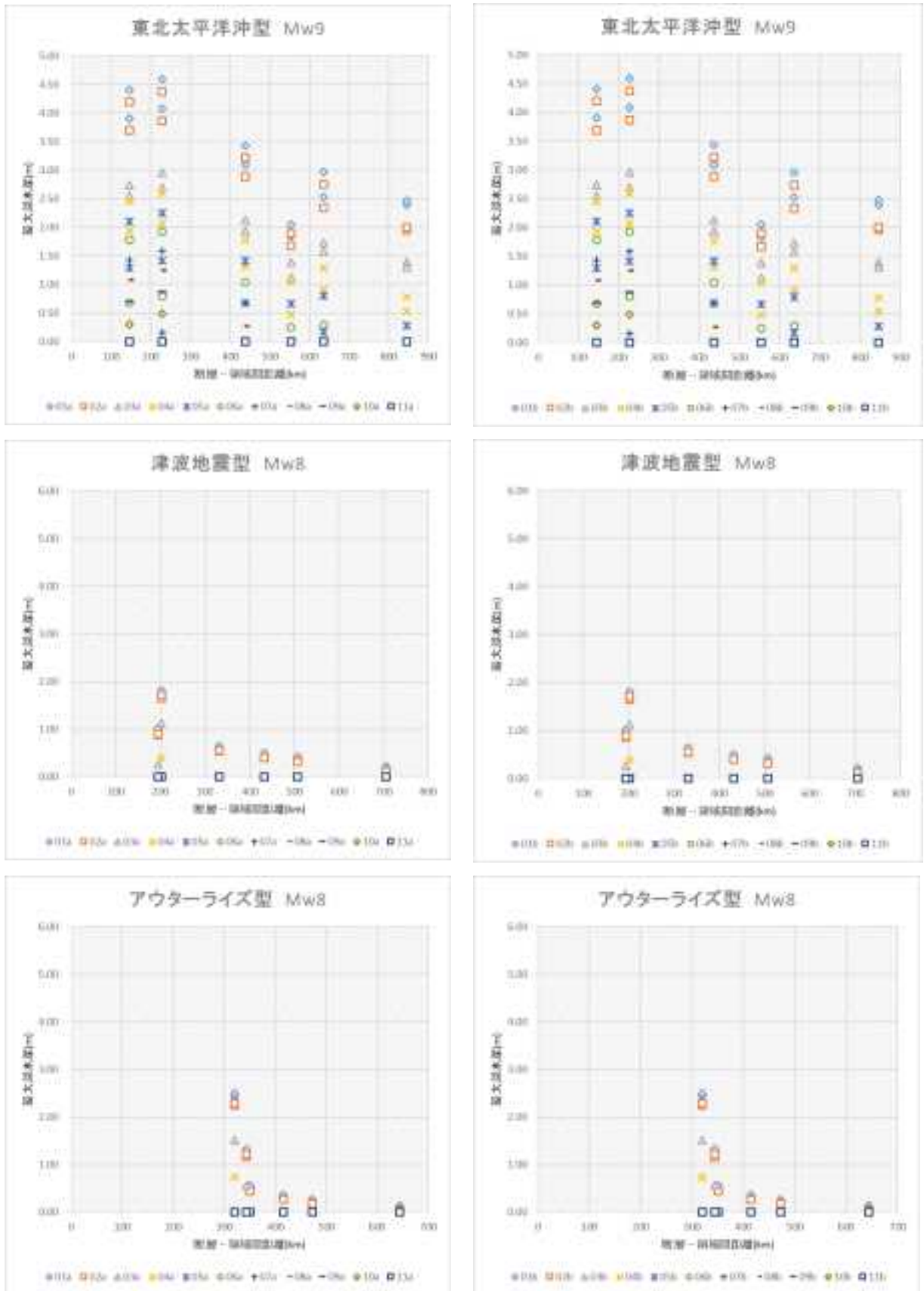


図 7-16 最大浸水深の断層との距離による違い (粒径 0.267mm の場合)

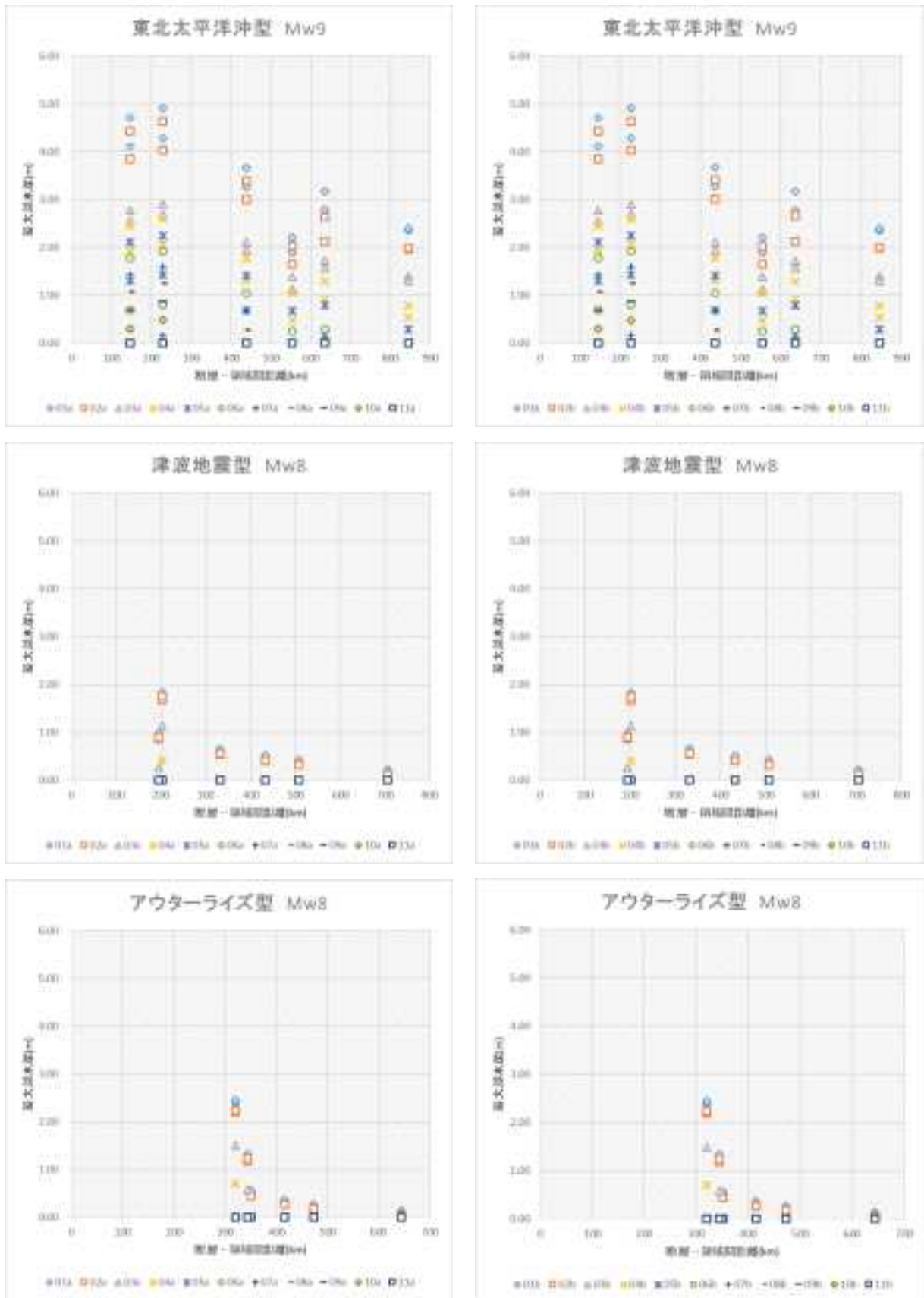


図 7-17 最大浸水深の断層との距離による違い（粒径 0.166mm の場合）

表 7-8 最大浸水深の一覧 (評価地点 a ライン, 粒径 0.267mm の場合)

