

港湾空港技術研究所 資料

TECHNICAL NOTE

OF

THE PORT AND AIRPORT RESEARCH INSTITUTE

No.1261 December 2012

平成 23 年東北地方太平洋沖地震による津波の遡上と
地形および底質粒径の変化
—波崎海洋研究施設における現地調査—

柳嶋 慎一
中村 聡志
伴野 雅之

独立行政法人 港湾空港技術研究所

Independent Administrative Institution,
Port and Airport Research Institute, Japan

目 次

要 旨	3
1. はじめに	4
2. 調査項目および方法	4
2.1 地形測量	4
2.2 底質調査	4
2.3 津波波形	5
2.4 津波高さ, 遡上波向き, 遡上痕跡	5
2.5 地盤沈下	5
3. 地形変化	5
3.1 地形変化の概要	5
3.2 測線毎の断面地形変化	7
4. 底質粒径の変化	8
4.1 底質粒径の空間分布	8
4.2 底質粒径の鉛直分布	11
5. 波崎海岸での津波の遡上	12
5.1 津波波形	12
5.2 津波高	13
5.3 津波遡上波向き	13
5.4 遡上痕跡	14
6. 地盤沈下	16
7. 考察	17
7.1 津波の遡上波向き	17
7.2 津波遡上波数と海水の浸透	18
7.3 海浜の底質粒径とバームの侵食	19
7.4 津波の遡上高と砂丘頂部の侵食	21
7.5 地形変化量と波エネルギーの関係	21
8. おわりに	22
謝辞	22
参考文献	22
付録A 地形データ	24
付録B 底質特性およびデータ	37
付録C 遡上痕跡データ	42
付録D 地下水位の長期的変化およびデータ	44
付録E 地下水温・海水温の変化およびデータ	49

Beach Topography and Grain Size Change by Tsunami Run-Up of 2011 Tohoku Earthquake in Hasaki Coast

Shin-ichi YANAGISHIMA*

Satoshi NAKAMURA**

Masayuki BANNO***

Synopsis

The tsunami traces, the topography and grain size survey were carried out after the tsunami caused by the 2011 off the Pacific coast of Tohoku earthquake. The tsunami run-up characteristic near Hazaki Oceanographical Research Station in the Hasaki coast in southern part of Ibaraki Prefecture facing the Pacific Ocean was shown. The topography and grain size change before and after tsunami raid on the sandy open coast were examined. The highest tsunami run-up was 10.10 meters above D.L. The energy of the tsunami was smaller than that of the storm at the maximum erosion in the past. The topography change by tsunami was less than 1/10 compared with that by the biggest storm. The grain sizes in the area both erosion and accumulation above D.L. became finer. The reasons were following: The berm erosion was not caused. The beach was formed with the coarse sand. Therefore, the ground-water rising with the infiltrating seawater was small. The tsunami run-ups that cause the topography change for the beach was only four times. Moreover, the tsunami run-up did not exceed the dune top, because that the dune height was enough. In the end of the paper, the obtained field observation data for numerical calculation of tsunami run-up and topography change was collected.

Key Words: tsunami run-up, topography change, grain size, ground water, seawater infiltration, field survey data, sandy open coast

* Senior Research Engineer, Coastal and Estuarine Sediment Dynamics Group
3-1-1 Nagase, Yokosuka, 239-0826 Japan
Phone : +81-46-8445045 Fax : +81-46-8419812 e-mail:yanagishima@pari.go.jp
**Research Director, Coastal and Estuarine Environment Division
***Researcher, Coastal and Estuarine Sediment Dynamics Group

平成23年東北地方太平洋沖地震による津波の遡上と

地形および底質粒径の変化

—波崎海洋研究施設における現地調査—

柳嶋慎一*・中村聡志**・伴野雅之***

要 旨

2011年3月11日14時46分に発生した平成23年東北地方太平洋沖地震による津波の遡上に関する現地調査を、茨城県の波崎海岸にある波崎海洋研究施設周辺において行い、開放的な砂浜海岸における津波遡上と地形変化および底質粒径変化に注目して、その特性を示した。最大津波遡上高は、D.L.+10.10mに及んだが、津波のエネルギーは、既往最大の侵食が生じた低気圧通過時の波エネルギーより小さかった。津波による地形変化は、既往最大の侵食が生じた時の地形変化の10分の1以下であった。干潮時汀線よりも高い範囲の侵食域と堆積域ともに底質の粒径は細粒化した。地形変化が少なかった第1の理由は、前浜が粗砂で構成されていたため、浸透した海水による地下水位の上昇が少なく、バームの侵食がほとんど生じなかったことである。2番目は、後浜地形変化に影響を及ぼしたのは、遡上した10波の津波の内4波と考えられることである。3番目は、津波遡上高に対して砂丘高が十分にあったため、その頂部を津波が越えて砂丘が大規模に侵食されることがなかったためと考えられる。最後に、津波数値計算および津波の遡上による地形変化予測計算に必要なデータをとりまとめた。

キーワード：津波の遡上，地形変化，底質粒径，地下水位，浸透，現地調査，開放的砂浜海岸

* 沿岸環境研究領域沿岸土砂管理研究チーム 主任研究官
〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1 独立行政法人港湾空港技術研究所
電話：046-844-5045 Fax：046-841-9812 e-mail:yanagishima@pari.go.jp

** 沿岸環境研究領域上席研究官

*** 沿岸環境研究領域沿岸土砂管理研究チーム 研究官

1. はじめに

2011年3月11日14時46分に発生した平成23年東北地方太平洋沖地震(M9.0)による津波は、東北地方のリアス式海岸では海岸沿いに壊滅的な被害をもたらし、宮城県、福島県の開放的な海岸においても甚大な被害を与えた。茨城県波崎海岸においては、津波による被害は生じなかったものの、未だかつて無い規模で津波が後浜に遡上した。

津波による被災状況については、佐藤ら(2011)、柴山ら(2011)、下園ら(2011)、田中ら(2011)、信岡ら(2011)、平石ら(2011)が調査をおこなっている。

津波による地形変化に関し、田中ら(2011)は、仙台海岸の現地調査および空中写真の解析から、旧川河口位置、海岸構造物不連続部などの流れが集中する場所で海岸侵食は増大し、佐藤ら(2011)は、福島県勿来海岸の現地調査により、津波の遡上は一様であるが、遡上した水塊が海に戻る時には、海岸堤防が倒壊した箇所集中し、砂州が侵食されたと指摘している。しかしながら、沿岸方向に連続して砂丘が存在する自然海岸において、津波の遡上、それに伴う後浜を含む海岸地形変化の実態は、明らかにされていない。

自然海岸の後浜と砂丘は、背後地を津波や高潮から護る自然の防波堤であり、その保全方策を事前に検討しておく必要がある。

本研究では、波崎海洋研究施設周辺において、平成23年東北地方太平洋沖地震による津波の遡上およびそれに伴う海岸の地形と底質粒径の変化の実態を把握するため現地調査を実施した。さらに、開放的な砂浜海岸において津波の遡上によって生じた地形変化の要因を、津波の遡上波数および海水の浸透、砂浜の底質粒径、津波の遡上高と砂丘頂部高の関係に注目し考察した。最後に、今後の津波数値計算の高度化および、津波による地形変化予測を行う上で必要な検証データのとりまとめを行った。

2. 調査項目および方法

茨城県の鹿島灘に面する砂浜海岸にある波崎海洋研究施設(図-1、以後HORSと呼ぶ)周辺で以下の項目について調査を行った。

2.1 地形測量

栈橋に沿う断面地形は、津波来襲前の3月11日8時および来襲後の14日13時に岸沖方向間隔5mで、レベル・スタッフおよびレッドにより測定した。地形の平面測量

は、津波来襲45日前の1月25日および3月14日にHORSを中心に沿岸方向400mの範囲(図-2参照)を40m間隔で、砂丘の付け根から汀線付近までの範囲(約120m)を岸沖方向間隔5mで、レベル・スタッフにより、測量した。HORSにおいては栈橋の銚子側サイドを原点とし、沿岸方向をx軸(銚子方向を+)、栈橋建物沖側端を原点とし、岸沖方向をy軸(沖方向を+)とするHORS固有の座標を使用している。また、高さの基準は波崎港工事基準面(D.L.0m=T.P.-0.687m)を使用した。

後浜の勾配と遡上痕跡高の関係を調べるため、3月14日に、地形測量測線の陸側の範囲(砂丘の陸側～砂丘頂部～砂丘付け根)および沿岸方向40mの測線の間、測線を追加(図-24下段細線)してGPS測量器を用いて測量した。

2.2 底質調査

底質の空間的な粒径特性を把握するために、2010年9月30日と2011年3月15日に、平面的な地形測量を実施する範囲において、沿岸方向間隔40m、岸沖方向間隔10mで、砂浜表面の底質を採取した。底質の柱状試料は、地下水位計が設置された、測線x=0mのy=-60m、y=-40mの2地点で、2010年9月30日に、y=-70m、y=-50mの2

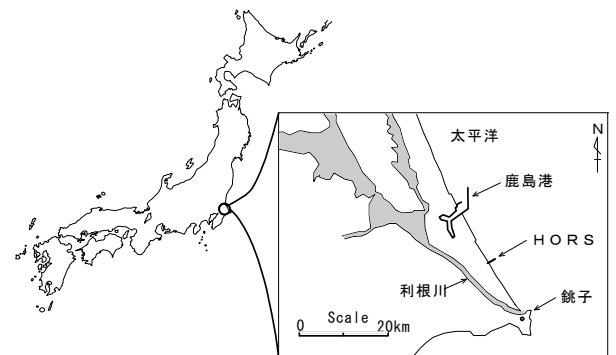


図-1 調査位置図

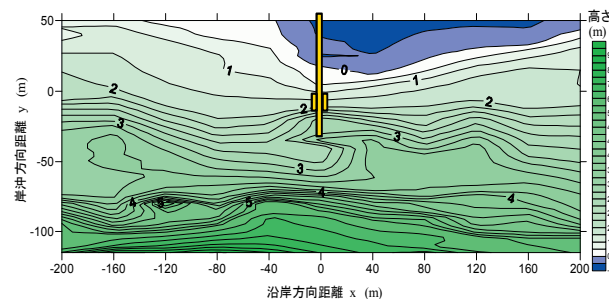


図-2 地形測量範囲(2011年1月25日測量)

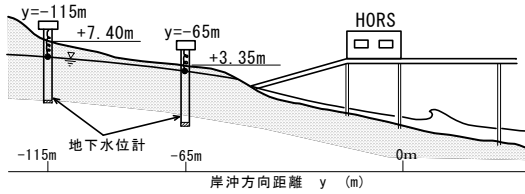


図-3 地下水位計の配置（高さは、D.L.基準）

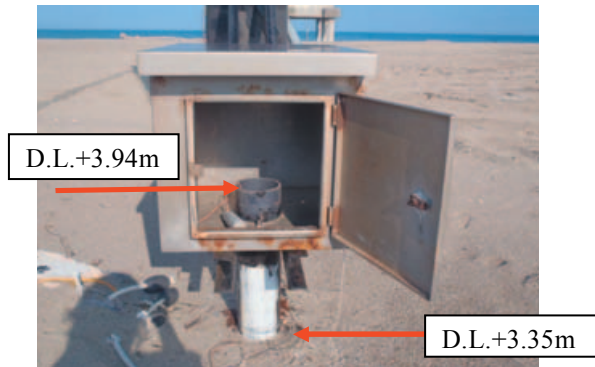


写真-1 観測用井戸



写真-2 後浜に残る遡上痕跡（2011年3月12日撮影）

地点で、2011年3月15日に採取した。試料は、各地点とも地表面から5cm毎に、約1mの深さまで採取した。また、津波の遡上で巻き上げられ、砂丘近くの高床式建物の床下倉庫内に運ばれ堆積した底質を採取した。

粒度分析は、試料の水洗い乾燥後、自動砂フルイ装置（ロボットシフターRPS-205）によって行った。

2.3 津波波形

津波遡上波形の測定には、図-3に示す、HORSの後浜の2カ所に設置した地下水位・水温計（圧力式ダイバー水位計、サンプリング間隔=10分）を用いた。海側の地下水位は、 $y=-65\text{m}$ の位置（写真-1参照、地盤高

D.L.+3.35m）に塩ビパイプ（ $\phi 125\text{mm}$ 、長さ5m、D.L.+1.2m以深は、ストレーナー構造、下端フィルター付）を砂浜に打ち込み、パイプ内の底部に設置した水位計で測定している。もう1台の地下水位計は、砂丘近く（ $y=-115\text{m}$ 、地盤高D.L.+7.40m）に、塩ビパイプ（ $\phi 50\text{mm}$ 、長さ8m、ストレーナー構造は無く、下端にフィルター付）を打ち込み、その中に設置してある。

津波遡上時の地下水位と地下水温の変化状況を確認するために、2012年2月20日に海水40Lを観測井戸に注水し、1分間隔で井戸内の地下水位・水温を測定した。

2.4 津波高さ、遡上波向き、遡上痕跡

津波高さ、津波の遡上波向きは、観測栈橋および砂丘付近の建物周辺に残された痕跡から推定した。遡上痕跡は、GPS測量器を用い、3月14日午前中に、位置と高さを測定した。遡上痕跡の判断は、漂着ゴミの陸側端であること、津波の遡上湿潤ともない、砂の色合いが異なっていること（写真-2）の2点を基準にした。

2.5 地盤沈下

HORSにおける地盤沈下量は、水面波形、風速、大気圧データを用いて、風時の栈橋先端の平均水位を求め、過去の平均水位と比較して求めた。

水面波形は、観測栈橋先端に取り付けた空中発射式超音波波高計により、風速は、観測栈橋先端のD.L.+10mの位置に取り付けたコーシンペーン式風向・風速計により、大気圧は、観測栈橋上の建物内に設置した気圧計により測定している。風速は、正時前10分間の平均値を計算し、水位、大気圧は、1時間毎に正時をはさむ20分間のデータの平均を求め、有義波高は、同上データから計算している。

さらに、地震による地盤の変動を精密に測定するために、2011年3月28日に、GPS測量器（Trimble 5800）によるスタティック測量を、砂丘近くの建物屋上にある基準点1について行った。観測時間は、2時間であり、計算の際の比較電子基準点は、茨城鹿島、銚子、干潟の3地点である。

3. 地形変化

3.1 地形変化の概要

図-4は、栈橋に沿う測線（ $x=0\text{m}$ ）の断面地形変化を示している。津波の遡上による断面地形変化は少ない。津波遡上前に地盤高が部分的に高くなっていた範囲は侵食され、逆に低くなっていた範囲は堆積しており、その

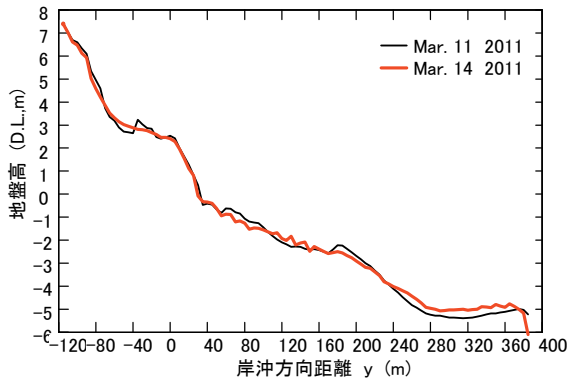


図-4 栈橋に沿う測線(x=0m)の断面地形変化

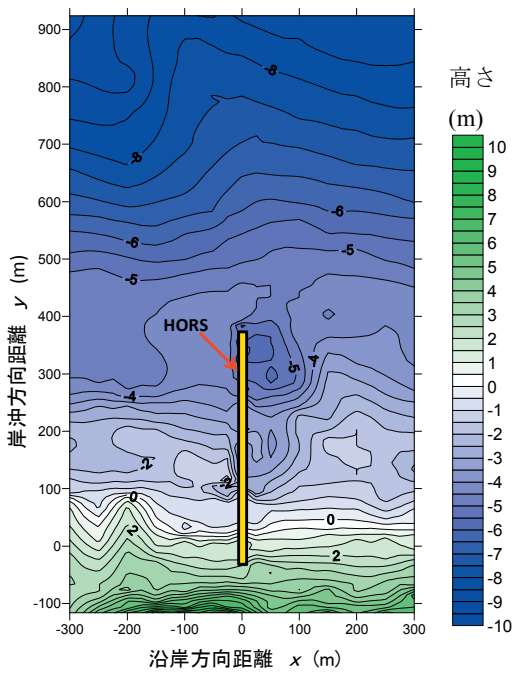


図-5 深浅測量図 (2011年1月8日測量)