陸域地形条件		断層モデル		評価地点											
傾斜	位置	Mw型	位置距離(km)	01a	02a	03a	04a	05a	06a	07a	08a	09a	10a	11a	
1/1000	北	東北太平洋型 Mw9	北	438	3.42	3.21	2.12	1.77	1.42	1.04	0.68	0.28	0.00	0.00	0.00
			南	845	2.40	1.95	1.39	0.78	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	228	4.59	4.37	2.96	2.59	2.25	1.93	1.59	1.25	0.87	0.49	0.00
			南	636	2.96	2.75	1.73	1.30	0.80	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	146	4.40	4.19	2.74	2.45	2.11	1.78	1.43	1.08	0.69	0.30	0.00
			南	554	2.05	1.89	1.38	1.05	0.67	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/500	北		北	438	3.09	2.88	1.94	1.31	0.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	845	2.47	2.00	1.31	0.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	228	4.08	3.86	2.70	2.07	1.42	0.80	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	636	2.53	2.34	1.57	0.91	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	146	3.91	3.69	2.55	1.93	1.29	0.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	554	1.84	1.67	1.12	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/1000	北	津波地震型 Mw8	北	332	0.63	0.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	705	0.21	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	202	1.75	1.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	507	0.42	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	194	1.00	0.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	432	0.49	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/500	北		北	332	0.65	0.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	705	0.22	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	202	1.82	1.72	1.12	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	507	0.43	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	194	1.02	0.90	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	432	0.51	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/1000	北	アウターライズ型 Mw8	北	351	0.55	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	644	0.13	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	320	2.46	2.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	473	0.26	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	344	1.30	1.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	415	0.36	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/500	北		北	351	0.57	0.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	644	0.14	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	320	2.50	2.29	1.52	0.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	473	0.27	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	344	1.33	1.21	0.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	415	0.37	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

表 7-9 最大浸水深の一覧 (評価地点 b ライン, 粒径 0.267mm の場合)

陸域地形条件		断層モデル			評価地点											
傾斜	位置	Mw型	位置	距離	01b	02b	03b	04b	05b	06b	07b	08b	09b	10b	11b	
1/1000	北	東北太平洋型 Mw9	北	438	3.43	3.22	2.12	1.77	1.42	1.04	0.68	0.27	0.00	0.00	0.00	
			南	845	2.40	1.96	1.40	0.78	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	中央		北	228	4.59	4.37	2.95	2.59	2.25	1.92	1.59	1.25	0.87	0.49	0.00	
			南	636	2.96	2.74	1.72	1.29	0.79	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	南		北	146	4.40	4.19	2.74	2.45	2.10	1.78	1.43	1.08	0.69	0.30	0.00	
			南	554	2.05	1.89	1.38	1.04	0.67	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1/500	北		北	438	3.10	2.89	1.94	1.31	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	845	2.47	2.00	1.31	0.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	中央		北	228	4.08	3.86	2.70	2.07	1.42	0.80	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	636	2.52	2.33	1.57	0.91	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	南		北	146	3.90	3.69	2.55	1.93	1.29	0.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	554	1.84	1.67	1.13	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/1000	北	津波地震型 Mw8	北	332	0.63	0.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	705	0.21	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	中央		北	202	1.74	1.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	507	0.42	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	南		北	194	1.00	0.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	432	0.49	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/500	北		北	332	0.65	0.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	705	0.22	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	202	1.81	1.71	1.12	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	507	0.43	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	194	1.01	0.89	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	432	0.51	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/1000	北	アウターライズ型 Mw8	北	351	0.56	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	644	0.13	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	中央		北	320	2.45	2.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	473	0.26	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	南		北	344	1.29	1.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	415	0.36	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1/500	北		北	351	0.57	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	644	0.14	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	中央		北	320	2.50	2.29	1.52	0.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	473	0.27	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	南		北	344	1.32	1.21	0.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	415	0.36	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

表 7-10 最大浸水深の一覧（評価地点 a ライン，粒径 0.166mm の場合）

陸域地形条件		断層モデル		評価地点											
傾斜	位置	Mw型	位置距離(km)	01a	02a	03a	04a	05a	06a	07a	08a	09a	10a	11a	
1/1000	北	東北太平洋型 Mw9	北	438	3.66	3.40	2.11	1.77	1.41	1.04	0.67	0.27	0.00	0.00	0.00
			南	845	2.35	1.96	1.39	0.78	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	228	4.91	4.63	2.90	2.59	2.25	1.93	1.59	1.25	0.87	0.48	0.00
			南	636	3.18	2.64	1.72	1.29	0.79	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	146	4.71	4.43	2.77	2.45	2.11	1.78	1.43	1.08	0.69	0.30	0.00
			南	554	2.21	2.03	1.38	1.05	0.67	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/500	北		北	438	3.26	3.00	1.94	1.31	0.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	845	2.39	1.99	1.30	0.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	228	4.29	4.03	2.70	2.07	1.42	0.80	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	636	2.78	2.12	1.57	0.92	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	146	4.11	3.85	2.55	1.94	1.30	0.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	554	1.89	1.65	1.12	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/1000	北	津波地震型 Mw8	北	332	0.66	0.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	705	0.21	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	202	1.76	1.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	507	0.42	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	194	0.95	0.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	432	0.50	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/500	北		北	332	0.65	0.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	705	0.22	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	202	1.84	1.75	1.14	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	507	0.43	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	194	0.98	0.89	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	432	0.51	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/1000	北	アウターライズ型 Mw8	北	351	0.55	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	644	0.13	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	320	2.40	2.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	473	0.26	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	344	1.26	1.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	415	0.36	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/500	北		北	351	0.56	0.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	644	0.14	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	320	2.45	2.24	1.50	0.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	473	0.27	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	344	1.33	1.24	0.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	415	0.37	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

表 7-11 最大浸水深の一覧（評価地点 b ライン、粒径 0.166mm の場合）

陸域地形条件		断層モデル			評価地点										
傾斜	位置	Mw型	位置	距離	01b	02b	03b	04b	05b	06b	07b	08b	09b	10b	11b
1/1000	北	東北太平洋型 Mw9	北	438	3.67	3.40	2.12	1.77	1.41	1.04	0.67	0.27	0.00	0.00	0.00
			南	845	2.35	1.99	1.40	0.79	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	228	4.91	4.63	2.90	2.59	2.25	1.93	1.59	1.25	0.87	0.48	0.00
			南	636	3.17	2.66	1.72	1.28	0.79	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	146	4.71	4.43	2.77	2.45	2.11	1.78	1.43	1.08	0.69	0.30	0.00
			南	554	2.21	2.02	1.39	1.04	0.67	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/500	北		北	438	3.27	3.01	1.94	1.32	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	845	2.39	1.99	1.31	0.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	228	4.29	4.03	2.70	2.07	1.42	0.80	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	636	2.77	2.12	1.57	0.91	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	146	4.11	3.85	2.55	1.93	1.29	0.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	554	1.88	1.65	1.13	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/1000	北	津波地震型 Mw8	北	332	0.66	0.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	705	0.21	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	202	1.75	1.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	507	0.42	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	194	0.95	0.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	432	0.50	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/500	北		北	332	0.65	0.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	705	0.22	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	202	1.83	1.74	1.14	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	507	0.43	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	194	0.98	0.89	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	432	0.51	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/1000	北	アウターライズ型 Mw8	北	351	0.55	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	644	0.13	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	中央		北	320	2.39	2.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	473	0.26	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	南		北	344	1.26	1.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	415	0.36	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1/500	北		北	351	0.56	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	644	0.14	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	中央		北	320	2.44	2.24	1.49	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	473	0.27	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	南		北	344	1.34	1.24	0.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	415	0.37	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

③最大浮遊砂濃度

表 7-12 と表 7-13 は粒径 0.267mm, 表 7-14 と表 7-15 は粒径 0.166mm の土砂移動解析により出力された最大浮遊砂濃度の一覧表である。堆積した評価ポイントのほとんどが上限として設定している飽和浮遊砂濃度 5%まで達している。図 7-16 には, 地震タイプごとに, 領域間距離と最大浮遊砂濃度の関係を表示した。

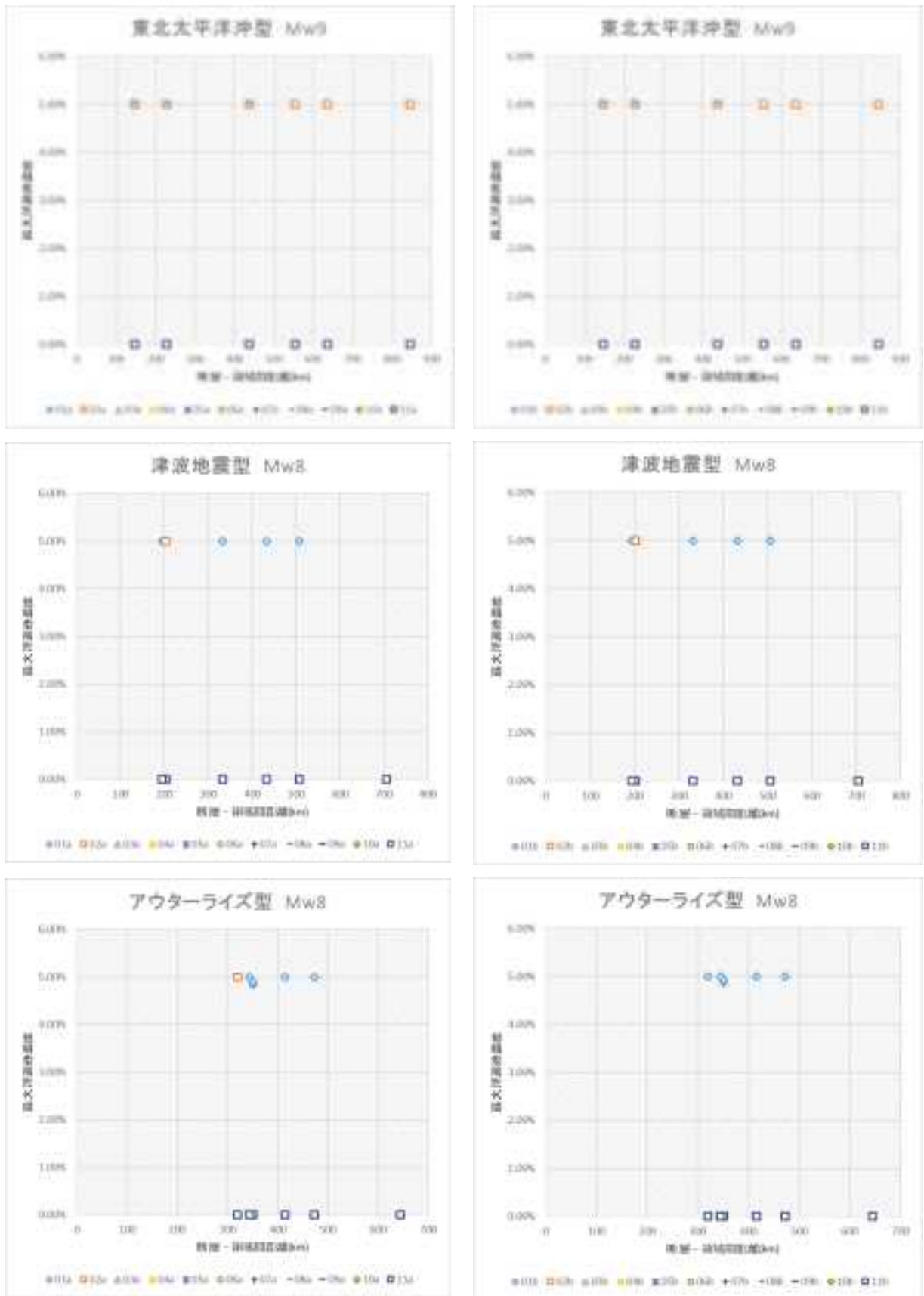


図 7-18 最大浮遊砂濃度の断層との距離による違い (粒径 0.267mm の場合)

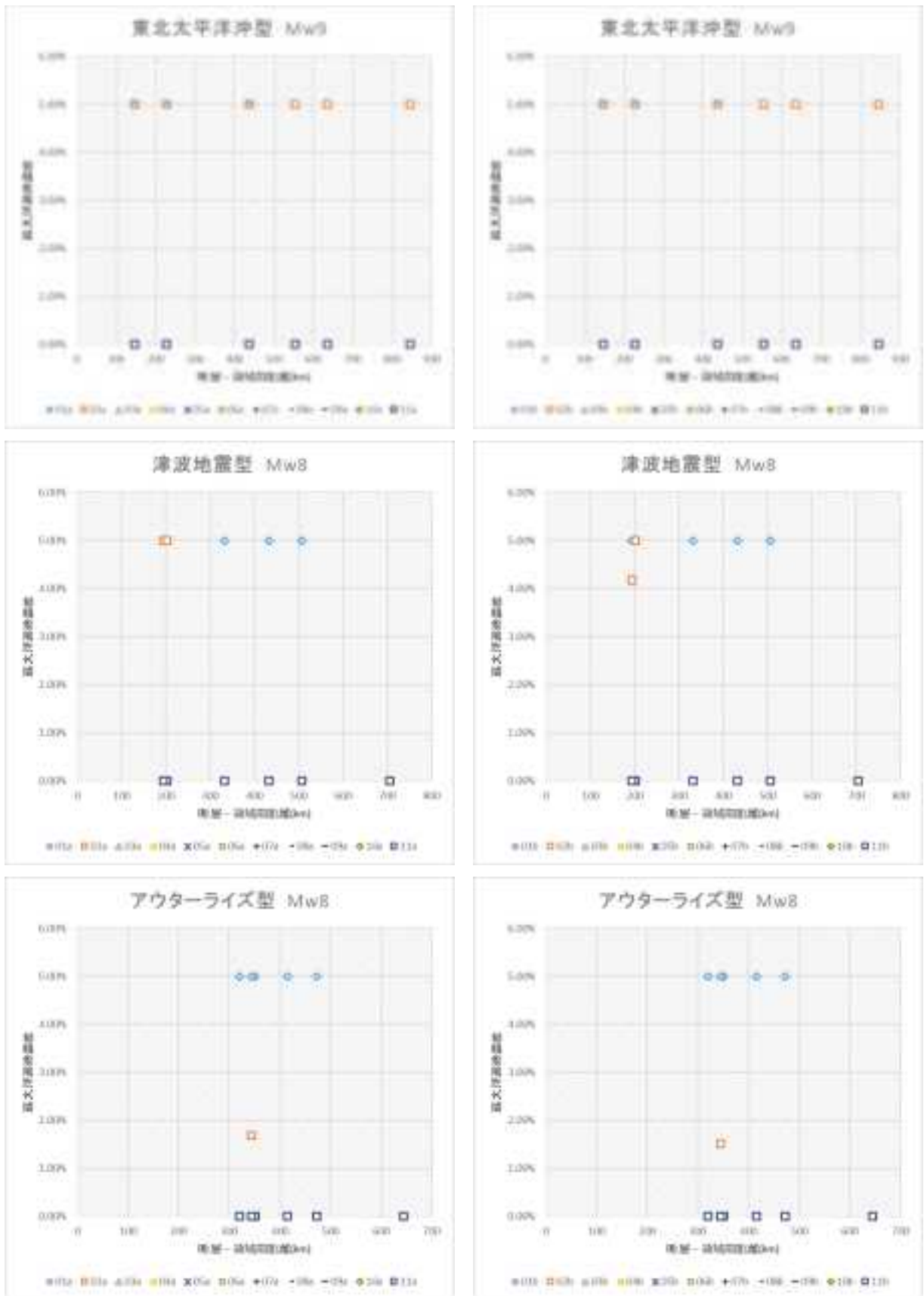


図 7-19 最大浮遊砂濃度の断層との距離による違い (粒径 0.166mm の場合)