結果として均された断面形状になっている。

地形変化が大きいのは栈橋先端で、地盤高は、津波によって0.88m低下した。これは、栈橋先端部を支えるためφ900mmの鋼管杭が3m間隔で三角形に3本打込まれており、杭周辺に局所洗掘が生じたものと考えられる。

次いで、y=240m地点から先端までの間で、一様に0.3m程度の堆積が生じている。

HORS先端で観測された有義波高は、3月11日～14日の間1m以下であった。銚子において、平均風速10m/sの風が3月11日18時から3時間吹いたもののそれ以外風速は、7m/s以下であった。従って、この期間に波浪による地形変化は、あまり生じなかったと考えられる。

図-5に示す、2011年1月に実施した深浅測量結果を確認すると、図-4のy=240m地点から栈橋先端までを含み栈橋の銚子側にまでおよぶ窪みが出来ていた。すなわち、もともと窪んでいた範囲へ津波によって砂が運ばれ堆積したため、地盤高は高くなったものと考えられる。

今までの調査で、荒天時に侵食が生じた前浜(y=-55～40m)は、バーム頂部分が僅かに侵食されたものの、変化は小さい。この原因については、7章で述べる。

通常は波が遡上しない後浜(D.L.+3.5m以上)の地形が、津波の遡上によって変化している。このため、調査

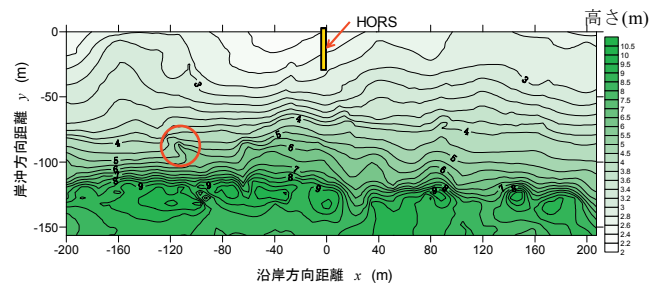


図-6 2011年3月14日の地形図 (赤○は、尾根状の地形)

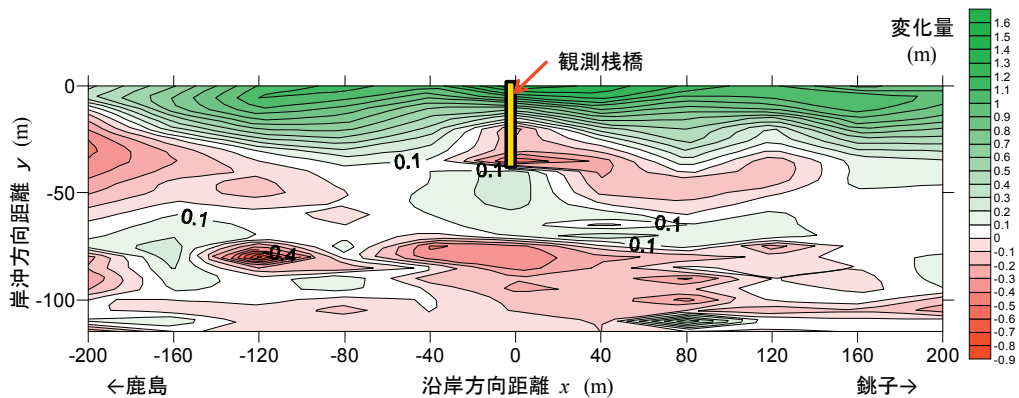


図-7 地形変化量の空間分布 (2011年1月25日～2011年3月14日)

対象範囲の後浜 ($y=-55\sim-150\text{m}$) 地形変化を検討する。

図-6 は、3月14日の地形を示している。図-2 に示した1月25日の地形に比べ、+3m以上の等高線が海岸線と概ね平行になっている。

図-7 は、1月25日(図-2)から3月14日(図-6)までの地形変化量の空間分布を示している。図中において、測量沖側限界の $y=0\text{m}$ より陸側では、陸方向に20~50mの堆積域が広がっているが、後述の理由によりこの変化は津波によって生じたものではないと考えられるため、 $y=-55\text{m}$ より陸側の後浜の変化に注目する。

図中に緑色で示す堆積は、 $x=-160\text{m}$ 、 $y=-75\text{m}$ 付近と、 $x=0\text{m}$ 、 $y=-50\text{m}$ から $x=120\text{m}$ 、 $y=-70\text{m}$ へと伸びる帯状の範囲に生じ、それ以外の範囲はほとんど侵食している。堆積が生じた分布域は、図-2において、窪んだ地形となっていた範囲に一致する。

赤色で示す侵食は、主として $y=-60\text{m}$ よりも陸側に分布し、侵食量は、観測栈橋の鹿島側で多く、特に $x=-120\text{m}$ 、 $y=-80\text{m}$ 付近で最大になっている。

図-8 は、栈橋に沿う $x=0\text{m}$ 測線の1月25日から3月14日までの断面地形変化を示している。 $y=-20\text{m}$ より海側の前浜において、3月11日までの間に堆積が進行している事が分かる。一方、 $y=-20\text{m}$ より陸側の地形は、1月25日から3月11日までの期間で全く変化していない。さらに、栈橋に沿う測線ばかりでなく、地形測量対象範囲の前浜は、全ての測線において $y=-20\text{m}$ より海側で、堆積が生じていたことが目視観察、および、写真記録(写真-3、4参照)から推察される。

3.2 測線毎の断面地形変化

図-9 は、津波遡上前後の測線毎の断面地形の変化を示している。図中の青線は、1月25日に測定した全測線の地盤高の平均(平均断面地形)を示している。平均断面地形に比べ、もともと堆積していた範囲に侵食が、凹んでいた範囲に堆積が、生じている。侵食が生じた最高地点は、 $x=0\text{m}$ 測線のD.L.+7.01m地点であり、この高さは、砂丘頂部よりも低かった。

後浜の侵食は、前述したように、観測栈橋の銚子側($x>0\text{m}$ の範囲)で少なく、鹿島側($x<0\text{m}$ の範囲)が多い。これは、鹿島側の断面は、銚子側に比べ、津波来襲前の後浜の地盤高が高くなっていたからである。特に、 $x=-120\text{m}$ 測線の $y=-80\text{m}$ 付近にあった尾根状の地形が侵食され、地盤高は0.83m低下した。しかし、侵食は生じたものの、依然としてその尾根状の地形は、残っている(写真-5、図-6中赤○参照)。

加藤・柳嶋(1992)によると、底質の中央粒径が0.18mm

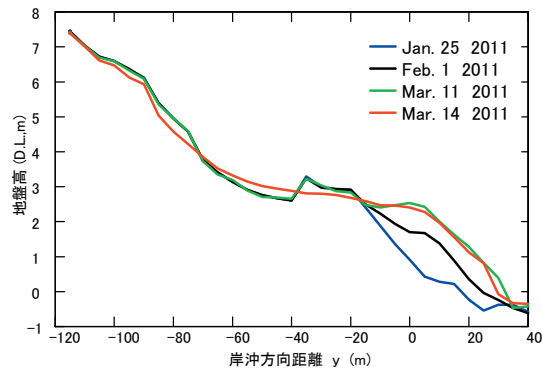


図-8 $x=0\text{m}$ 断面の地形変化(1月25日~3月14日)

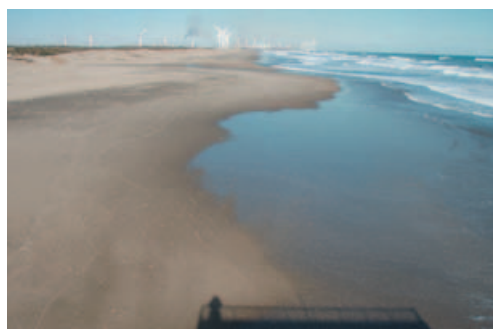


写真-3 HORSの鹿島側の海岸
(2011年1月21日撮影, 潮位 D.L.+0.83m)



写真-4 HORSの鹿島側の海岸
(2011年3月7日撮影, 潮位 D.L.+0.30m)

の波崎海岸で荒天時に生じる急激な前浜の侵食は、(1)長周期波がバームを越えて浜の高い位置まで遡上し、(2)滞水した海水が浜に浸透して地下水水位が上昇し、(3)さらに海水が前浜から浸出するところが侵食を受ける、という連鎖が繰り返されて進行し、最終的に $x=-80\text{m}$ の断面のような指数関数的な形状になることが、これまでの観

測（加藤・柳嶋（1989），柳嶋（2012））で明らかになっている。一方，今回の津波による地形変化は生じが， $x=-200, -120m, -40m, 0m$ 測線の断面は，後浜のこぶ状の地形が全て侵食されるまでには至っていない。

沿岸方向 40m 毎の測線データを用い，沿岸方向 400m の範囲における，干潮時汀線よりも高い範囲の津波の遡上による地形変化量を計算したところ， $1072m^3$ の侵食で

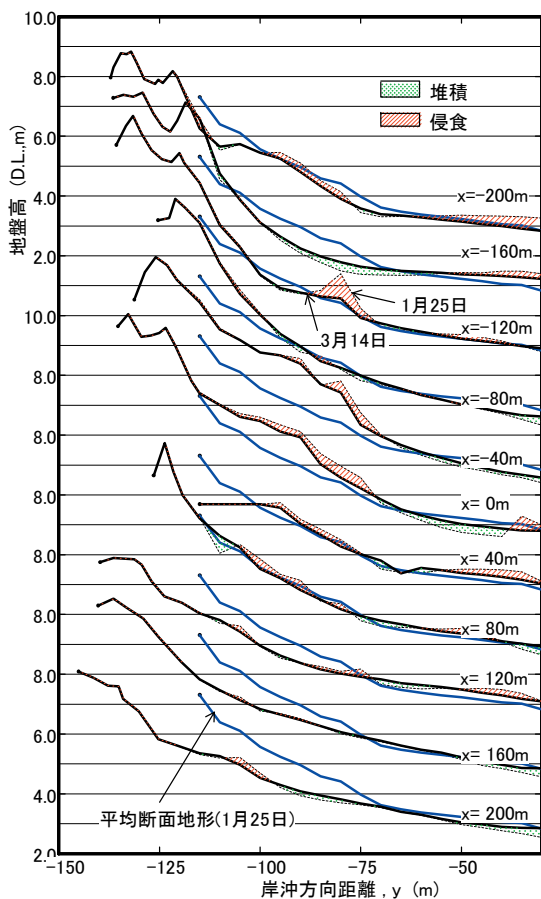


図-9 津波遡上前後での断面地形変化



写真-5 侵食されても残る尾根状の地形
($x=-120m, y=-80m$ 地点)

あった。この侵食量は，既往最大の後浜の侵食が生じた2006年10月の低気圧通過の際の侵食量（ $22,189m^3$ ，最大遡上高D.L.+5.3m，柳嶋2012）の約1/13である。侵食量が少ないのは，図-9に示したとおり，HORS銚子側の測線の津波遡上前の後浜の地盤高が鹿島側に比べ低かったことが要因の一つと考えられる。地形変化量と波のエネルギーの関係，および，津波による地形変化が少なかったその他の要因については，7章で述べる。

4. 底質粒径の変化

4.1 底質粒径の空間分布

写真-6は，津波遡上端付近の後浜を撮影したものである。水色点線は，遡上痕跡を連ねた位置を示し，遡上痕跡よりも陸側の後浜には，粗い砂で構成された風紋が残っている。赤い線よりも海側の後浜の表面は，黒みをおび，細かな砂が露出している。この範囲は，津波の遡上により侵食されたことが分かる。このため，赤い線の連なりを侵食限

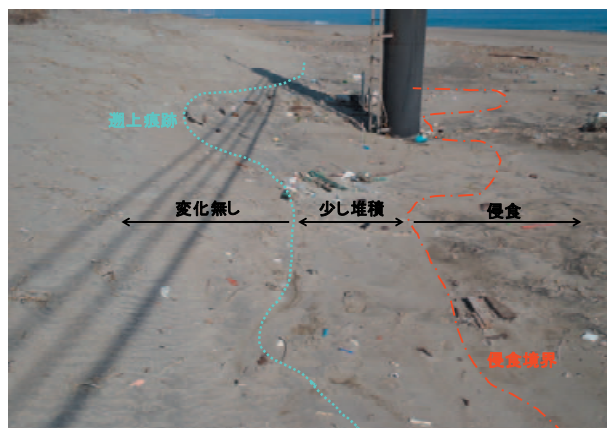


写真-6 遡上痕跡付近の砂浜
(3月13日撮影， $x=0m, y=-115m$ 地点)



写真-7 細かな砂の露出 ($x=-120m, y=-80m$ 地点)

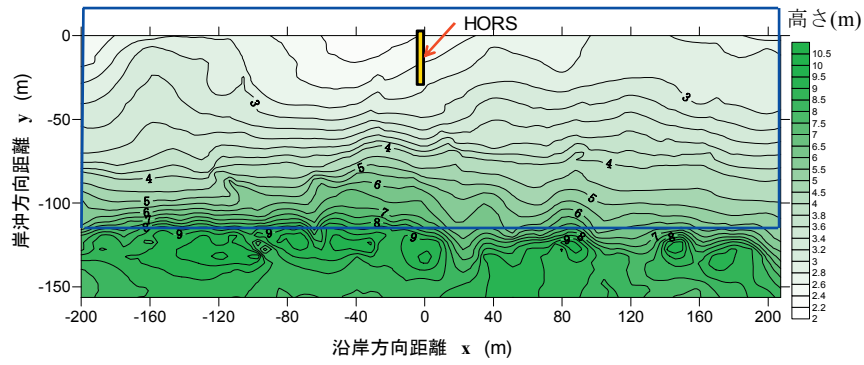


図-10 津波遡上後の地形図 (2011年3月14日, 青囲みは底質採取範囲を示す)

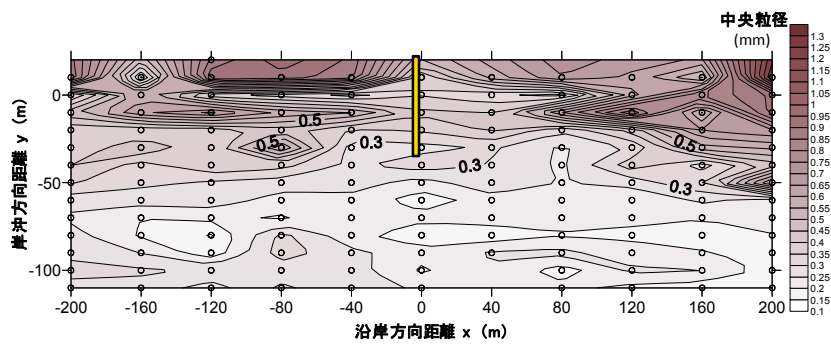


図-11 津波遡上後の中央粒径の空間分布 (2011年3月15日, ○印は底質採取位置)