表 7-12 最大浮遊砂濃度の一覧（評価地点 a ライン，粒径 0.267mm の場合）

陸域地形条件		断層モデル		評価地点												
傾斜	位置	Mw,型	位置距離(km)	01a	02a	03a	04a	05a	06a	07a	08a	09a	10a	11a		
1/1000	北	東北太平洋型 Mw9	北	438	5%	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
			南	845	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
	中央		北	228	5%	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
			南	636	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	南		北	146	5%	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
			南	554	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
1/500	北		北	438	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
			南	845	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	中央		北	228	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
			南	636	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	南		北	146	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
			南	554	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
1/1000	北	津波地震型 Mw8	北	332	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
			南	705	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
	中央		北	202	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
			南	507	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	南		北	194	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
			南	432	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
1/500	北		北	332	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
			南	705	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	中央		北	202	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
			南	507	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	南		北	194	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
			南	432	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
1/1000	北	アウターライズ型 Mw8	北	351	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
			南	644	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
	中央		北	320	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
			南	473	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
	南		北	344	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
			南	415	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
1/500	北		北	351	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
			南	644	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
	中央		北	320	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
			南	473	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
	南		北	344	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
			南	415	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	

表 7-13 最大浮遊砂濃度の一覧（評価地点 b ライン，粒径 0.267mm の場合）

陸域地形条件		断層モデル		評価地点													
傾斜	位置	Mw,型	位置	距離	01b	02b	03b	04b	05b	06b	07b	08b	09b	10b	11b		
1/1000	北	東北太平洋型 Mw9	北	438	5%	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
			南	845	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
	中央		北	228	5%	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
			南	636	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	南		北	146	5%	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
			南	554	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
1/500	北		北	438	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
			南	845	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	中央		北	228	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
			南	636	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	南		北	146	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
			南	554	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
1/1000	北	津波地震型 Mw8	北	332	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
			南	705	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
	中央		北	202	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
			南	507	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
	南		北	194	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
			南	432	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
1/500	北		北	332	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
			南	705	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
	中央		北	202	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
			南	507	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
	南		北	194	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
			南	432	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
1/1000	北	アウターライズ型 Mw8	北	351	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
			南	644	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
	中央		北	320	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
			南	473	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
	南		北	344	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
			南	415	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
1/500	北		北	351	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
			南	644	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
	中央		北	320	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
			南	473	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
	南		北	344	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
			南	415	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	

表 7-14 最大浮遊砂濃度の一覧（評価地点 a ライン，粒径 0.166mm の場合）

陸域地形条件		断層モデル		評価地点												
傾斜	位置	Mw,型	位置距離(km)	01a	02a	03a	04a	05a	06a	07a	08a	09a	10a	11a		
1/1000	北	東北太平洋型 Mw9	北	438	5%	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
			南	845	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
	中央		北	228	5%	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
			南	636	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	南		北	146	5%	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
			南	554	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
1/500	北		北	438	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
			南	845	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	中央		北	228	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
			南	636	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	南		北	146	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
			南	554	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
1/1000	北	津波地震型 Mw8	北	332	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
			南	705	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
	中央		北	202	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
			南	507	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	南		北	194	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
			南	432	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
1/500	北		北	332	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
			南	705	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	中央		北	202	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
			南	507	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	南		北	194	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
			南	432	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
1/1000	北	アウターライズ型 Mw8	北	351	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
			南	644	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
	中央		北	320	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
			南	473	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	南		北	344	5%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
			南	415	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
1/500	北		北	351	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
			南	644	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	中央		北	320	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
			南	473	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	南		北	344	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
			南	415	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

表 7-15 最大浮遊砂濃度の一覧（評価地点 b ライン、粒径 0.166mm の場合）

陸域地形条件		断層モデル			評価地点												
傾斜	位置	Mw,型	位置	距離	01b	02b	03b	04b	05b	06b	07b	08b	09b	10b	11b		
1/1000	北	東北太平洋型 Mw9	北	438	5%	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
			南	845	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
	中央		北	228	5%	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
			南	636	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	南		北	146	5%	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
			南	554	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
1/500	北		北	438	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
			南	845	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	中央		北	228	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
			南	636	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	南		北	146	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
			南	554	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
1/1000	北	津波地震型 Mw8	北	332	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
			南	705	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
	中央		北	202	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
			南	507	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
	南		北	194	5%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
			南	432	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
1/500	北		北	332	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
			南	705	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	中央		北	202	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
			南	507	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	南		北	194	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
			南	432	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
1/1000	北	アウターライズ型 Mw8	北	351	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
			南	644	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
	中央		北	320	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
			南	473	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
	南		北	344	5%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
			南	415	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
1/500	北		北	351	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
			南	644	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	中央		北	320	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
			南	473	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	南		北	344	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
			南	415	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

④最大掃流砂量($\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$)

表 7-16 と表 7-17 は粒径 0.267mm, 表 7-18 と表 7-19 は粒径 0.166mm の土砂移動解析により出力された最大掃流砂量の一覧表である. 粒径が 0.166mm, 東北太平洋型の南側に配置したケースの領域北 (断層領域間距離 228km), 地形傾斜 1/500 のケースで沿岸から 4 メッシュ内陸側に設定したポイント (02a) が全ケース, 全ポイントで最大の値となり最大掃流砂量としては $3.73 \times 10^{-4} (\text{m}^3/\text{s}/\text{m})$ となった. 図 7-20 と図 7-21 には, 地震タイプごとに, 領域間距離と最大掃流砂量の関係を表示した.

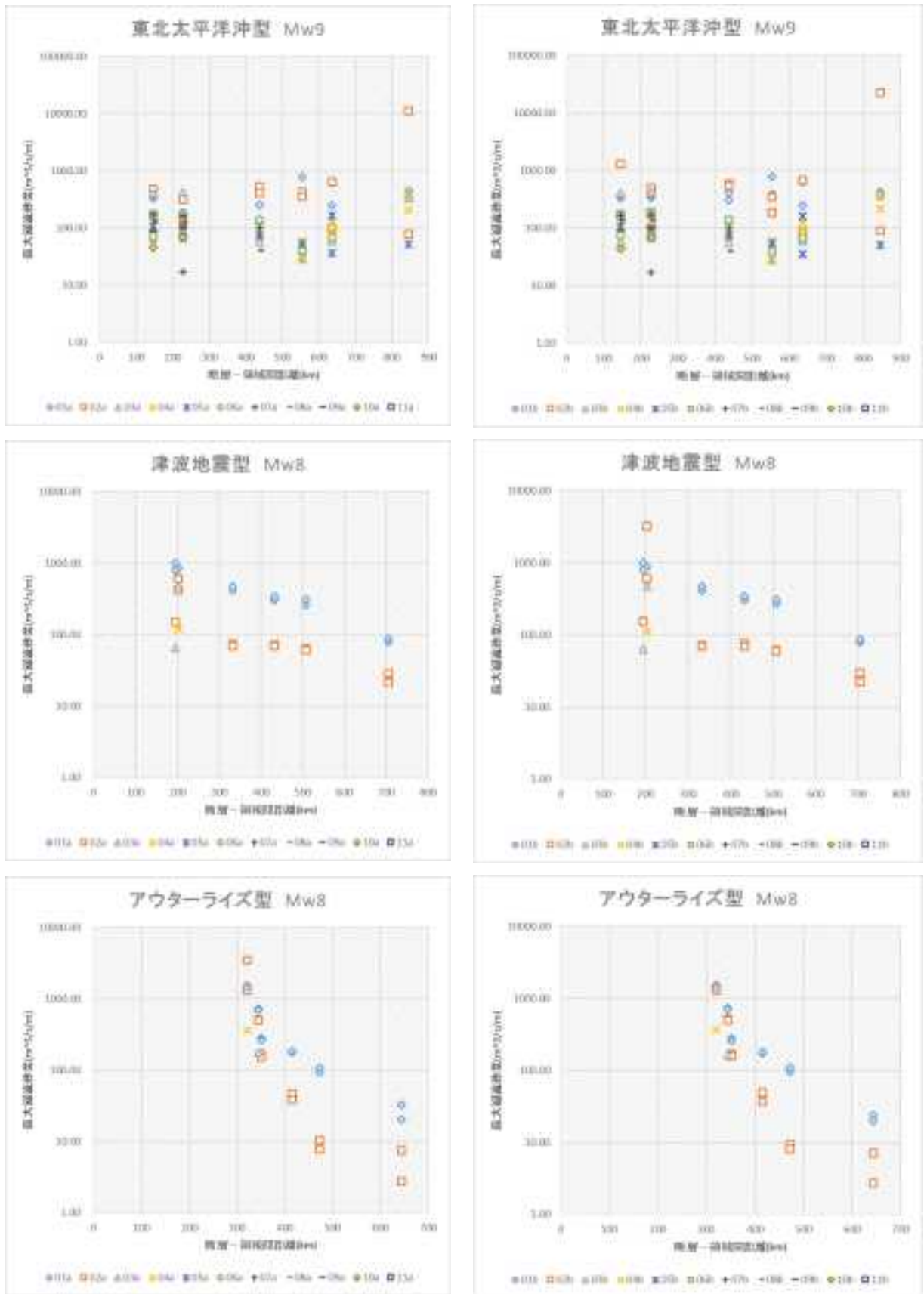


図 7-20 最大掃流砂量の断層との距離による違い (粒径 0.267mm の場合)

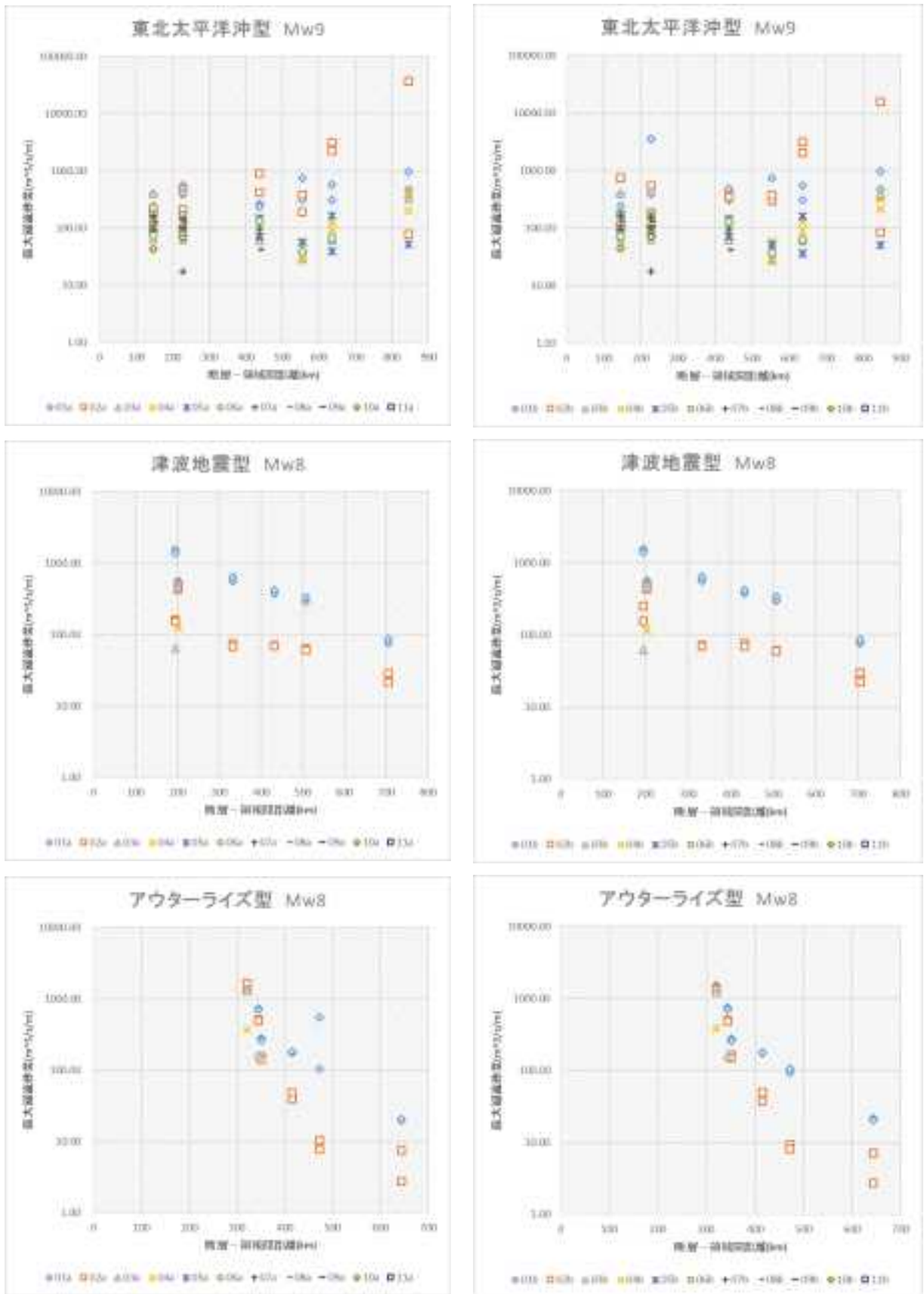


図 7-21 最大掃流砂量の断層との距離による違い (粒径 0.166mm の場合)

表 7-16 最大掃流砂量の一覧（評価地点 a ライン，粒径 0.267mm の場合）

× 10⁸(m³/s/m)

陸域地形条件		断層モデル		評価地点											
傾斜	位置	Mw型	位置距離(km)	01a	02a	03a	04a	05a	06a	07a	08a	09a	10a	11a	
1/1000	北	東北太平洋型 Mw9	北	438	251.15	538.53	73.01	128.39	132.90	140.34	101.51	41.39	0.00	0.00	0.00
			南	845	420.94	78.20	330.42	367.33	51.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	228	340.04	312.72	425.73	137.46	173.69	183.17	167.26	129.69	105.33	69.29	0.00
			南	636	245.79	99.02	66.73	133.66	166.66	67.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	146	332.59	171.98	411.24	133.12	163.72	161.32	167.84	132.50	88.10	46.44	0.00
			南	554	394.74	434.48	40.16	58.30	53.38	40.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/500	北		北	438	471.24	406.29	57.70	87.78	74.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	845	447.57	11195.10	382.33	202.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	228	374.07	137.82	66.91	105.63	101.13	73.18	17.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	636	611.20	640.72	59.11	91.13	36.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	146	376.07	483.06	65.85	103.74	107.51	73.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	554	786.64	354.52	29.69	27.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/1000	北	津波地震型 Mw8	北	332	415.67	75.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	705	79.27	28.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	202	859.86	421.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	507	261.83	64.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	194	1001.21	148.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	432	301.65	72.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/500	北		北	332	467.87	68.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	705	88.83	21.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	202	631.84	604.26	468.97	121.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	507	308.76	60.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	194	809.69	148.60	66.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	432	339.98	69.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/1000	北	アウターライズ型 Mw8	北	351	283.64	167.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	644	32.86	7.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	320	1478.00	1301.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	473	91.98	10.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	344	729.56	510.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	415	176.96	47.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/500	北		北	351	262.42	153.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	644	20.27	2.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	320	1558.52	3474.17	1483.36	359.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	473	109.03	7.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	344	698.52	497.25	178.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	415	183.81	38.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

表 7-17 最大掃流砂量の一覧（評価地点 b ライン，粒径 0.267mm の場合）

×10⁸(m³/s/m)