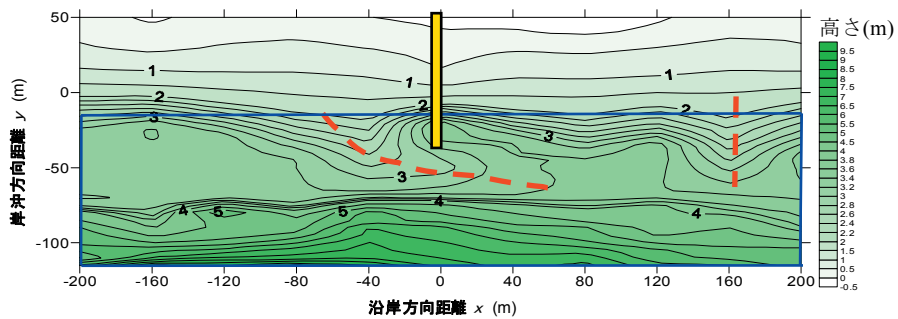


図-12 津波遡上前の底質採取時の地形図 (2010年9月29日, 青囲みは底質採取範囲を示す)

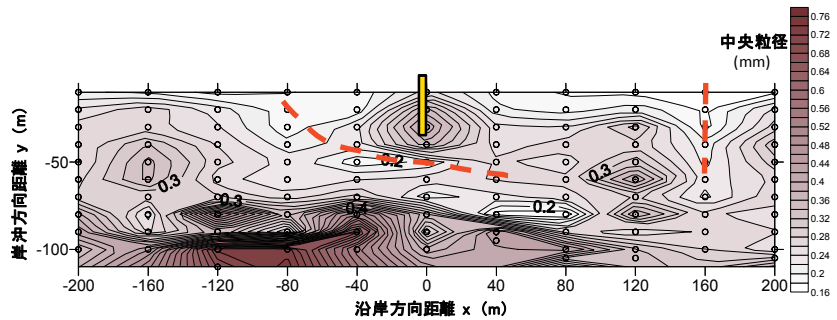


図-13 津波遡上前の中央粒径の空間分 (2010年9月29日, ○印は底質採取位置)

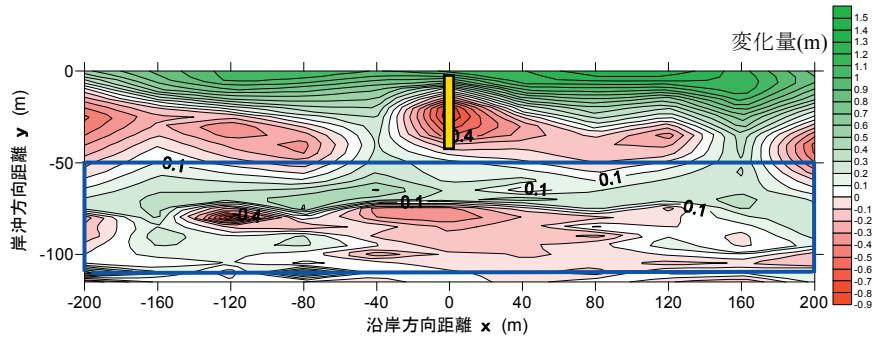


図-14 地形変化量の空間分布（2010年9月29日～2011年3月14日，青囲みは検討対象範囲）

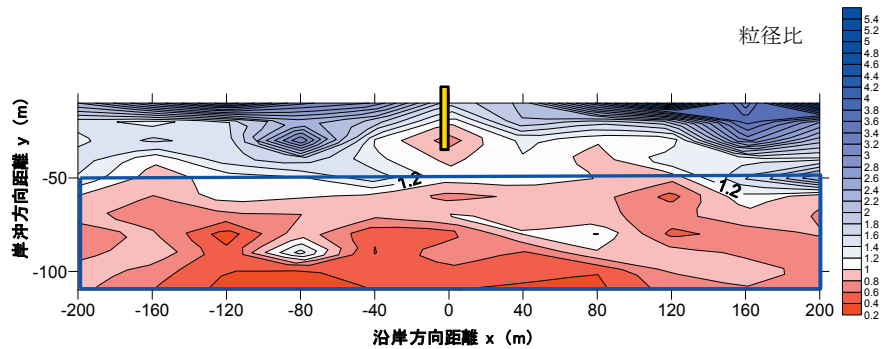


図-15 中央粒径比の空間分布（比=2011年3月15日の中央粒径/2010年9月29日の中央粒径）

界（バームが侵食される際の侵食限界地点，加藤・柳嶋，1992による）と判断した．両者に挟まれた範囲の後浜の砂は明るい色で，風紋はなく，細かな砂で覆われている．このため，津波の遡上にとまらぬ砂浜表面の底質粒径の空間分布特性を検討する．

図-10に，2011年3月14日の地形を再度示し，図-11は，底質中央粒径の空間分布（3月15日採取）を示している．

底質の中央粒径は，海側で粗く（最大1.3mm）陸側に向かって細かく（0.2mm）になっている．粒径が最も細かいのは，写真-5および-7に示した地点の0.15mmである．

図-12，13は，比較のために底質を採取した2010年9月29日の地形と中央粒径の空間分布を示している．

図-12中の赤破線は，窪地を示しており，この範囲の中央粒径は，図-13において，細かく（0.2mm）になっている．

一方，窪地以外の範囲の中央粒径は粗く，特に $x=-200\text{m}$ ～ 80m の間の砂丘近くで粗く（0.7mm）になっている．

図-13中の後浜に存在する粗い砂は，波で運ばれたのではなく，波崎海岸の卓越風向である，NE～N方向からの強風（台風，低気圧通過時の）によって，前浜から運ばれたものである．なぜならば，粗い砂の存在する後浜の地盤高は，D.L.+4.0m以上であり，波の遡上がこの位置

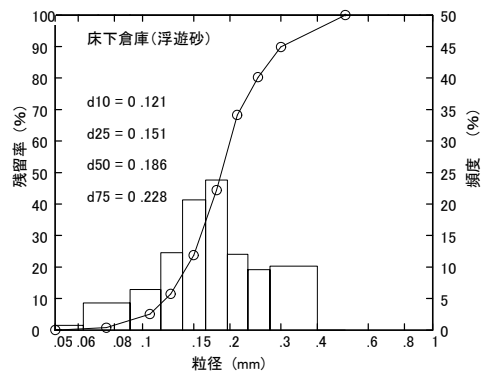


図-16 津波によって浮遊した砂の粒度分布

まで及ばなかったからである．

2010年9月29日に存在した窪地は，2011年3月11日までに堆積が生じ消滅した．このため，地形変化がほとんど生じなかった $y=-50\text{m}$ よりも陸側の後浜に注目し検討する．

図-14は，2010年9月29日から2011年3月14日までの地形変化量を，図-15は，2010年9月29日から2011年3月15日までの中央粒径の比を示している．ここで比は，後者の中央粒径を前者の中央粒径で除した値である．

砂丘に近い、 $y=-110\text{m}\sim y=-70\text{m}$ の範囲は、津波の遡上により概ね侵食されており、底質の中央粒径比は、0.8以下で、津波遡上後に粒径が細かくなっている。これは、後浜が侵食され、もともと下層にあった細かな砂が露出したためと考えられる。

一方、 $y=-70\text{m}\sim y=-50\text{m}$ の範囲は、堆積が生じ、中央粒径比は0.8程度で粒径が少し細かくなっている。

図-16は、砂丘近くの建物の床下倉庫内に残された津波によって巻き上げられた浮遊砂(写真-17参照)の粒度分析結果を示しており、中央粒径は、0.19mmで細かい。

すなわち、後浜の砂(表面は粗く、その下層は細かい)は、初期の津波によって海側の窪んでいる場所(図-14中の堆積範囲)に運ばれ、粗い砂がまず下層に堆積し、その後で浮遊砂を含む後浜の砂が上層に堆積したと考えられる。このため、 $y=-70\text{m}\sim y=-50\text{m}$ の範囲の表面の中央粒径は、9月29日に比べ細かくなったものと考えられる。

4.2 底質粒径の鉛直分布

図-17は、観測井戸のある測線 $x=0\text{m}$ において、2010年9月30日に調査した底質中央粒径の鉛直分布を示している。図中には、9月24日の断面地形を点線で示しており、24日から27日の間の台風の通過に伴って、太線で示すように $y=-25\text{m}$ よりも海側のバームが侵食され、その範囲の砂が $y=-65\text{m}\sim y=-25\text{m}$ の間の凹んでいた範囲に運ばれ堆積したと考えられる。海側の $y=-20\text{m}$ 地点の底質中央粒径は、表面が0.4mmであり、深くなるほど粒径は粗くなり、深さ1mの地点では3mmを越えている。

堆積が生じた範囲 $y=-60\text{m}\sim y=-25\text{m}$ の底質の中央粒径は、堆積部分が0.3mm以上で、これは、海側の粗い砂が運ばれたためと考えられる。 $y=-40\text{m}$ 地点の地形変化が生じなかった深さ0.25mから1mの中央粒径は、0.3~0.5mmであり、深さ1m以上では0.2mmと細かくなっている。 $y=-60\text{m}$ 地点の地形変化が生じなかった深さの中央粒径は、0.18mmと細かい。

このように、津波前のバームを構成する部分は全て粗い砂から成り、観測井戸のある位置でも、砂浜表面から深さ0.4mの範囲は、粗い砂で構成されていることが分かる。

図-18は、測線 $x=0\text{m}$ において、2011年3月15日に調査した底質中央粒径の鉛直分布と断面地形を示している。陸側の $y=-70\text{m}$ 地点の底質の中央粒径は、津波によって堆積した表面部分で0.2~0.25mmとやや粗く、それよりも深くなると0.18mm以下と細かい。海側の $y=-50\text{m}$ 地点の底質の中央粒径は、堆積部分の下層が0.5mmと粗いが、それよりも上層、下層とも0.2~0.3mmとやや粗

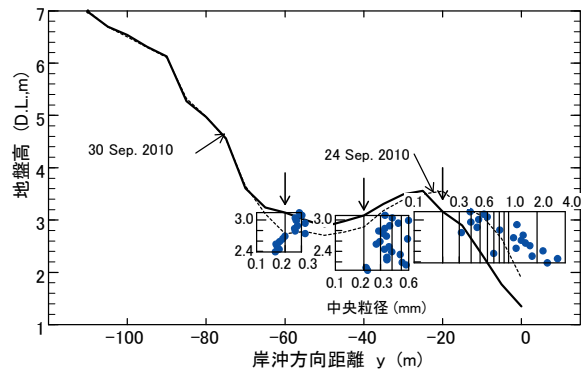


図-17 底質中央粒径の鉛直分布 (2010年9月30日採取)

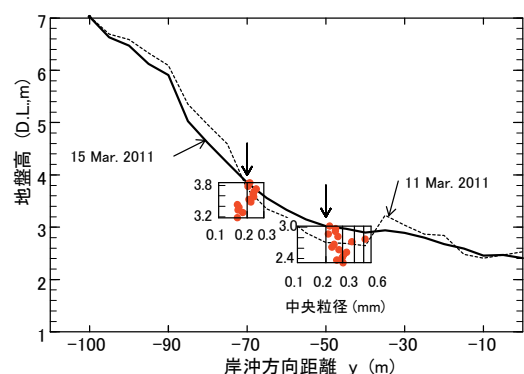


図-18 底質中央粒径の鉛直分布 (2011年3月15日採取)

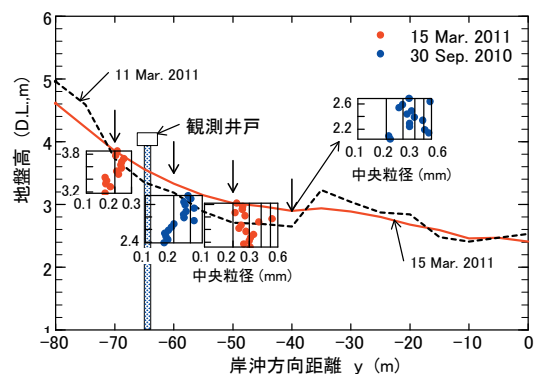


図-19 底質中央粒径の鉛直分布と断面地形

くなっている。

図-19は、図-17と図-18に示した底質の中央粒径の鉛直分布を重ねて示したものである。なお、2010年9月30日のデータの内、2010年9月30日から2011年3月11日までの間に侵食された部分のデータは除外し、地形が変化していない部分の底質はそのまま残っていると考え、

示してある。

前述のとおり、観測井戸付近から海側の広範囲に渡って、砂浜表面付近は、粗い砂で構成されている。

5. 波崎海岸での津波の遡上

5.1 津波波形

図-20は、地下水位計による津波遡上波形記録を示している。図中には、 $y=-65\text{m}$ 地点の地盤高と観測井戸の上端高を破線で示してある。なお、地盤高よりも低い時の水位は地下水位を、高い時は、津波遡上水位を現している。

津波遡上の状況は、汀線に近い $y=-65\text{m}$ の水位計データ(○印)に明瞭に現れている。

汀線に近い $y=-65\text{m}$ 地点の津波の第1波は、地震発生(3月11日、14時46分)から54分後の15時40分に遡上し、水位は最大(+4.54m)になっている。津波の第1波遡上後の地下水位が地震前の地下水位よりも0.2m低下していることから、引き波により海岸の水位は、大きく低下したことがうかがえる。その後、津波は、3月12日5時までの間に、30分間隔で8回、その後、6時間後に1回記録されている。

汀線に近い $y=-65\text{m}$ 地点の第1, 2, 3, 6波で示す遡上の際には、水位の上昇・降下が急激に生じている。第3波目以降、地下水位は、ゆっくりと上昇し、第7波目の津波遡上後、D.L.+2.85mまで上昇した(上昇量=0.7m)が、この地点の地盤高までは達していない。

砂丘近くの $y=-115\text{m}$ 地点の地下水位(△印)は、ゆっくり上昇(21時間で0.3m)しており、津波の遡上に対応した水位の上昇および降下が見られず、3月11日12時から12日6時まで単調に増加している。この原因は、 $y=-115\text{m}$ 地点を越えて陸側に遡上した津波の回数が少なく、数回の遡上と浜からの海水の浸透によって水位変化が生じたためと考えられる。

図-21は、銚子漁港で観測(サンプリング間隔=5分)されたリアルタイム検潮データを緑線で、銚子漁港の天文潮位を黒線で、 $y=-65\text{m}$ 地点の津波波形を青線で示したものである。なお、銚子漁港の検潮所は、写真-8に示すとおり、防波堤に囲まれた港内に位置している。

銚子漁港における津波高は、15時40分に2.02m(この時の潮位=D.L.+2.67m)で最大になっている。ただし、潮位の最大値は、17時25分に生じ、D.L.+2.94mであった。

銚子漁港の潮位記録は、HORSにおける遡上波形とほぼ同位相で変動しているが、HORSの波形よりも常に低くなっている。この原因は、HORSにおける津波波形は、浅海域の地形の影響を受け、高くなったためと考えられる。