陸域地形条件		断層モデル		評価地点													
傾斜	位置	Mw型	位置	距離	01b	02b	03b	04b	05b	06b	07b	08b	09b	10b	11b		
1/1000	北	東北太平洋型 Mw9	北	438	305.28	581.76	72.53	126.65	139.07	140.20	100.46	40.50	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	845	432.46	91.07	364.46	362.46	51.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	228	339.95	500.49	426.15	137.41	172.85	184.87	170.93	137.49	101.62	67.55	0.00	0.00	0.00
			南	636	245.11	86.36	62.64	122.90	161.44	68.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	146	332.22	172.01	411.16	132.84	164.77	165.54	163.23	135.18	92.17	44.31	0.00	0.00	0.00
			南	554	388.75	185.58	41.34	58.36	54.51	39.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/500	北		北	438	413.72	545.21	56.55	86.04	74.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	845	398.55	22356.70	412.23	215.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	228	376.37	183.72	67.31	105.64	99.83	74.30	16.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	636	636.79	670.94	60.24	95.37	35.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	146	375.28	1291.87	59.20	103.69	107.25	74.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	554	784.35	346.15	27.94	27.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/1000	北	津波地震型 Mw8	北	332	414.74	71.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	705	78.97	29.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	202	868.73	3235.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	507	268.38	61.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	194	989.40	154.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	432	301.15	76.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/500	北		北	332	469.45	69.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	705	88.09	22.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	202	584.22	602.37	470.50	111.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	507	307.47	59.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	194	802.50	152.64	62.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	432	342.12	69.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/1000	北	アウターライズ型 Mw8	北	351	280.40	170.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	644	23.74	7.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	中央		北	320	1477.77	1302.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	473	96.46	9.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	南		北	344	738.87	517.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	415	174.96	48.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1/500	北		北	351	256.62	159.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	644	20.16	2.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	中央		北	320	1547.33	1323.08	1500.39	369.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	473	110.93	8.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	南		北	344	703.25	502.78	165.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	415	180.14	36.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

表 7-18 最大掃流砂量の一覧（評価地点 a ライン，粒径 0.166mm の場合）

×10⁸(m³/s/m)

陸域地形条件		断層モデル		評価地点											
傾斜	位置	Mw,型	位置距離(km)	01a	02a	03a	04a	05a	06a	07a	08a	09a	10a	11a	
1/1000	北	東北太平洋型 Mw9	北	438	267.60	415.08	70.95	126.88	149.14	133.31	97.99	41.71	0.00	0.00	0.00
			南	845	470.78	77.62	324.09	378.15	52.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	228	557.20	475.96	439.00	129.32	156.96	170.39	150.81	127.74	99.03	68.40	0.00
			南	636	307.36	2270.05	64.76	125.82	162.99	67.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	146	243.28	116.48	400.47	134.61	171.48	175.68	165.87	129.63	90.55	43.26	0.00
			南	554	306.56	189.45	39.91	59.01	56.64	38.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/500	北		北	438	233.84	899.13	60.10	86.37	71.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	845	973.31	37342.80	395.97	200.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	228	393.74	208.35	63.86	105.01	97.69	75.83	17.50	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	636	577.38	3174.05	59.91	95.70	38.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	146	388.07	221.35	64.11	98.96	102.69	74.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	554	753.10	377.92	29.73	26.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/1000	北	津波地震型 Mw8	北	332	565.07	75.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	705	76.57	28.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	202	558.38	427.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	507	289.83	64.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	194	1541.91	162.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	432	373.41	71.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/500	北		北	332	636.69	68.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	705	86.67	21.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	202	525.32	463.24	455.12	126.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	507	333.48	60.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	194	1391.85	151.34	64.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	432	421.40	69.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/1000	北	アウターライズ型 Mw8	北	351	283.05	154.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	644	19.85	7.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	320	1516.59	1628.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	473	549.84	10.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	344	737.47	508.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	415	175.71	48.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/500	北		北	351	261.86	141.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	644	20.48	2.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	320	1478.66	1335.85	1311.09	370.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	473	103.37	7.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	344	707.69	490.56	162.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	415	180.34	38.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

表 7-19 最大掃流砂量の一覧（評価地点 b ライン，粒径 0.166mm の場合）

× 10⁸(m³/s/m)

陸域地形条件		断層モデル		評価地点											
傾斜	位置	Mw 型	位置	距離	01b	02b	03b	04b	05b	06b	07b	08b	09b	10b	11b
1/1000	北	東北太平洋型 Mw9	北	438	305.58	381.89	71.73	126.61	147.35	130.81	96.65	41.98	0.00	0.00	0.00
			南	845	476.94	85.26	348.44	333.55	50.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	228	3514.46	547.53	438.42	129.32	157.91	163.50	158.11	133.32	105.04	70.58	0.00
			南	636	304.84	2051.69	67.69	129.96	162.56	63.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	146	242.96	111.92	399.86	134.51	170.87	172.46	167.82	133.57	93.39	45.30	0.00
			南	554	290.37	302.78	41.56	58.96	51.73	37.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/500	北		北	438	482.16	344.37	61.23	88.63	73.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	845	959.35	15520.20	388.65	215.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	228	393.44	186.15	63.87	105.03	98.56	74.81	17.65	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	636	551.52	3170.71	60.25	93.82	36.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	146	387.30	736.96	64.04	98.88	101.37	72.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	554	748.27	370.64	28.15	26.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/1000	北	津波地震型 Mw8	北	332	564.76	72.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	705	76.45	29.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	中央		北	202	557.65	425.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	507	297.22	61.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	南		北	194	1543.56	250.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	432	373.60	76.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1/500	北		北	332	639.93	69.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	705	85.64	22.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	中央		北	202	524.63	461.37	446.93	116.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	507	342.22	59.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	南		北	194	1393.59	153.95	61.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	432	421.74	68.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1/1000	北	アウターライズ型 Mw8	北	351	279.00	164.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
			南	644	21.76	7.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	中央		北	320	1518.18	1363.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
			南	473	92.88	9.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	南		北	344	742.35	502.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
			南	415	173.88	49.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
1/500	北		北	351	256.95	149.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
			南	644	20.33	2.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	中央		北	320	1482.93	1335.62	1236.31	379.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
			南	473	105.59	8.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	南		北	344	708.07	483.67	157.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
			南	415	177.88	37.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		

⑤最大流速(m/s)

表 7-20 と表 7-21 は粒径 0.267mm, 表 7-22 と表 7-23 は粒径 0.166mm の土砂移動解析により出力された最大流速の一覧表である. 粒径が 0.267mm, アウターライズ型の北側に配置したケースの領域中央(断層領域間距離 344km), 地形傾斜 1/500 のケースで沿岸より 4 メッシュ内側の 02a のポイントが全ケース, 全ポイントで最大の値となり最大流速としては 18.41m/s となった. 図 7-22 と図 7-23 に示したように, 領域と断層の距離が離れると小さくなる傾向がある.

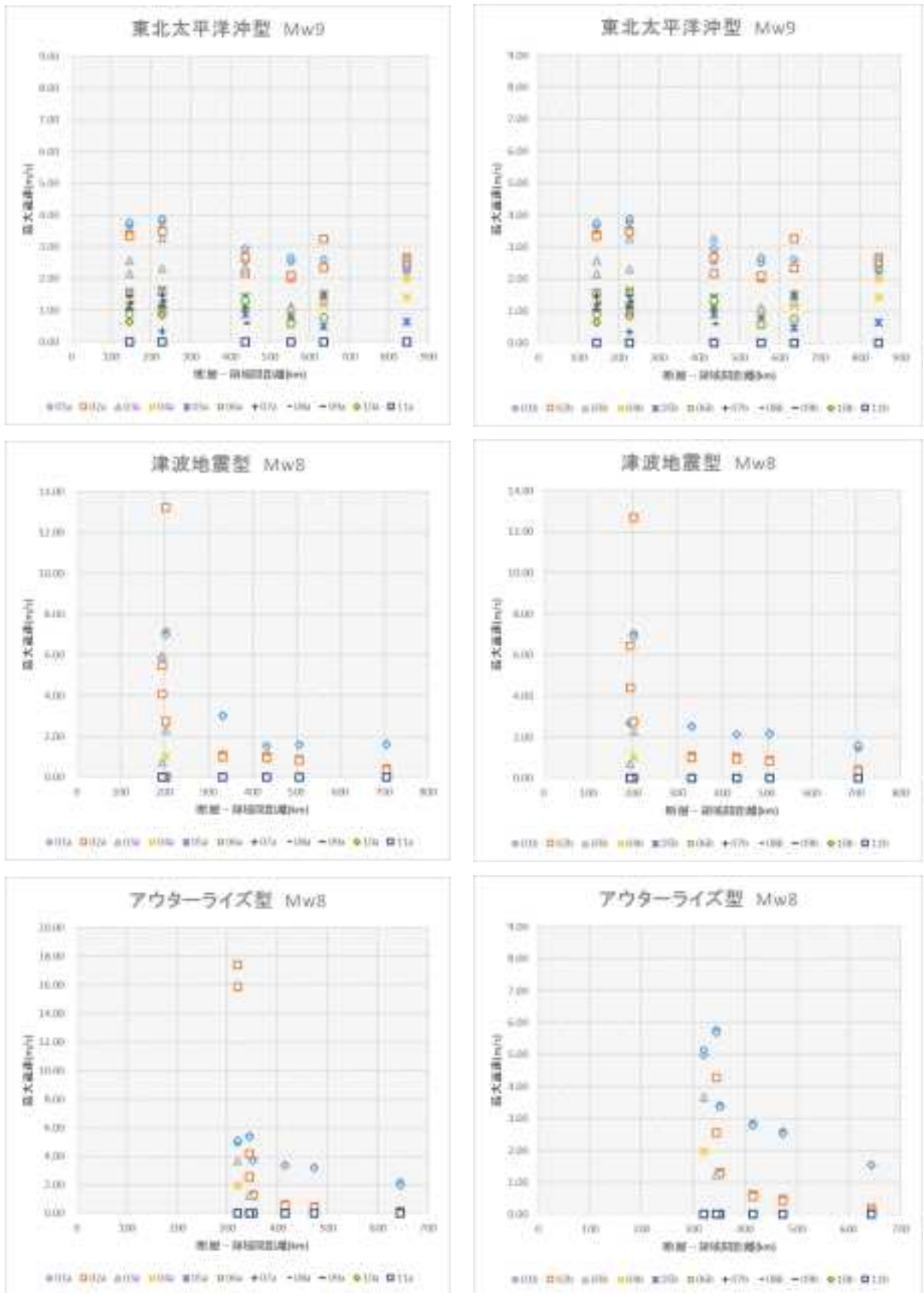


図 7-22 最大流速の断層との距離による違い (粒径 0.267mm の場合)

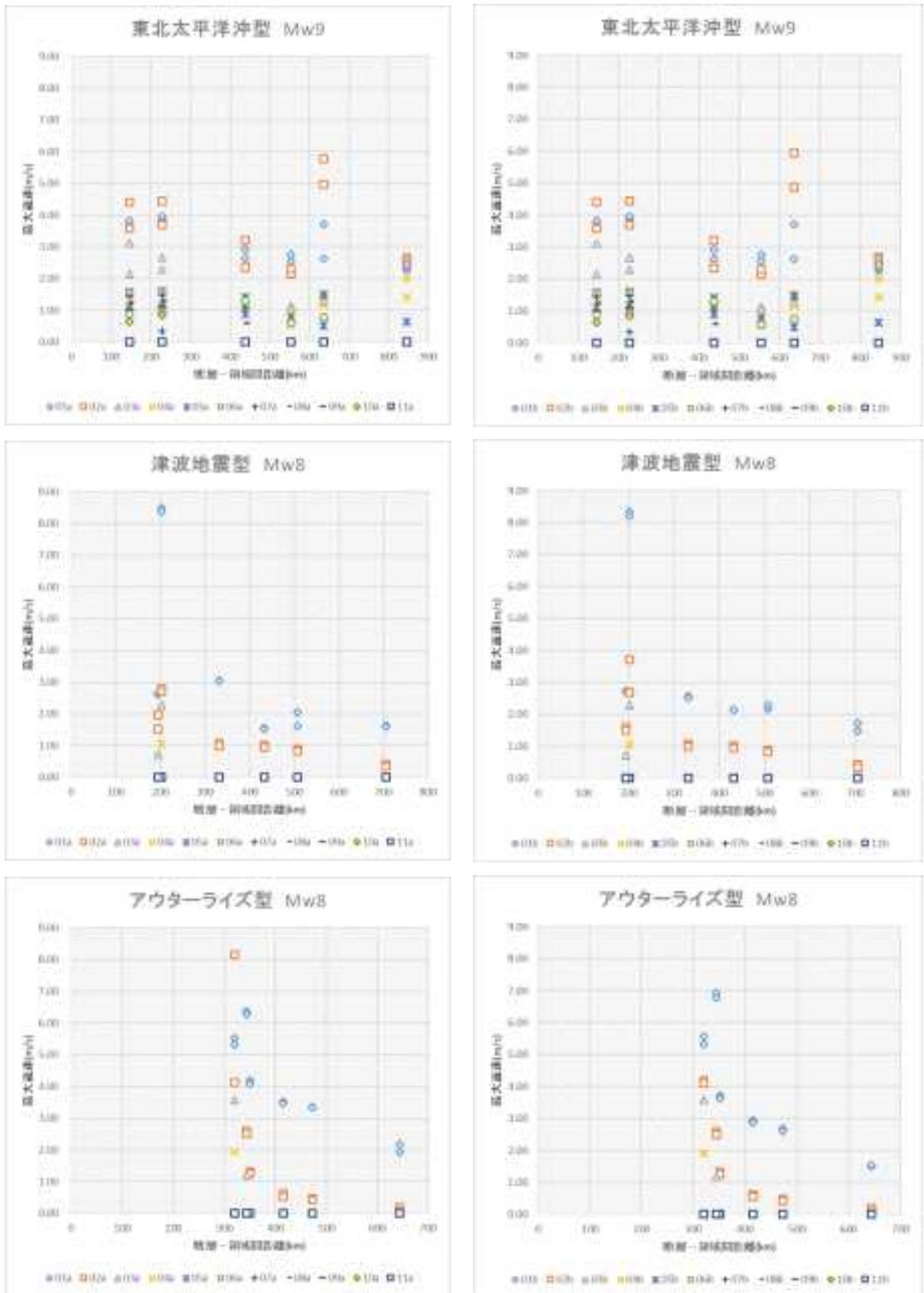


図 7-23 最大流速の断層との距離による違い (粒径 0.166mm の場合)

表 7-20 最大流速の一覧（評価地点 a ライン，粒径 0.267mm の場合）

陸域地形条件		断層モデル		評価地点											
傾斜	位置	Mw型	位置距離(km)	01a	02a	03a	04a	05a	06a	07a	08a	09a	10a	11a	
1/1000	北	東北太平洋型 Mw9	北	438	2.95	2.67	2.31	1.44	1.41	1.30	1.07	0.60	0.00	0.00	0.00
			南	845	2.25	2.66	2.69	1.99	0.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	228	3.78	3.51	3.26	1.66	1.60	1.56	1.48	1.32	1.12	0.84	0.00
			南	636	2.61	2.34	1.54	1.53	1.49	0.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	146	3.68	3.40	2.56	1.59	1.58	1.54	1.46	1.27	1.03	0.64	0.00
			南	554	2.52	2.03	1.12	0.85	0.76	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/500	北		北	438	2.56	2.17	1.36	1.08	0.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	845	2.35	2.48	2.51	1.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	228	3.90	3.48	2.31	1.62	1.16	0.92	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	636	3.25	3.24	1.30	1.18	0.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	146	3.77	3.34	2.16	1.47	1.12	0.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	554	2.66	2.10	1.08	0.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/1000	北	津波地震型 Mw8	北	332	3.04	1.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	705	1.63	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	202	7.15	13.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	507	1.61	0.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	194	5.90	5.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	432	1.56	1.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/500	北		北	332	3.02	0.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	705	1.60	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	202	7.01	2.74	2.29	1.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	507	1.58	0.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	194	5.90	4.08	0.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	432	1.52	0.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/1000	北	アウターライズ型 Mw8	北	351	3.79	1.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	644	2.17	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	320	4.97	15.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	473	3.20	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	344	5.42	4.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	415	3.39	0.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/500	北		北	351	3.72	1.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	644	1.98	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	320	5.12	17.40	3.66	1.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	473	3.17	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	344	5.35	2.56	1.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	415	3.33	0.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