一方、銚子漁港の潮位記録には存在する津波の遡上(図

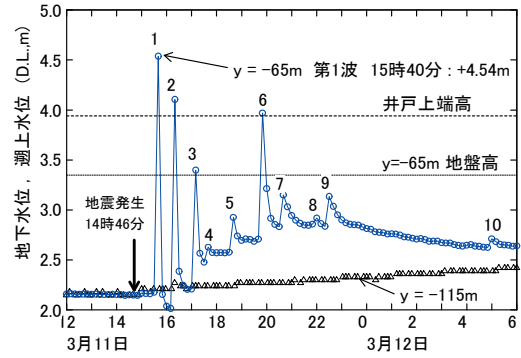


図-20 津波遡上波形

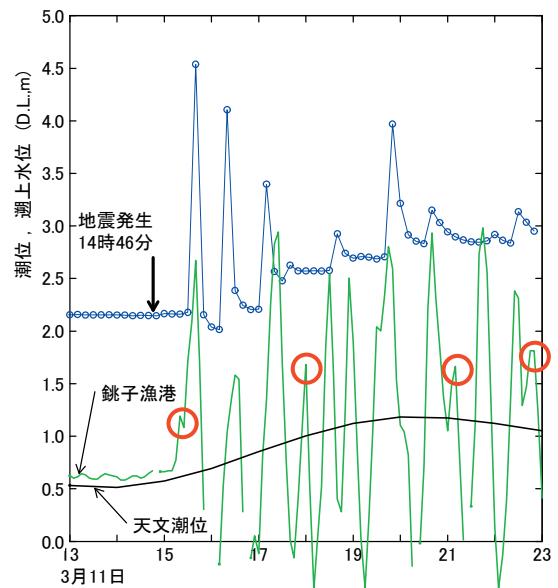


図-21 津波遡上波形と銚子漁港の潮位記録



写真-8 銚子漁港検潮所

-21中赤丸)が、HORSの遡上波形には現れていない場合がある。この原因は、津波の遡上高が低く、HORSの地下水位観測地点まで津波が到達しなかったためと考えられる。

図-22は、津波遡上波形(青線)と地下水温(赤線)記録を示している。図中には、地盤高と井戸上端高を点線で、海水温(汀線から175m海側、D.L.-1mの位置で、サーミスター式水温計により、1時間毎に20分計測し、その平均を計算)を太点線で示した。なお、11日15時から13日8時までの間の海水温データは、停電により欠測した。このため、3月9日から11日までの銚子における気温とHORSにおける海水温の日変化は0.5℃以内であることを確認し(付録E参照)、図には11日14時の海水温を示した。

地震発生前の地下水温は、15.2℃であり、第①波目の津波の遡上により、遡上水位が急激に上昇するとともに、地下水温が急激に低下し、緑線で示す海水温(9.3℃)とほぼ同じになっている。同様に、第②、③、⑤、⑥波目の津波の遡上に伴い地下水温は、低下している。

図-23は、観測井戸内に海水を試験的に注入した際の地下水位と地下水温の変化を示している。図中には、注水した海水温(8.7℃)を太点線で示してあり、注水前の地下水温(15℃)とともに、図-22に示した津波遡上時とほぼ同じ条件である。地下水位は、20L入りのポリタンク2個の海水を井戸上端から連続注水したことに応答し、約2分で0.95m上昇し、その3分後には、注水前の水位に戻っている。

地下水温は、海水の注水とともに11℃まで低下し、その後、ゆっくりと上昇しており、図-22に示した津波遡上時の地下水温の低下、その後の上昇の時間変化と調和的である。

以上の結果から、第①、②、③、⑤、⑥波目の津波の遡上の際は、観測井戸上端(+3.94m)から海水が直接観測井戸内に入ったため、遡上水位が急激に上昇するとともに、地下水温が急激に低下したことが分かる。ただし、⑤波目の津波遡上の際の地下水温は、海水温と同一までは低下していないことから、この時の津波高は、井戸上端高を僅かに越えた程度であったと推察される。

一方、第4、7、8、9、10波目の津波遡上の際、地下水温は上昇している。これは、遡上した津波が、砂浜表面から海水温よりも温度の高い砂層(地下水温と同じ15℃)を浸透し、井戸内に到達したためと考えられる。第4、7、8、9、10波目の地下水位の上昇量が少ないことから、これらの時の津波高は、地下水位観測地点の地盤高(+3.35m)を僅かに越える程度であったと考えられる。

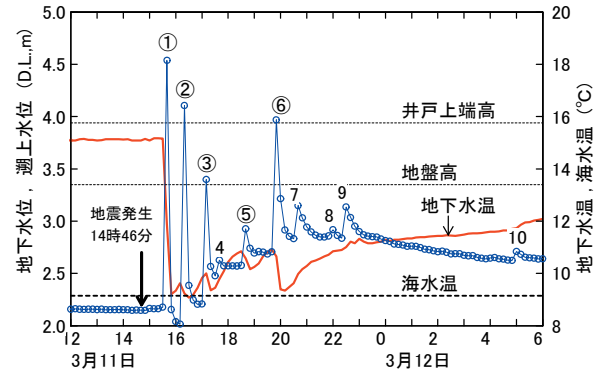


図-22 津波遡上波形と地下水温の変化

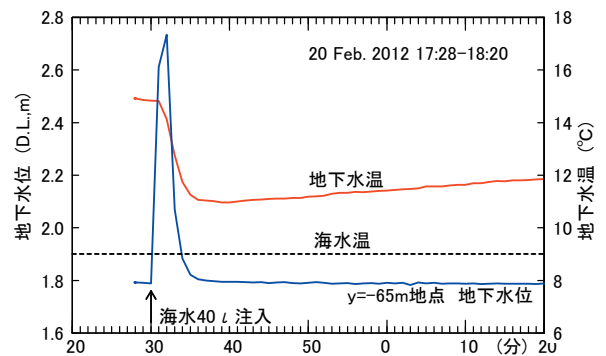


図-23 海水注入による地下水位と地下水温の変化

5.2 津波高

ここでは、通常用いられる津波来襲時の潮位からの痕跡高さではなく、D.L.基準での高さを示す。

砂丘近くにある建物に付帯するスロープのフェンス格子にゴミ(図-24上段参照、写真-9)が残されており、この高さは、D.L.+7.39mであった。

観測栈橋の建物間の通路に設置されていた高さD.L.+6.87mのマンホール(図-24上段参照、写真-10)の蓋が外れていた(厚さ6mmの鉄製の止め金具2個が曲がったため、蓋が外れた)。つぎに、マンホールよりも海側の栈橋通路の鹿島側端に置いてあったケーブル、パイプ等が銚子側に少し移動していたことから、この付近の津波高は、D.L.+6.87m程度と考えられる。

以上の痕跡による津波高から、HORSの前浜から後浜の範囲において、遡上した津波の高さは、図-22に示した津波波形の最大水位をはるかに越えていたことが分かる。

5.3 津波遡上波向き

HORS周辺に残された痕跡から、波崎海岸における津

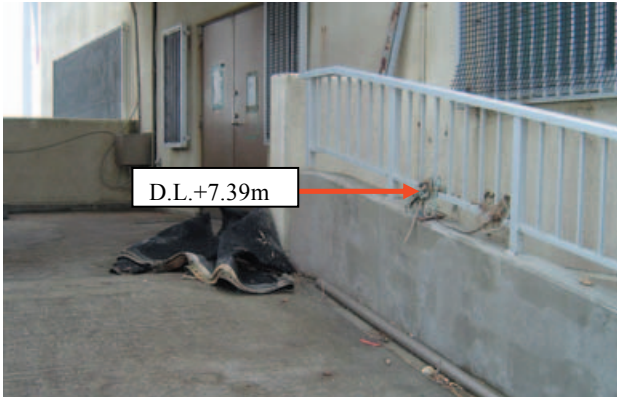


写真-9 砂丘近くの建物に残されたゴミの痕跡

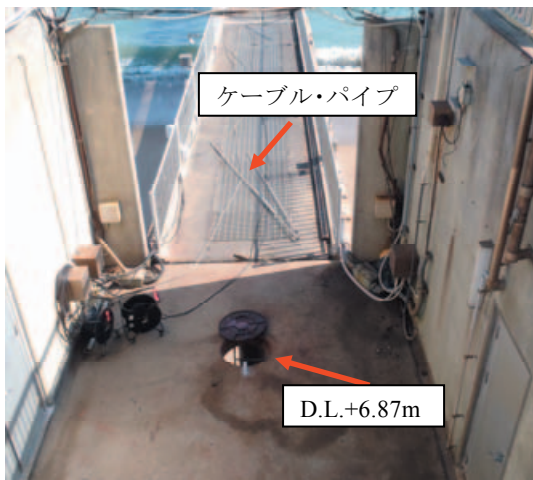


写真-10 蓋が外れたマンホール

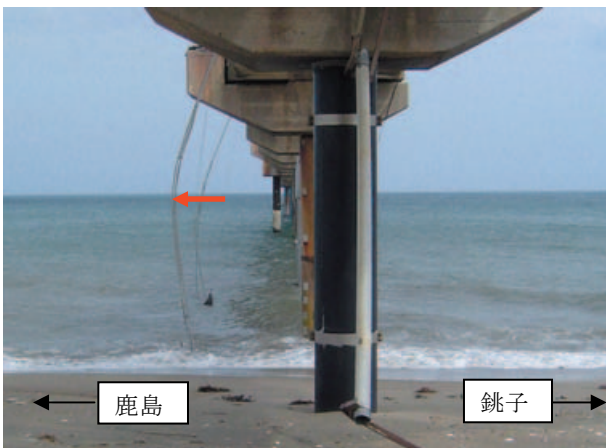


写真-11 鹿島側に曲がった架台

波の遡上波向きを検討した。

a) 東からの津波と考えられる痕跡



写真-12 銚子側に移動した流木

観測栈橋へと続く斜路フェンスの内、砂面に近い位置に設置されていた部分が倒壊し、フェンスの残骸が観測栈橋の鹿島側、かつ、やや陸側に流されていた。

観測栈橋の汀線付近の鹿島側に設置していた2個の計測器固定用架台（長さ8m、φ25mmのステンレスパイプ製で梯子状）が、中間付近の位置（D.L.+3~4m）で鹿島側に湾曲した（写真-11参照）。

b) 北からの津波と考えられる痕跡

津波遡上前、鹿島側 $x=-120\text{m}$ 付近の後浜（D.L.+3.6m）にあった大きな流木が、津波遡上後に銚子方向（ $x=-60\text{m}$ 、D.L.+4.5m）へ移動していた（写真-12参照）。

このように、波崎海岸においては、津波は東方向および北方向からの2方向から来襲したものと推定できる。

5.4 遡上痕跡

図-24の上段は、津波遡上痕跡の空間分布（●印、地形は、3月14日測量）を、下段は津波遡上高さの沿岸方向分布を示している。上段図に示すように、津波遡上痕跡は、概ね+8mのコンターに沿って分布し、砂丘頂部を越えることはなかった。ただし、風の通り道になり、砂丘頂部の地盤高が低くなっていた2カ所では、砂丘頂部を越えて陸側まで津波は遡上したが、背後地への浸水は生じなかった。

下段図に示すように、最大津波遡上高は、D.L.+10.10mであり、当該地点は、後浜斜面の勾配が周囲よりも急で、小山のような地形になっている（写真-13、 $x=145\text{m}$ ）。全体的には、津波遡上高さは、概ね+7mから+8mの範囲に分布している。上述した地点よりも勾配の緩い後浜が沿岸方向に連続していた。すなわち、津波遡上高さは、リアス式海岸のような地形の場所（凹状地形）ばかりでなく、海側に凸状に飛び出し、かつ後浜勾配が急な地形において、狭い範囲で高くなるのが分かる。

一般的に、波の遡上は海岸の勾配が急なほど高くなる。

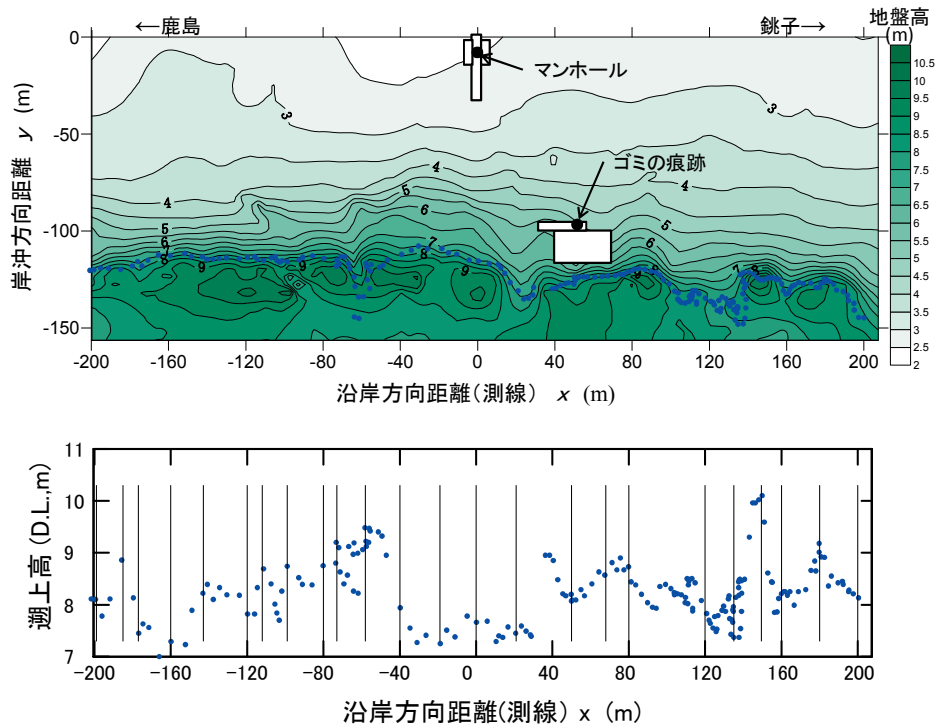


図-24 津波遡上痕跡の空間分布（上段●印，地形は3月14日測量）と遡上高の沿岸方向分布（下段，細線は図-25に使用した測線）

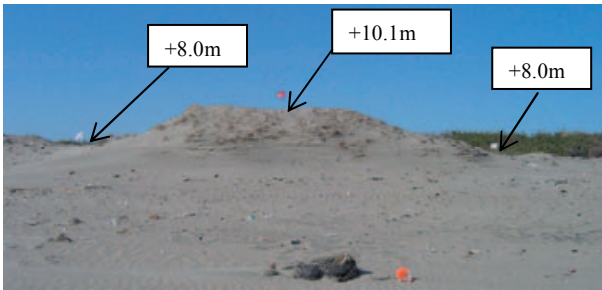


写真-13 最大遡上痕跡付近（数字は D.L. 基準の遡上高）

この事を確認するため、図-24 から 24 測線を抽出し、その測線の津波遡上端付近の後浜勾配（図-24 上段の $y=-120\sim-80\text{m}$ の勾配）と津波遡上高さの関係を調べ、結果を図-25 に示す。ほとんどの津波遡上高さは、後浜勾配に比例し増大する（●印）。しかし、後浜勾配が急にもかかわらず遡上高さが低いデータ（○，◎印）も存在する。このため、地震発生の翌日の 3 月 12 日に撮影された、被災地の衛星写真（震災後、写真-14）を用いて、この原因を検討した。

写真-14 中の口囲みは、測量範囲を、A で示す範囲は、図-25 の○印のデータの遡上痕跡範囲を示している。

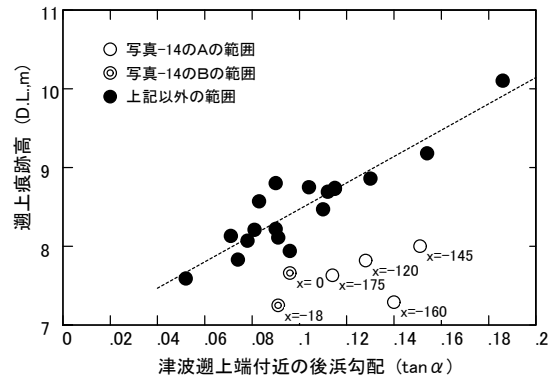


図-25 津波遡上端付近の後浜勾配と遡上痕跡高の関係

A で示した範囲の汀線よりも沖側で波砕が生じている事から、この水域だけ水深が浅かった（汀線から緩い勾配が続く）ことが分かる。写真に写されている砕波の状況から、A で示した範囲の沖側の水域以外の前浜勾配は、急になっていたと考えられる。前述したとおり、3 月 14 日の観測栈橋の汀線付近は、急勾配（ $y=-5\sim 30\text{m}$ の範囲、 $\tan\alpha=0.073$ ）になっていた。

従って、津波高は、汀線付近の急な勾配の影響を受け、まず高くなり、次に、勾配が急な遡上端付近の後浜で、

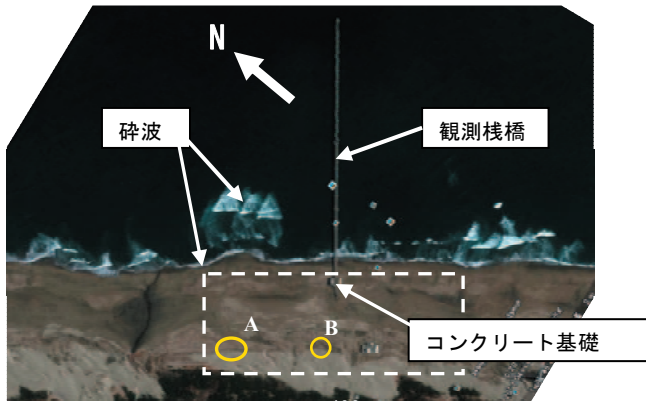


写真-14 被災地の衛星写真（2011年3月12日，google による）

海岸全域にわたり，更に高くなったものと考えられる。○印で示すデータの痕跡高が低いのは，汀線付近の勾配が緩いため，ここでの津波高さの増大が少なかったためと考えられる。

このことは，津波遡上の様子を HORS 背後の砂丘から警戒していた地元住民による，「押し寄せる津波の高さは，一様ではなく，高いところも低いところもあった」という証言と調和的である。

写真-14 中に B で示す範囲は，図-25 における◎印のデータの遡上痕跡範囲を示している。この範囲のやや南寄りの海側には，観測栈橋斜路のコンクリート製基礎部分（長さ 10m，幅 3.3m）と斜路および観測栈橋建物を支える鋼管杭群（φ600mm，14 本）が存在する。◎印で示すデータの遡上痕跡高は，これらの構造物によって，東寄りから遡上した津波が遮蔽されたため低くなったものと考えられる。

6. 地盤沈下

国土地理院（2011）によれば，東北地方太平洋沖地震によって地盤沈下が生じ，2011年4月5日から10日までの観測により，岩手県大船渡市，宮城県東松島市の電子基準点は，それぞれ，0.76m，0.47m 沈下した。このため，HORS における東北地方太平洋沖地震による地盤沈下量を検討した。

HORS において，有義波高 1m 以下，平均風速 3m/s 以下，気圧偏差 5Hps 以下の条件（選定条件と呼ぶ）の下で，栈橋先端の平均水位が天文潮位に一致することが分かっている（加藤ら 1989）。

図-26 は，地震発生前の 2011 年 3 月 9 日から 11 日 14 時までの間で選定条件を満たす栈橋先端平均水位と天文

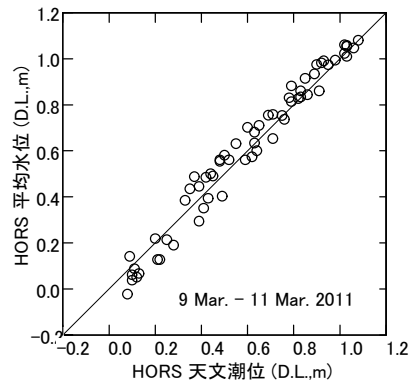


図-26 地震発生直前の平均水位と天文潮位の関係

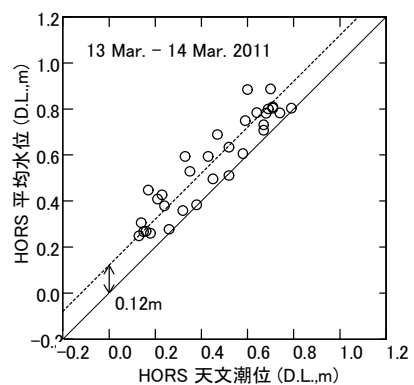


図-27 地震直後の平均水位と天文潮位の関係

表-1 基準点 1 のスタティック測量結果

座標	X (南北)	Y (東西)	Z (高さ)
地震前 (2007/04)	-17326.313	83796.257	10.319
地震後 (2011/03/28)	-17326.359	83796.547	10.242
変位	0.046	0.290	-0.077

潮位との関係を示しており，両者は，1対1の関係を示す直線の廻りに分布している。

図-27 は，地震後の 3 月 13 日から 14 日までの間で選定条件を満たす栈橋先端平均水位と天文潮位との関係を示している。両者の傾きを 1.0 とし，切片を求めると 0.12m であり，この水位の差は，HORS における地盤沈下量を現し，東北地方の地盤沈下量に比べ小さい。

表-1 は，HORS の基準点 1 の精密スタティック測量結果（世界測地系）を示している。ここで，地震前の値は，2007 年 4 月に実施した VRS による GPS 測量結果である。

基準点 1 の地盤高は，2007 年 4 月に比べ 0.077m 低下し，北に 0.046m，東に 0.290m 移動したことが分かる。地盤沈下量は，図-27 に示した地震直後の -0.12m から

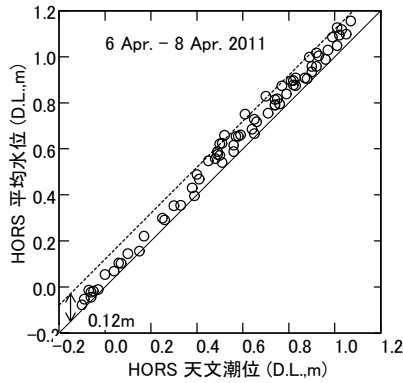


図-28 地震発生1ヶ月後の平均水位と天文潮位の関係

-0.077m に変化したので、0.04m 小さくなっている。

図-28 は、地震から約1ヶ月後の、4月6日から8日までの間で選定条件を満たす栈橋先端平均水位と天文潮位との関係を示している。図中には、図-27 に示した栈橋先端平均水位と天文潮位との差(0.12m)を破線で示してあり、データは、この破線と1対1の関係を示す直線の間分布している。すなわち、地盤沈下量は、地震直後の沈下量の約1/2になっている。

このように、地震によって生じた波崎海岸の地盤沈下は、時間の経過とともに解消されつつあると考えられる。

7. 考察

津波の遡上にもなう地形変化は、津波の遡上・流下の際の流れの向きと流速値に大きく依存すると考えられる。しかし、それらのデータは得ることが出来なかった。

ここでは、波崎海岸に襲った津波の波向きを検討するとともに、干潮時汀線よりも高い範囲で侵食が少なかった原因を、津波の遡上波数と海水の浸透、砂浜の底質粒径、津波遡上高と砂丘頂部高の関係に注目し検討する。

7.1 津波の遡上波向き

波崎海岸に遡上した津波は、東方向からと北方向からの2方向から襲ったことを、5.3項で示した。

信岡ら(2011)は、茨城県北部での津波調査において、「2波目の津波(HORSの第1波)の来襲向きは南から」との回答が多かったと述べている。

波崎海岸に残された、東からの津波と考えられる痕跡は、茨城県北部で得られた、「津波は南から」との証言と同一起源のものと考えられる。

図-29 は、気象庁(2011)が発表した津波来襲時の大洗港と銚子漁港の潮位観測結果を図化したものである。

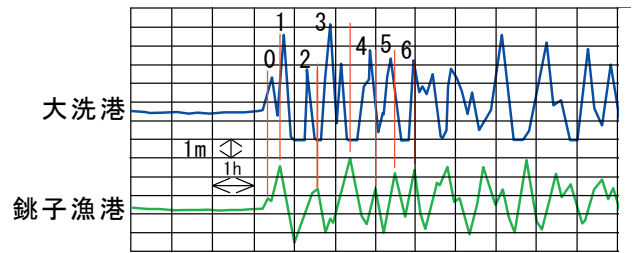


図-29 大洗港と銚子漁港の潮位記録(気象庁, 2011より)



写真-15 大洗港検潮所

図中の数字は、HORSで観測された津波に対応する津波番号を表す。第0波は、大洗、銚子では観測されているが、HORSの地下水位計では観測されなかった津波である。

銚子漁港の津波振幅に比べ大洗港の津波振幅の方が大きくなっている。これは、銚子漁港の検潮所が写真-8に示したとおり、防波堤と利根川導流堤によって囲まれているのに対し、大洗港の検潮所は、写真-15に示すように南側に開かれているためと考えられる。

下園ら(2011)は、大洗と銚子の津波波形は、一定の時間差を考慮すればよく一致しており、個々の波を対応づけることが出来ると述べている。

下園ら(2011)が指摘するとおり、両港の津波のピーク時刻はずれており、数字で示した、0, 1波目の津波波形のピークは、大洗港よりも銚子漁港の方が僅かに早く、2波目以降は、逆に大洗港の方が早くなっている。津波ピークの時間差から、0, 1波目の津波は東方向から襲来し、2波目以降は、北方向から襲来したと考えられる。

第1波は、東方向から襲来したと、5.4項において、東方向からの波に対し、写真-14に示した観測栈橋

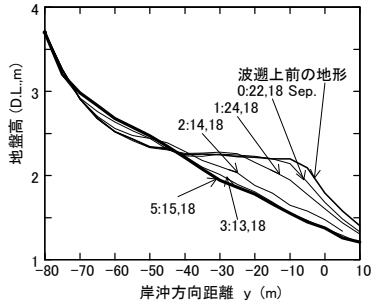


図-30 台風来襲時のバーム侵食例 (1994年9月)

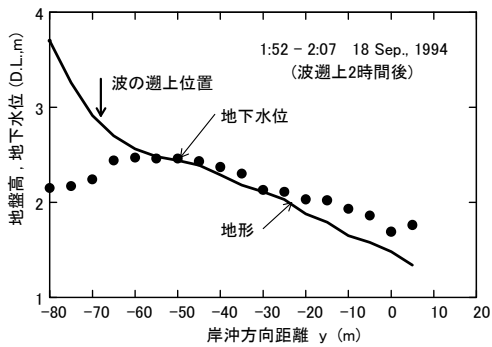


図-31 台風来襲時の断面地形と地下水位の岸沖分布観測例 (1994年9月, 波遡上2時間後)



写真-16 倉庫の外観



写真-17 倉庫内の浸水状況

斜路のコンクリート製基礎部分と斜路および観測栈橋建物を支える鋼管杭群の遮蔽域になった範囲の遡上痕跡が遮蔽域以外よりも低くなっていたことから、波崎海岸において津波高が最も高かったのは、第1波目であったと考えられる。

7.2 津波遡上波数と海水の浸透

荒天時の波の遡上によって、砂浜の地下水位は上昇する。

図-30は、1994年9月に台風24号が来襲した際のバームの侵食状況を示している。バームは、バームを越える波の遡上が始まってから約6時間で、侵食され完全に消滅した。

図-31は、図-30において、波の遡上が始まってから約2時間が経過した後の断面地形 (太実線) と5m間隔で測定した地下水位 (●印) の岸沖分布を示している。

地下水位は、 $y=-50\text{m}$ 付近で最も高くなる上に凸の分布形状になっており、この地点よりも海側の地下水位は、地盤高まで達している。なお、 $y=-20\text{m}$ 付近から海側の地下水位が地盤高よりも高くなっているのは、波による水位上昇が汀線付近で生じ、この範囲の平均水位が高くなっているためである。

一方、図-22に示した津波遡上波形において、第①、②波目の津波の遡上の際、地下水位は急激な上昇の後で、津波遡上前の地下水位に戻っている。このため、今回の津波遡上の際に、地下水位が上昇しなかった要因を検討する。

荒天時の砂浜を観察すると、波の遡上後に砂浜表面の無数の孔から気泡が出ている現象を確認できる。これは、砂中の空気が海水の浸透に伴って大気中に排出されるためと考えられる (柳嶋ら, 2007)。

写真-16は、砂丘近くの高床式建物の1階にある床下倉庫を示している。この倉庫には、矢印で示す通気口 ($\phi 5\text{cm}$) が、地盤から1.7mの位置の海側と陸側の壁にそれぞれ1個ずつ設置されている。

倉庫のある高床式建物の玄関付近に残った津波高痕跡は、前述のとおりD.L.+7.37mであり、倉庫は、最大の津波が遡上した際には、完全に水没した。それにもかかわらず、倉庫内は、写真-17に示すとおり、通気口から海水が噴射的に入ったのみで、倉庫内の床を濡らすまでには至らなかった。

この原因は、津波が短時間で水位を増したため、同一高さに設置された通気口からは倉庫内の空気が排出されず、海水が倉庫内に入りにくかったためと考えられる。

砂浜においても、津波が短時間で遡上痕跡付近まで達し、台風時に生じたような砂中の空気の排出、海水の浸透が生じなかったため、第①、②波目の津波の遡上の際に、地下水位は上昇しなかったものと考えられる。

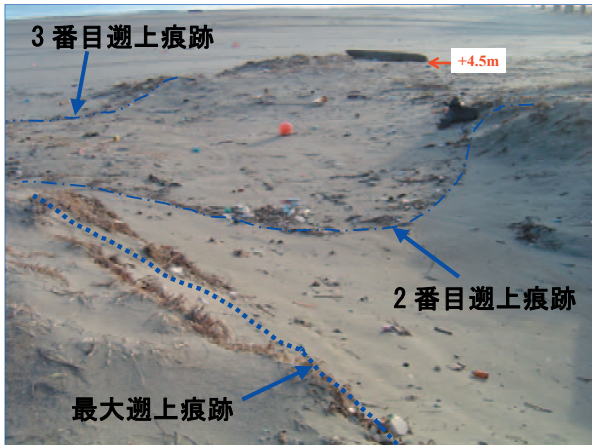


写真-18 後浜に複数残る遡上痕跡

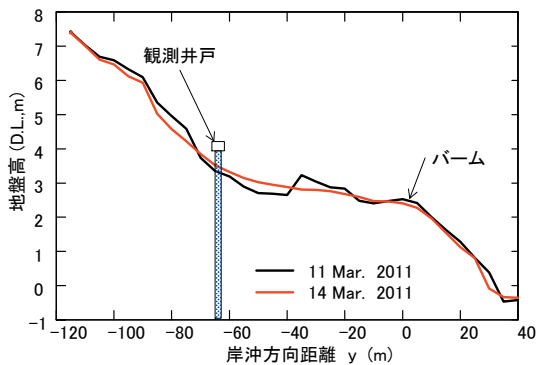


図-32 津波遡上前後の断面地形変化
(干潮時汀線よりも高い範囲)

第③波目以降、地下水位が上昇しているのは、津波高さが第①、②波目より低く、荒天時の波の遡上と同様に、砂中の空気が排出され海水が浸透したためと考えられる。

従って、波崎海岸に遡上した津波のうち、津波高が高かったのは、第①、②波目の2波であったと考えられる。

写真-18は、 $x=-100\text{m}$ 付近の後浜に残った遡上痕跡を示している。遡上痕跡は複数あり、第①波目の津波遡上による痕跡は、点線で示す最大遡上痕跡位置と考えられ、第②波目は、写真中に、2番目遡上痕跡と示した位置と考えられる。3番目の遡上痕跡は、写真中に写っている流木(写真-12に示した)の位置の地盤高(D.L.+4.5m)と同程度と考えられ、2番目の遡上痕跡に比べ低くなっている。