表 7-21 最大流速の一覧（評価地点 b ライン，粒径 0.267mm の場合）

陸域地形条件		断層モデル		評価地点											
傾斜	位置	Mw,型	位置	距離	01b	02b	03b	04b	05b	06b	07b	08b	09b	10b	11b
1/1000	北	東北太平洋型 Mw9	北	438	2.95	2.67	3.26	1.44	1.41	1.30	1.07	0.60	0.00	0.00	0.00
			南	845	2.25	2.66	2.69	2.01	0.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	228	3.78	3.51	3.25	1.66	1.60	1.56	1.48	1.32	1.12	0.84	0.00
			南	636	2.61	2.33	1.53	1.52	1.48	0.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	146	3.68	3.40	2.56	1.59	1.58	1.54	1.45	1.26	1.03	0.63	0.00
			南	554	2.52	2.02	1.11	0.84	0.76	0.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/500	北		北	438	2.55	2.17	1.36	1.09	0.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	845	2.33	2.48	2.52	1.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	228	3.89	3.47	2.31	1.62	1.16	0.92	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	636	3.28	3.27	1.30	1.17	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	146	3.77	3.34	2.16	1.47	1.12	0.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	554	2.66	2.10	1.06	0.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/1000	北	津波地震型 Mw8	北	332	2.55	1.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	705	1.48	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	202	7.04	12.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	507	2.18	0.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	194	2.71	6.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	432	2.15	1.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/500	北		北	332	2.50	0.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	705	1.60	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	202	6.90	2.74	2.29	1.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	507	2.17	0.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	194	2.66	4.42	0.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	432	2.13	0.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/1000	北	アウターライズ型 Mw8	北	351	3.42	1.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	644	1.54	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	中央		北	320	4.98	15.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	473	2.58	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	南		北	344	5.77	4.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	415	2.85	0.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1/500	北		北	351	3.35	1.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	644	1.55	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	中央		北	320	5.14	18.41	3.65	1.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	473	2.52	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	南		北	344	5.67	2.56	1.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	415	2.78	0.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

表 7-22 最大流速の一覧（評価地点 a ライン，粒径 0.166mm の場合）

陸域地形条件		断層モデル		評価地点											
傾斜	位置	Mw型	位置距離(km)	01a	02a	03a	04a	05a	06a	07a	08a	09a	10a	11a	
1/1000	北	東北太平洋型 Mw9	北	438	2.92	3.20	2.70	1.43	1.41	1.30	1.06	0.60	0.00	0.00	0.00
			南	845	2.27	2.64	2.67	1.99	0.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	228	3.88	4.45	2.66	1.62	1.60	1.55	1.47	1.31	1.12	0.84	0.00
			南	636	2.62	4.96	1.53	1.52	1.48	0.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	146	3.78	4.40	3.11	1.59	1.58	1.54	1.45	1.26	1.02	0.63	0.00
			南	554	2.57	2.13	1.13	0.85	0.77	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/500	北		北	438	2.64	2.34	1.33	1.08	0.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	845	2.35	2.47	2.49	1.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	228	3.96	3.69	2.29	1.63	1.16	0.92	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	636	3.71	5.78	1.30	1.18	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	146	3.82	3.58	2.14	1.48	1.11	0.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	554	2.75	2.31	1.08	0.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/1000	北	津波地震型 Mw8	北	332	3.06	1.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	705	1.63	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	202	8.49	2.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	507	1.61	0.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	194	2.65	1.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	432	1.56	1.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/500	北		北	332	3.03	0.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	705	1.60	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	202	8.38	2.69	2.29	1.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	507	2.05	0.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	194	2.61	1.51	0.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	432	1.52	0.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/1000	北	アウターライズ型 Mw8	北	351	4.19	1.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	644	2.17	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	320	5.32	8.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	473	3.35	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	344	6.38	2.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	415	3.53	0.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/500	北		北	351	4.09	1.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	644	1.93	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	320	5.54	4.12	3.59	1.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	473	3.34	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	344	6.28	2.51	1.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	415	3.47	0.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

表 7-23 最大流速の一覧（評価地点 b ライン，粒径 0.166mm の場合）

陸域地形条件		断層モデル		評価地点											
傾斜	位置	Mw,型	位置	距離	01b	02b	03b	04b	05b	06b	07b	08b	09b	10b	11b
1/1000	北	東北太平洋型 Mw9	北	438	2.92	3.21	2.65	1.43	1.41	1.30	1.06	0.60	0.00	0.00	0.00
			南	845	2.28	2.68	2.67	2.01	0.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	228	3.88	4.44	2.66	1.62	1.60	1.55	1.47	1.31	1.11	0.84	0.00
			南	636	2.63	4.86	1.52	1.51	1.47	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	146	3.78	4.40	3.10	1.59	1.57	1.53	1.45	1.26	1.02	0.63	0.00
			南	554	2.58	2.13	1.12	0.85	0.76	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/500	北		北	438	2.64	2.34	1.33	1.08	0.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	845	2.35	2.47	2.50	1.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中央		北	228	3.96	3.69	2.29	1.63	1.15	0.92	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	636	3.70	5.93	1.30	1.17	0.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	南		北	146	3.81	3.58	2.14	1.48	1.11	0.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			南	554	2.75	2.30	1.07	0.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/1000	北	津波地震型 Mw8	北	332	2.56	1.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	705	1.48	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	中央		北	202	8.33	3.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	507	2.18	0.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	南		北	194	2.75	1.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	432	2.15	1.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1/500	北		北	332	2.51	0.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	705	1.73	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	中央		北	202	8.21	2.69	2.28	1.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	507	2.29	0.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	南		北	194	2.70	1.51	0.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	432	2.13	0.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1/1000	北	アウターライズ型 Mw8	北	351	3.72	1.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	644	1.51	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	中央		北	320	5.33	4.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	473	2.68	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	南		北	344	6.94	2.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	415	2.94	0.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1/500	北		北	351	3.64	1.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	644	1.55	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	中央		北	320	5.56	4.11	3.58	1.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	473	2.61	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	南		北	344	6.78	2.49	1.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			南	415	2.87	0.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

7.4 まとめ

土砂移動解析を実施したケースの土砂移動量に関連する値を抽出し、各変数によって波源との距離、規模、粒径の3つのパラメータにより変化することを確認した。

断層と評価領域の距離間の違いに注目すると、最大浮遊砂濃度の様に距離によらずほぼ一定値のものもある。一方で最大浸水深及び流速については距離が近いほど値が大きくなるのに対して、最大堆積量や層流砂量は東北太平洋型の Mw9 では距離が遠くなってもほぼ同程度かむしろ大きくなる傾向があるが、津波地震アウターライズ型 Mw8 クラスでは距離が遠くなると小さくなることがわかった。

今後は波源検索 DB に必要なデータのパラメータスタディについて検討し、堆積物から津波波源域を割り出すアルゴリズムに反映させていく。

参考文献

- Mansinha L. and D.E. Smylie(1971): The Displacement Fields of Inclined Faults, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.61, No.5, pp.1433-1440
- 日野幹雄(1987):開放境界における波の無反射透過条件の極めて簡単な計算スキームの提案, 東京工業大学土木工学科研究報告, No. 38, pp.31-38
- Kanamori, H.(1977): The energy release of great earthquakes, J. Geophys. Res. 82, 2981-2987
- Murotani, S., K. Satake and Y. Fujii (2013): Scaling relations of seismic moment, rupture area, average slip, and asperity size for $M \sim 9$ subduction-zone earthquakes, GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL40, 5070-5074.
- 高橋智幸・首藤伸夫・今村文彦・浅井大輔(1999): 掃流砂層・浮遊砂層の交換砂量を考慮した津波移動床モデルの開発, 海岸工学論文集, 第46巻, pp.606-610