次に、波崎海岸に遡上した津波の内、後浜の地形変化に影響をおよぼした津波の検討を行う。

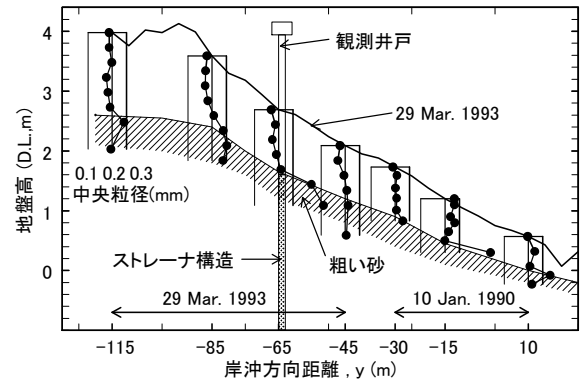


図-33 底質中央粒径の鉛直分布
(1993年3月, 柳嶋ら2003を修正)

来襲した津波の遡上高は、第①、②、③、⑥波目が、 $y=-65\text{m}$ 地点の観測井戸上端(D.L.+3.94m)よりも高かったことを5.1項で示した。

図-32は、干潮時汀線よりも陸側の範囲の、津波遡上前後での断面地形変化を示している。後浜の侵食は、観測井戸上端(D.L.+3.93m)よりも高い範囲(D.L.+4.0m以上)で生じている。すなわち、波崎海岸に遡上した10波の津波の内、後浜のD.L.+4.0mよりも高い範囲の地形変化に影響を及ぼしたのは、第①、②、③、⑥波目の4波のみであったと考えられる。

7.3 海浜の底質粒径とバームの侵食

津波遡上時(図-22)および試験注水時(図-23)とも、上昇した水位は、その後急激に低下している。

図-33は、柳嶋ら(2003)が示した観測栈橋に沿う測線の底質中央粒径の鉛直分布にデータと観測井戸を追加したものである。なお、図中には1993年の断面地形を示しており、図-19に示した現在の地盤高よりも低いことに注意されたい。いずれのポイントにおいても、砂浜表面付近の底質の中央粒径は、0.18mm程度で細かいが、地表面から1~1.5m深い範囲の底質の中央粒径は、0.3mm以上と粗くなっている。観測井戸のある $y=-65\text{m}$ 位置のD.L.+1.6mよりも深い範囲の底質の中央粒径は、0.5mm以上と更に粗くなっている。すなわち、前浜から後浜までの地表面から1mよりも深い位置に粗砂層が存在した。図-33に示したデータは、1993年までの調査結果であるが、1993年以降、砂浜が侵食されて粗砂層が露出したことは無かったので、現時点でも底質粒径の鉛直構造は、保存されていると考えられる。

海側の $y=-65\text{m}$ 位置の観測井戸のD.L.+1.2m以深は、ストレーナ構造になっていることを合わせ考察すると、

水位が急激に低下するのは、井戸のストレーナー構造になっている部分から、D.L.+1.6m よりも深い範囲に存在する粗砂層により、観測井戸内の海水が速やかに排水されるためと考えられる。

津波の遡上の様子を HORS 背後の砂丘から警戒していた地元住民への聞き取り調査の結果、第①波の「引き波の際に、観測栈橋中央にある建物 (y=200m 地点) 付近まで、海底面が露出した」との証言を得ている。図-4 から y=200m 地点の地盤高は、D.L.-2.84m であり、引き波時には、海面が平均干潮面から約 3m 低下したことになる。

第①波目遡上後の y=-65m 地点の地下水位が、地震発生前よりも 0.2m 低下したのは、上記のとおり引き波により海面が大きく低下したためと考えられる。

図-34 に示す津波遡上波形において、第③波目の津波の遡上以降、地下水位は少しずつ上昇している。つぎに、津波が引いた後の地下水位の低下スピードは、一定ではなく、高さ+2.8m までの水位の低下は速く、それよりも低くなると地下水位の低下スピードは、遅くなっている。図中には、津波遡上波形とともに、図-19 を基に観測井戸付近の地表面付近に存在する粗砂層を網掛けで示している。地下水位低下スピードが速い範囲と粗砂層の範囲は一致し、地下水位低下スピードが遅い範囲は、粗砂層の下側（細かい砂層）になっている。

津波が繰り返し遡上したにもかかわらず、地下水位が地表面まで達しなかったのは、砂浜の表面付近に粗砂層が存在し、浸透水の浸出が速やかに行われたためと考えられる。

粗砂層による地下水位変動の他の例として、図-35 に、2010年12月31日から2011年1月3日までの間に、低気圧が通過した際の y=-65m 地点の地下水位の変動を示す。なお、図中には図-34 と同様に、y=-65m 地点の地盤高と粗砂層の位置を示してある。この時、波は地下水位観測地点を越え y=-70m 地点付近まで遡上していた。地下水位が粗砂層の下端位置よりも高くなると、ノコギリの刃状の地下水位の急激な上昇、それに続く降下が生じている。この変化は、図-34 において、津波の遡上の際に生じたと同様な現象と考えられる。地下水位は、波の遡上が頻繁になる満潮時の 31日13時、1日16時、2日の4時および16時に高くなっている。しかしながら、地下水位は、地下水位観測地点の地盤高までは達していない。

図-36 は、上記低気圧が通過した前後の x=0m 測線の断面地形変化を示している。なお、観測栈橋斜路のコンクリート製基礎部分と斜路および観測栈橋建物を支える鋼管杭群によって発生する乱れにより x=0m 測線の断面は、

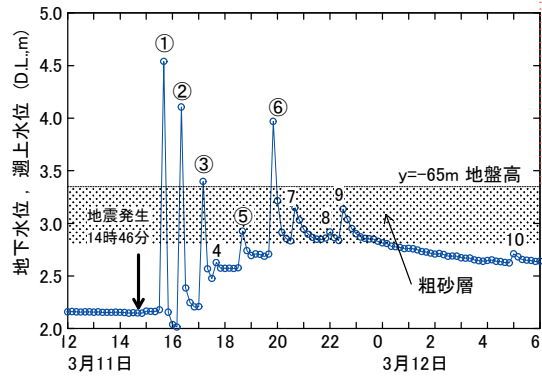


図-34 津波遡上波形と粗砂層 (y=-65m地点)

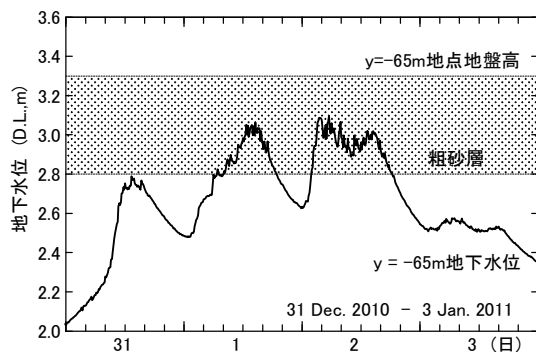


図-35 低気圧通過時の地下水位の変動と粗砂層 (2010年12月31日～2011年1月3日)

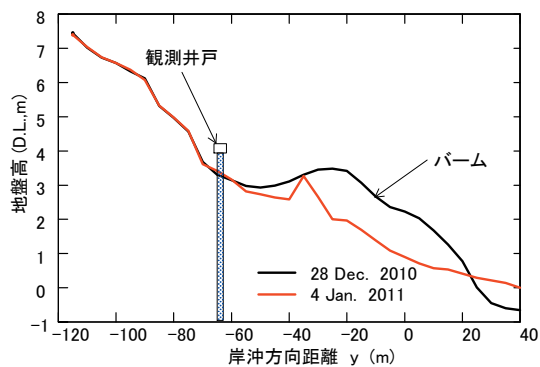


図-36 低気圧通過時の断面地形変化

栈橋から 10m 程離れた位置の断面に比べ、侵食量が多かったことを確認している。

低気圧の通過によりバームの海側が侵食されるものの、バーム頂よりも陸側の侵食は、1994年9月の台風来襲時の際の侵食 (図-30 参照) に比べ少ないことが分かる。

砂浜表面に粗砂層が存在することにより、砂浜内の地

下水位の上昇が、地表面まで達しなかったため、津波の遡上の際はバームがほとんど侵食されず、低気圧通過の際は、バームの侵食が軽減されたものと考えられる。

7.4 津波の遡上高と砂丘頂部の侵食

宮城県、福島県の海岸において、今回の津波によって後浜および汀線付近に大きな海岸侵食が生じた原因は、津波高が高く、津波が後浜の頂部を越えて陸側に侵入し、引き波時に再び後浜頂部を越えて流下したためと考えられる。

図-37は、図-24 下段に示した HORS で得られた 24 測線の遡上痕跡高とその測線の砂丘頂部の高さとの関係を示したものである。砂丘頂部高と遡上痕跡高がほぼ同一のデータが 3 測線あるけれども、ほとんどのデータは、砂丘頂部高よりも遡上痕跡高の方が低くなっている。すなわち、波崎海岸において、津波は砂丘を越えて陸側に侵入することはなかった。

田中ら (2011)、佐藤ら (2011) は、宮城県、福島県における調査から、津波が後浜または海岸構造物を越えて遡上・流下する際に、流れが集中する箇所、海岸侵食が増大したと述べている。

図-38 は、図-37 において、砂丘頂部の高さが最高 (●印, $x=145\text{m}$) および最低 (◎印, $x=120\text{m}$) の測線の断面地形を示している。両測線間の距離は、25m であるにもかかわらず、砂丘頂部の高さの差は約 2m におよぶ。

平成 23 年東北地方太平洋沖地震のマグニチュードが 9 よりも大きいのか、震源の位置が波崎海岸に近く、津波の遡上が今回の津波よりも高ければ、砂丘頂部高の低かった $x=120\text{m}$ 測線付近の砂丘頂部を越え、津波が陸側に侵入し、砂丘頂部は侵食された可能性がある。

波崎海岸における東北地方太平洋沖地震による地盤沈下量は、地震直後に 0.12m であり、岩手県、宮城県の地盤沈下量に比べ小さかった。

波崎海岸においても地盤沈下量が岩手県、宮城県のようになれば、津波が沈下した砂丘頂部を越え (特に砂丘頂部の高さが低い場所)、陸側に進入し、砂丘頂部の侵食が生じた可能性が高い。

7.5 地形変化量と波エネルギーの関係

地形変化量は、来襲する波のエネルギーと関連があると考えられるので、津波遡上時と低気圧および台風通過時の波エネルギーと地形変化量の関係を調べた。まず、大きな地形変化が生じた事例として、1994 年 9 月の台風 24 号通過時と、2006 年 10 月の低気圧通過時の地形変化と今回の津波による地形変化を比較した。

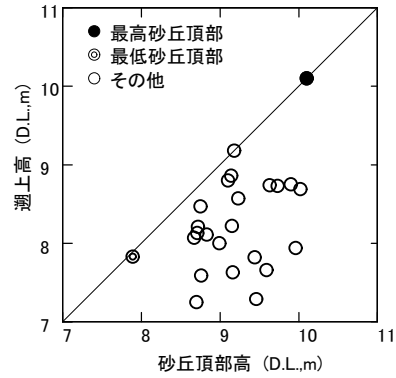


図-37 砂丘頂部高と遡上高の関係

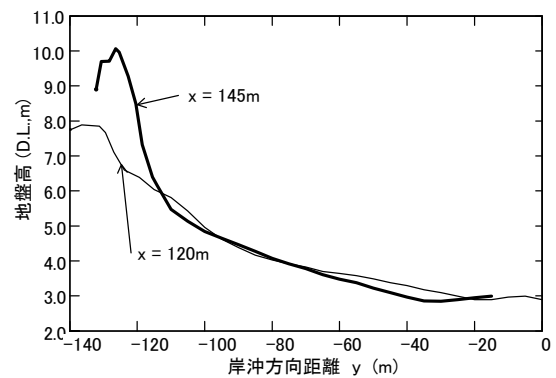


図-38 砂丘形状の比較

表-2 干潮時汀線よりも高い範囲の地形変化量 (単位は、 m^3)

	後浜 ($y=-55\text{m}$ より陸側)	バーム ($y=-55\text{m}$ より海側)	合計変化量
1994年9月 台風24号	+1108	-8158	-7050
2006年10月 低気圧	-5504	-16685	-22189
2011年3月 津波	-352	-1350	-1702

低気圧通過時は、2006 年 10 月のデータのうち、地形変化が始まった、10 月 6 日 12 時から地形変化が終了したと考えられる 8 日 12 時までを、台風通過時は、1994 年 9 月の台風 24 号来襲時のデータのうち、9 月 18 日 0 時から 18 日 6 時まで (図-30 参照) を対象とした。

表-2 は、地形変化量を、後浜 ($y=-55\text{m}$ よりも陸側)、バーム ($y=-55\text{m}$ よりも海側) に分け示したものである。

津波による後浜、バーム、後浜およびバームの合計変化量は、既往最大の侵食が生じた 2006 年 10 月の低気圧通過時に比べ、それぞれ約 1/15, 約 1/12, 約 1/13 である。

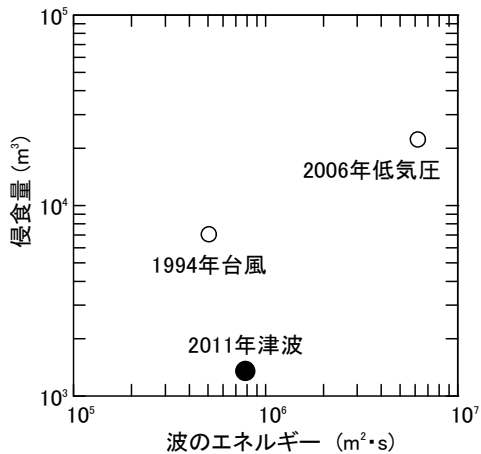


図-39 波のエネルギーと後浜とバームの侵食量との関係

次に、波のエネルギー (E) を式(1)によって計算し、波のエネルギーと地形変化量との関係を調べた。

$$E = nH^2T \quad (1)$$

ここで、 n は波数、 H は有義波高、 T は有義波周期である。低気圧通過時および台風時には、鹿島港において2時間毎に観測された有義波高、有義波周期の波が2時間連続すると仮定し、対象時間の総波エネルギーを計算した。なお、津波エネルギーは、式(1)を準用し計算した。津波の波数は、これまでの検討を基に、第①、②、③、⑥波の4波とした。津波遡上時の波高は、第①、②波を、遡上痕跡高(7.39m)と引き波時の水位(-2.84m)から10.23mとし、第③、⑥波の波高は、その1/2の5.12mとした。周期は、第①波から⑥波までの平均周期を計算し、50分とした。

図-39は、波のエネルギーと後浜とバームの合計侵食量との関係を示している。低気圧通過時と台風時の波のエネルギーの増加に伴って侵食量が増加すると考えると、今回の津波遡上時の侵食量は、低気圧通過時、台風時に比べ、1オーダー小さくなっている。

津波遡上時の侵食量が少ないのは、図-32、表-2に示したとおり、低気圧通過時、台風時に比べ、バームの侵食が少なかったことが原因と考えられる。

8. おわりに

波崎海岸において、平成23年東北地方太平洋沖地震による津波の遡上および地形変化と底質変化について現地調査を行い、開放的な砂浜海岸における特性に注目し検討した。得られた津波の遡上、地形変化に関する特性をまとめると、以下のとおりである。

- (1) 開放的な波崎海岸において、最大津波遡上高さは、D.L.+10.10mにおよび、前浜、後浜共に勾配が急な範囲で高くなる。
- (2) 津波のエネルギーは、2006年10月の低気圧通過時より小さいものの1994年の台風時と同程度であった。
- (3) 砂浜表面の粗砂層により地下水位が地表面まで上昇しなかったため、バームの侵食は上述の低気圧通過時に比べ、約1/12で少なかった。
- (4) 後浜の地形変化に影響を及ぼしたと考えられるのは、波崎海岸に遡上した10波の津波のうち、4波であり津波遡上による後浜の侵食量は、上述の低気圧通過時に比べ、約1/15で少なかった。
- (5) 遡上した津波が砂丘頂部を越え陸側に侵入しなかったため、砂丘頂部の侵食は生じなかった。
- (6) 津波の遡上により、侵食された範囲では下層にあった細かな砂が露出し、堆積した範囲では、浮遊した細かな砂が堆積したため、ともに底質の粒径は、細粒化した。

本研究において、津波の遡上・流下にもなう流れおよび流れによる地形変化については検討出来なかった。今後、数値計算により流れの場を計算するとともに、それらの外力による地形変化予測を実施し、観測結果との照合を行う必要がある。このため、数値計算の際に必要な初期条件および予測計算の検証のためのデータを付録として巻末に添付した。

(2012年8月10日受付)

謝辞

本論文をとりまとめるにあたり、当所栗山善昭特別研究官から有益な助言をいただいた。鹿島港の沖波データは、国土交通省港湾局から、銚子における気温、風データは、気象庁から提供いただいた。地形測量を実施するにあたり、国際気象海洋(株)の山田雅仁氏の協力を得た。ここに記し、深謝の意を表する。

参考文献

- 海上保安庁：リアルタイム検潮データ、http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KANKYO/TIDE/real_time_tide/sel/index.htm、参照2011-03-30。
- 加藤一正、柳嶋慎一(1992)：長周期波によるバームの侵食、土学会論文集、No.452/II-20、pp.41-50、1992。
- 加藤一正、柳嶋慎一、磯上和良、村上裕幸(1989)：波による汀線付近の水位上昇量、港湾技術研究所報告、第28巻、第1号、pp.3-41。
- 気象庁：平成23年3月地震・火山月報(防災偏)。

- <http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/gaikyo/monthly201120/201103index.html>, 参照 2012-02-13.
- google : 被災地の衛星写真(震災後), <http://www.google.co.jp/intl/ja/crisisresponse/japanquake2011.html>, 参照 2011-4-10.
- 国土地理(2011): 平成23年(2011)東北地方太平洋沖地震に伴う地盤沈下調査結果について, <http://www.gsi.go.jp/sokuchikijun/sokuchikijun60008.html> (オンライン), 参照2011-07-07.
- 佐藤慎司・武若 聡・劉 海江・信岡尚道 (2011): 2011東北地方太平洋沖地震津波による福島県勿来海岸における被害, 土木学会論文集B2, Vol.67, No.2, I_1296-I_1300.
- 柴山知也・松丸 亮・高木泰士・Miguel ESTEBAN・三上貴仁 (2011): 2011東北地方太平洋沖地震津波による津波災害の宮城県以南における現地調査, 土木学会論文集B2, Vol.67, No.2, I_1301-I_1305.
- 下園武範・高川智博・田島芳満・岡安章夫・佐藤慎司・劉海江(2011): 2011東北地方太平洋沖地震津波による茨城県・千葉県沿岸における被害, 土木学会論文集B2, Vol.67, No.2, I_296-I_300.
- 田中 仁・真野 明・有働恵子 (2011): 2011東北地方太平洋沖地震津波による海浜地形変化, 土木学会論文集B2, Vol.67, No.2, I_571-I_575.
- 信岡尚道・鶴崎賢一・松浦健郎・鍋谷泰紀 (2011): 2011年東北地方太平洋沖地震による茨城県北部の津波, 土木学会論文集B2, Vol.67, No.2, I_1286-I_1290.
- 平石哲也・米山 望・馬場康之・森 信人・東 良慶・安田誠宏・間瀬 肇 (2011): 宮城県沿岸における2011年東北太平洋沖地震による津波被災について, 土木学会論文集B2, Vol.67, No.2, I_1306-I_1310.
- 柳嶋慎一(2012): 波崎海岸における後浜の大規模な侵食, 港湾空港技術研究所資料, No.1256, 21p.
- 柳嶋慎一・加藤一正・長谷川 巖・岩佐直人 (2007): 透水層埋設による海浜の安定化, 土木学会論文集B, Vol.63, No.1, 73-91.
- 柳嶋慎一・佐藤勝弘・原 隆・齋藤正文・岩佐直人・堀 謙吾・長谷川 巖・長谷川準三 (2003): 透水層埋設による海浜安定化工法の開発, 港湾空港技術研究所報告, 第42巻, 第1号, pp.1-113.

付録A 地形データ

表-A1～A4に平面地形データを，表-A5，A6に観測栈橋に沿う断面 ($x=0\text{m}$) の地形データを，表-A7～A12に深淺測量データを示す。

ここで， x ， y 座標はHORS固有の座標であり， z は，D.L.基準の高さである。なお，HORS固有の座標と世界測地系国家座標との関係は，以下のとおりである。

$$x=0.0, y=0.0 \quad \rightarrow \quad X=-17237.3753, Y=83864.7027$$

$$x=0.0, y=400.0 \quad \rightarrow \quad X=-17031.3601, Y=84207.5696$$

表-A1 平面地形データ(1, 2011年1月25日)

(単位 : m)

x	y	z	x	y	z	x	y	z
-200	-115	6.57	-160	5	1.92	-80	-45	2.87
-200	-110	5.53	-160	10	1.77	-80	-40	2.72
-200	-105	5.73	-160	15	1.66	-80	-35	2.53
-200	-100	5.45	-160	20	1.60	-80	-30	2.33
-200	-95	5.46	-160	25	1.53	-80	-25	2.15
-200	-90	5.10	-160	30	1.45	-80	-20	2.02
-200	-85	4.52	-160	35	1.37	-80	-15	1.88
-200	-80	4.14	-160	40	1.25	-80	-10	1.71
-200	-75	3.44	-160	45	1.08	-80	-5	1.55
-200	-70	3.31	-160	50	0.80	-80	0	1.39
-200	-65	3.32	-120	-115	8.44	-80	5	1.25
-200	-60	3.33	-120	-110	7.09	-80	10	1.11
-200	-55	3.34	-120	-105	6.33	-80	15	1.02
-200	-50	3.36	-120	-100	5.33	-80	20	1.05
-200	-45	3.34	-120	-95	4.85	-80	25	1.04
-200	-40	3.33	-120	-90	4.72	-80	30	0.90
-200	-35	3.30	-120	-85	4.84	-80	35	0.69
-200	-30	3.26	-120	-80	5.40	-80	40	0.28
-200	-25	3.13	-120	-75	4.24	-80	45	0.19
-200	-20	2.92	-120	-70	3.64	-40	-115	8.53
-200	-15	2.70	-120	-65	3.50	-40	-110	7.58
-200	-10	2.45	-120	-60	3.42	-40	-105	7.17
-200	-5	2.09	-120	-55	3.39	-40	-100	6.76
-200	0	2.14	-120	-50	3.37	-40	-95	6.68
-200	5	2.16	-120	-45	3.28	-40	-90	6.56
-200	10	2.08	-120	-40	3.15	-40	-85	5.67
-200	15	1.96	-120	-35	2.98	-40	-80	5.81
-200	20	1.81	-120	-30	2.79	-40	-75	4.75
-200	25	1.60	-120	-25	2.58	-40	-70	4.01
-200	30	1.33	-120	-20	2.35	-40	-65	3.58
-200	35	1.07	-120	-15	2.16	-40	-60	3.33
-200	40	0.78	-120	-10	1.98	-40	-55	3.11
-200	45	1.03	-120	-5	1.81	-40	-50	2.93
-200	50	0.72	-120	0	1.67	-40	-45	2.81
-160	-115	8.59	-120	5	1.53	-40	-40	2.67
-160	-110	6.55	-120	10	1.43	-40	-35	2.58
-160	-105	5.91	-120	15	1.34	-40	-30	2.41
-160	-100	5.11	-120	20	1.28	-40	-25	2.26
-160	-95	4.52	-120	25	1.26	-40	-20	2.08
-160	-90	4.08	-120	30	1.20	-40	-15	1.91
-160	-85	3.77	-120	35	1.06	-40	-10	1.70
-160	-80	3.50	-120	40	0.85	-40	-5	1.49
-160	-75	3.38	-120	45	0.63	-40	0	1.31
-160	-70	3.36	-120	50	0.25	-40	5	1.14
-160	-65	3.35	-80	-115	9.10	-40	10	0.99
-160	-60	3.36	-80	-110	7.78	-40	15	0.84
-160	-55	3.41	-80	-105	6.86	-40	20	0.72
-160	-50	3.44	-80	-100	6.08	-40	25	0.66
-160	-45	3.43	-80	-95	5.26	-40	30	0.53
-160	-40	3.48	-80	-90	4.78	-40	35	0.24
-160	-35	3.49	-80	-85	4.65	0	-115	7.44
-160	-30	3.40	-80	-80	4.20	0	-110	7.03
-160	-25	3.22	-80	-75	3.82	0	-105	6.72
-160	-20	2.92	-80	-70	3.68	0	-100	6.60
-160	-15	2.71	-80	-65	3.55	0	-95	6.35
-160	-10	2.46	-80	-60	3.38	0	-90	6.12
-160	-5	2.24	-80	-55	3.18	0	-85	5.38
-160	0	2.06	-80	-50	3.04	0	-80	4.96

表-A2 平面地形データ(2, 2011年1月25日)

(単位 : m)

x	y	z	x	y	z	x	y	z
0	-75	4.58	80	-70	3.61	160	-70	3.74
0	-70	3.73	80	-65	3.57	160	-65	3.60
0	-65	3.40	80	-60	3.55	160	-60	3.47
0	-60	3.14	80	-55	3.51	160	-55	3.32
0	-55	2.91	80	-50	3.54	160	-50	3.15
0	-50	2.75	80	-45	3.41	160	-45	2.95
0	-45	2.67	80	-40	3.08	160	-40	2.84
0	-40	2.61	80	-35	2.84	160	-35	2.72
0	-35	3.29	80	-30	2.64	160	-30	2.57
0	-30	2.99	80	-25	2.40	160	-25	2.43
0	-25	2.94	80	-20	2.26	160	-20	2.25
0	-20	2.92	80	-15	2.13	160	-15	2.09
0	-15	2.41	80	-10	1.97	160	-10	1.90
0	-10	1.88	80	-5	1.82	160	-5	1.74
0	-5	1.36	80	0	1.58	160	0	1.84
0	0	0.91	80	5	1.29	160	5	1.89
0	5	0.43	80	10	0.88	160	10	1.86
0	10	0.28	80	15	0.43	160	15	1.59
0	15	0.22	80	20	0.09	160	20	1.25
0	20	-0.23	120	-115	6.07	160	25	0.89
0	25	-0.54	120	-110	5.71	160	30	0.45
0	30	-0.38	120	-105	5.62	160	35	-0.29
0	35	-0.38	120	-100	4.94	200	-115	5.31
0	40	-0.58	120	-95	4.54	200	-110	5.20
0	45	-0.60	120	-90	4.38	200	-105	5.22
0	50	-0.67	120	-85	4.26	200	-100	4.69
40	-95	5.74	120	-80	4.10	200	-95	4.21
40	-90	5.19	120	-75	4.17	200	-90	3.93
40	-85	4.85	120	-70	3.66	200	-85	3.79
40	-80	4.50	120	-65	3.56	200	-80	3.70
40	-75	4.06	120	-60	3.51	200	-75	3.63
40	-70	3.52	120	-55	3.53	200	-70	3.54
40	-65	3.41	120	-50	3.50	200	-65	3.40
40	-60	3.39	120	-45	3.53	200	-60	3.28
40	-55	3.48	120	-40	3.49	200	-55	3.13
40	-50	3.51	120	-35	3.36	200	-50	2.97
40	-45	3.51	120	-30	3.10	200	-45	2.87
40	-40	3.49	120	-25	2.87	200	-40	2.77
40	-35	3.43	120	-20	2.71	200	-35	2.67
40	-30	3.11	120	-15	2.43	200	-30	2.54
40	-25	2.85	120	-10	2.13	200	-25	2.40
40	-20	2.50	120	-5	1.97	200	-20	2.29
40	-15	2.17	120	0	1.87	200	-15	2.14
40	-10	1.88	120	5	1.72	200	-10	1.99
40	-5	1.56	120	10	1.52	200	-5	1.77
40	0	1.22	120	15	1.26	200	0	1.55
40	5	0.87	120	20	0.81	200	5	1.48
40	10	0.12	120	25	0.40	200	10	1.49
40	15	-0.25	120	30	0.03	200	15	1.50
80	-115	7.25	160	-115	5.82	200	20	1.45
80	-110	6.05	160	-110	5.43	200	25	1.34
80	-105	6.34	160	-105	5.24	200	30	1.07
80	-100	5.86	160	-100	4.77	200	35	0.72
80	-95	5.34	160	-95	4.69	200	40	0.31
80	-90	5.14	160	-90	4.52	200	45	-0.16
80	-85	4.45	160	-85	4.27			
80	-80	4.36	160	-80	4.01			
80	-75	3.79	160	-75	3.87			

表-A3 平面地形データ(3, 2011年3月14日)

(単位 : m)

x	y	z	x	y	z	x	y	z
-200	-137.14	7.96	-120	-133.35	10.35	-40	-90.00	6.39
-200	-136.45	8.31	-120	-131.58	10.68	-40	-85.00	5.71
-200	-134.62	8.78	-120	-129.41	10.08	-40	-80.00	5.43
-200	-133.13	8.75	-120	-127.00	9.53	-40	-75.00	4.34
-200	-132.08	8.83	-120	-124.40	9.23	-40	-70.00	3.97
-200	-130.65	8.45	-120	-122.04	9.14	-40	-65.00	3.67
-200	-128.76	7.91	-120	-120.01	9.44	-40	-60.00	3.43
-200	-126.10	7.75	-120	-118.85	9.10	-40	-55.00	3.24
-200	-125.30	7.89	-120	-115.00	8.44	-40	-50.00	3.06
-200	-124.15	7.78	-120	-110.00	7.03	-40	-45.00	2.91
-200	-121.72	8.18	-120	-105.00	6.29	-40	-40.00	2.77
-200	-120.63	7.98	-120	-100.00	5.37	-40	-35.00	2.67
-200	-115.00	6.26	-120	-95.00	4.92	-40	-30.00	2.58
-200	-110.00	5.65	-120	-90.00	4.77	0	-135.29	9.64
-200	-105.00	5.74	-120	-85.00	4.64	0	-132.77	10.05
-200	-100.00	5.45	-120	-80.00	4.57	0	-129.53	9.29
-200	-95.00	5.25	-120	-75.00	3.92	0	-127.13	9.33
-200	-90.00	4.80	-120	-70.00	3.74	0	-125.05	9.42
-200	-85.00	4.33	-120	-65.00	3.58	0	-123.48	9.59
-200	-80.00	3.90	-120	-60.00	3.46	0	-121.03	8.97
-200	-75.00	3.58	-120	-55.00	3.34	0	-117.12	7.82
-200	-70.00	3.39	-120	-50.00	3.23	0	-115.00	7.39
-200	-65.00	3.35	-120	-45.00	3.15	0	-110.00	7.01
-200	-60.00	3.28	-120	-40.00	3.07	0	-105.00	6.61
-200	-55.00	3.21	-120	-35.00	2.98	0	-100.00	6.47
-200	-50.00	3.15	-120	-30.00	2.90	0	-95.00	6.12
-200	-45.00	3.06	-80	-125.36	9.19	0	-90.00	5.93
-200	-40.00	2.99	-80	-122.59	9.26	0	-85.00	5.03
-200	-35.00	2.91	-80	-121.10	9.90	0	-80.00	4.58
-200	-30.00	2.83	-80	-118.64	9.60	0	-75.00	4.22
-160	-136.49	9.28	-80	-115.00	9.10	0	-70.00	3.85
-160	-133.95	9.38	-80	-110.00	7.74	0	-65.00	3.52
-160	-131.51	9.32	-80	-105.00	6.72	0	-60.00	3.32
-160	-129.15	9.46	-80	-100.00	6.03	0	-55.00	3.15
-160	-126.49	8.75	-80	-95.00	5.39	0	-50.00	3.02
-160	-124.28	8.31	-80	-90.00	4.97	0	-45.00	2.95
-160	-122.36	8.15	-80	-85.00	4.48	0	-40.00	2.88
-160	-120.63	8.52	-80	-80.00	4.25	0	-35.00	2.81
-160	-118.57	9.13	-80	-75.00	3.99	0	-30.00	2.80
-160	-115.00	8.59	-80	-70.00	3.75	40	-115.00	5.69
-160	-110.00	6.75	-80	-65.00	3.55	40	-110.00	5.69
-160	-105.00	5.87	-80	-60.00	3.34	40	-105.00	5.69
-160	-100.00	5.11	-80	-55.00	3.19	40	-100.00	5.69
-160	-95.00	4.64	-80	-50.00	3.03	40	-95.00	5.57
-160	-90.00	4.25	-80	-45.00	2.90	40	-90.00	5.04
-160	-85.00	3.98	-80	-40.00	2.77	40	-85.00	4.67
-160	-80.00	3.78	-80	-35.00	2.67	40	-80.00	4.28
-160	-75.00	3.64	-80	-30.00	2.62	40	-75.00	4.02
-160	-70.00	3.55	-40	-131.25	8.53	40	-70.00	3.80
-160	-65.00	3.50	-40	-128.63	9.45	40	-65.00	3.38
-160	-60.00	3.46	-40	-125.91	9.96	40	-60.00	3.56
-160	-55.00	3.43	-40	-123.12	9.69	40	-55.00	3.48
-160	-50.00	3.38	-40	-120.67	9.20	40	-50.00	3.39
-160	-45.00	3.36	-40	-115.00	8.45	40	-45.00	3.33
-160	-40.00	3.32	-40	-110.00	7.54	40	-40.00	3.26
-160	-35.00	3.28	-40	-105.00	7.18	40	-35.00	3.16
-160	-30.00	3.23	-40	-100.00	6.77	40	-30.00	3.03
-120	-135.68	9.71	-40	-95.00	6.67	80	-126.42	8.65

表-A4 平面地形データ(4, 2011年3月14日)

(単位 : m)

x	y	z	x	y	z	x	y	z
80	-123.71	9.73	160	-85.00	4.27			
80	-121.54	8.78	160	-80.00	4.07			
80	-119.29	7.99	160	-75.00	3.92			
80	-115.00	7.22	160	-70.00	3.78			
80	-110.00	6.63	160	-65.00	3.61			
80	-105.00	6.24	160	-60.00	3.48			
80	-100.00	5.53	160	-55.00	3.38			
80	-95.00	5.22	160	-50.00	3.22			
80	-90.00	4.82	160	-45.00	3.09			
80	-85.00	4.50	160	-40.00	2.97			
80	-80.00	4.18	160	-35.00	2.86			
80	-75.00	3.95	160	-30.00	2.85			
80	-70.00	3.79	200	-145.07	8.09			
80	-65.00	3.67	200	-141.41	7.88			
80	-60.00	3.55	200	-137.74	7.62			
80	-55.00	3.44	200	-135.15	7.60			
80	-50.00	3.36	200	-134.06	7.18			
80	-45.00	3.23	200	-130.16	6.76			
80	-40.00	3.11	200	-125.26	5.83			
80	-35.00	3.02	200	-120.62	5.61			
80	-30.00	2.94	200	-115.00	5.36			
120	-139.73	7.75	200	-110.00	5.26			
120	-136.43	7.89	200	-105.00	4.97			
120	-131.24	7.85	200	-100.00	4.53			
120	-129.39	7.67	200	-95.00	4.30			
120	-126.97	7.11	200	-90.00	4.08			
120	-123.79	6.60	200	-85.00	3.94			
120	-119.38	6.39	200	-80.00	3.82			
120	-115.00	6.04	200	-75.00	3.68			
120	-110.00	5.81	200	-70.00	3.57			
120	-105.00	5.43	200	-65.00	3.40			
120	-100.00	4.96	200	-60.00	3.30			
120	-95.00	4.62	200	-55.00	3.16			
120	-90.00	4.38	200	-50.00	3.04			
120	-85.00	4.16	200	-45.00	2.98			
120	-80.00	4.03	200	-40.00	2.90			
120	-75.00	3.92	200	-35.00	2.86			
120	-70.00	3.83	200	-30.00	2.85			
120	-65.00	3.70						
120	-60.00	3.64						
120	-55.00	3.58						
120	-50.00	3.49						
120	-45.00	3.38						
120	-40.00	3.30						
120	-35.00	3.18						
120	-30.00	3.09						
160	-140.23	8.30						
160	-136.46	8.53						
160	-133.11	8.22						
160	-129.05	7.87						
160	-125.20	7.25						
160	-119.57	6.41						
160	-115.00	5.83						
160	-110.00	5.47						
160	-105.00	5.13						
160	-100.00	4.84						
160	-95.00	4.65						
160	-90.00	4.47						

表-A5 断面地形データ (x=0m, 2011年3月11日) (単位 : m)

x	y	z	x	y	z
0	-115	7.41	0	175	-2.40
0	-110	7.03	0	180	-2.23
0	-105	6.69	0	185	-2.24
0	-100	6.59	0	190	-2.38
0	-95	6.33	0	195	-2.53
0	-90	6.09	0	200	-2.68
0	-85	5.35	0	205	-2.84
0	-80	4.96	0	210	-3.00
0	-75	4.59	0	215	-3.13
0	-70	3.73	0	220	-3.32
0	-65	3.35	0	225	-3.51
0	-60	3.19	0	230	-3.76
0	-55	2.89	0	235	-3.94
0	-50	2.71	0	240	-4.12
0	-45	2.69	0	245	-4.28
0	-40	2.65	0	250	-4.47
0	-35	3.23	0	255	-4.66
0	-30	3.04	0	260	-4.82
0	-25	2.87	0	265	-4.94
0	-20	2.84	0	270	-5.06
0	-15	2.48	0	275	-5.19
0	-10	2.41	0	280	-5.24
0	-5	2.47	0	285	-5.28
0	0	2.53	0	290	-5.28
0	5	2.42	0	295	-5.32
0	10	2.00	0	300	-5.37
0	15	1.63	0	305	-5.37
0	20	1.28	0	310	-5.38
0	25	0.82	0	315	-5.40
0	30	0.39	0	320	-5.38
0	35	-0.47	0	325	-5.36
0	40	-0.42	0	330	-5.33
0	45	-0.45	0	335	-5.28
0	50	-0.67	0	340	-5.23
0	55	-0.82	0	345	-5.18
0	60	-0.63	0	350	-5.18
0	65	-0.64	0	355	-5.15
0	70	-0.79	0	360	-5.12
0	75	-0.85	0	365	-5.08
0	80	-1.07	0	370	-5.04
0	85	-1.20	0	375	-4.99
0	90	-1.24	0	380	-5.03
0	95	-1.27	0	385	-5.23
0	100	-1.45			
0	105	-1.64			
0	110	-1.82			
0	115	-1.97			
0	120	-2.10			
0	125	-2.18			
0	130	-2.29			
0	135	-2.28			
0	140	-2.29			
0	145	-2.38			
0	150	-2.42			
0	155	-2.39			
0	160	-2.43			
0	165	-2.50			
0	170	-2.57			

表-A6 断面地形データ (x=0m, 2011年3月14日) (単位 : m)

x	y	z	x	y	z
0	-115	7.39	0	175	-2.54
0	-110	7.01	0	180	-2.50
0	-105	6.61	0	185	-2.56
0	-100	6.47	0	190	-2.67
0	-95	6.12	0	195	-2.76
0	-90	5.93	0	200	-2.90
0	-85	5.03	0	205	-3.04
0	-80	4.58	0	210	-3.18
0	-75	4.22	0	215	-3.22
0	-70	3.85	0	220	-3.38
0	-65	3.52	0	225	-3.54
0	-60	3.32	0	230	-3.81
0	-55	3.15	0	235	-3.91
0	-50	3.02	0	240	-4.01
0	-45	2.95	0	245	-4.10
0	-40	2.88	0	250	-4.20
0	-35	2.81	0	255	-4.29
0	-30	2.80	0	260	-4.43
0	-25	2.76	0	265	-4.58
0	-20	2.68	0	270	-4.73
0	-15	2.59	0	275	-4.92
0	-10	2.47	0	280	-4.96
0	-5	2.46	0	285	-5.01
0	0	2.41	0	290	-5.08
0	5	2.28	0	295	-5.06
0	10	1.97	0	300	-5.04
0	15	1.55	0	305	-5.03
0	20	1.12	0	310	-5.02
0	25	0.81	0	315	-5.00
0	30	-0.08	0	320	-5.05
0	35	-0.33	0	325	-5.02
0	40	-0.35	0	330	-5.00
0	45	-0.40	0	335	-4.89
0	50	-0.63	0	340	-4.91
0	55	-0.94	0	345	-4.93
0	60	-0.88	0	350	-4.79
0	65	-0.89	0	355	-4.86
0	70	-1.21	0	360	-4.92
0	75	-1.17	0	365	-4.77
0	80	-1.27	0	370	-4.88
0	85	-1.53	0	375	-5.00
0	90	-1.47	0	380	-5.17
0	95	-1.49	0	385	-6.11
0	100	-1.56			
0	105	-1.64			
0	110	-1.72			
0	115	-1.68			
0	120	-1.93			
0	125	-2.01			
0	130	-1.83			
0	135	-2.21			
0	140	-2.12			
0	145	-2.09			
0	150	-2.49			
0	155	-2.28			
0	160	-2.39			
0	165	-2.48			
0	170	-2.58			

表-A7 深浅測量データ(1, 2011年1月8日)

(単位 : m)

x	y	z	x	y	z	x	y	z
-300	-116	3.17	-300	744	-8.50	-250	544	-6.00
-300	-106	2.95	-300	764	-8.60	-250	564	-6.30
-300	-96	2.84	-300	784	-8.70	-250	584	-6.70
-300	-86	2.73	-300	804	-8.90	-200	-116	6.96
-300	-76	2.57	-300	824	-9.10	-200	-106	5.63
-300	-66	3.10	-300	844	-9.20	-200	-96	5.50
-300	-56	3.05	-300	864	-9.30	-200	-86	4.59
-300	-46	2.93	-300	884	-9.50	-200	-76	3.38
-300	-36	2.80	-300	904	-9.60	-200	-66	3.63
-300	-26	2.76	-300	924	-9.70	-200	-56	3.62
-300	-16	2.59	-250	-116	5.36	-200	-46	3.50
-300	-6	2.38	-250	-106	4.54	-200	-36	3.37
-300	4	2.16	-250	-96	3.82	-200	-26	3.33
-300	14	1.93	-250	-86	3.12	-200	-16	3.16
-300	24	1.73	-250	-76	2.93	-200	-6	2.95
-300	34	1.52	-250	-66	2.98	-200	4	2.73
-300	44	1.35	-250	-56	2.70	-200	14	2.50
-300	54	1.22	-250	-46	2.52	-200	24	2.30
-300	64	1.11	-250	-36	2.31	-200	34	2.09
-300	74	0.72	-250	-26	2.04	-200	44	1.93
-300	84	0.11	-250	-16	1.73	-200	54	1.79
-300	94	-1.20	-250	-6	1.40	-200	64	1.68
-300	104	-1.20	-250	4	1.05	-200	74	1.29
-300	114	-1.40	-250	14	0.79	-200	84	0.68
-300	124	-1.70	-250	24	0.64	-200	94	-0.70
-300	134	-2.00	-250	34	0.48	-200	104	-1.20
-300	144	-2.20	-250	44	0.23	-200	114	-1.60
-300	154	-2.40	-250	54	-0.12	-200	124	-1.90
-300	164	-2.50	-250	64	-0.53	-200	134	-2.20
-300	174	-2.60	-250	74	-0.63	-200	144	-2.20
-300	184	-2.60	-250	84	-0.70	-200	154	-2.10
-300	204	-2.20	-250	94	-0.90	-200	164	-2.00
-300	224	-2.70	-250	104	-1.30	-200	174	-1.90
-300	244	-3.40	-250	114	-1.70	-200	184	-1.60
-300	264	-4.00	-250	124	-1.90	-200	204	-1.80
-300	284	-4.40	-250	134	-2.20	-200	224	-2.60
-300	304	-4.60	-250	144	-2.20	-200	244	-3.00
-300	324	-4.80	-250	154	-2.20	-200	264	-4.40
-300	344	-4.80	-250	164	-2.20	-200	284	-4.60
-300	364	-4.80	-250	174	-2.20	-200	304	-4.50
-300	384	-4.70	-250	184	-2.20	-200	324	-4.60
-300	404	-4.60	-250	204	-2.20	-200	344	-4.70
-300	424	-4.60	-250	224	-2.60	-200	364	-4.60
-300	444	-4.70	-250	244	-3.00	-200	384	-4.60
-300	464	-4.80	-250	264	-3.80	-200	404	-4.60
-300	484	-5.10	-250	284	-4.50	-200	424	-4.70
-300	504	-5.40	-250	304	-4.60	-200	444	-4.80
-300	524	-5.70	-250	324	-4.60	-200	464	-5.00
-300	544	-5.90	-250	344	-4.60	-200	484	-5.20
-300	564	-6.30	-250	364	-4.60	-200	504	-5.50
-300	584	-6.60	-250	384	-4.60	-200	524	-5.90
-300	604	-6.90	-250	404	-4.60	-200	544	-6.20
-300	624	-7.10	-250	424	-4.60	-200	564	-6.50
-300	644	-7.30	-250	444	-4.70	-200	584	-6.90
-300	664	-7.60	-250	464	-4.80	-200	604	-7.20
-300	684	-7.90	-250	484	-5.00	-200	624	-7.50
-300	704	-8.10	-250	504	-5.30	-200	644	-7.70
-300	724	-8.30	-250	524	-5.70	-200	664	-8.00

表-A8 深浅測量データ(2, 2011年1月8日)

(単位 : m)

x	y	z	x	y	z	x	y	z
-200	684	-8.10	-150	484	-5.30	-100	404	-4.20
-200	704	-8.30	-150	504	-5.70	-100	414	-4.30
-200	724	-8.40	-150	524	-6.00	-100	424	-4.30
-200	744	-8.50	-150	544	-6.30	-100	434	-4.50
-200	764	-8.60	-150	564	-6.60	-100	444	-4.60
-200	784	-8.90	-150	584	-6.80	-100	454	-4.70
-200	804	-9.20	-100	-116	8.90	-100	464	-4.80
-200	824	-9.20	-100	-106	6.18	-100	474	-5.00
-200	844	-8.90	-100	-96	5.78	-100	484	-5.20
-200	864	-8.80	-100	-86	4.76	-100	494	-5.40
-200	884	-8.80	-100	-76	3.58	-100	504	-5.60
-200	904	-8.70	-100	-66	3.51	-100	514	-5.70
-200	924	-8.80	-100	-56	3.28	-100	524	-5.80
-150	-116	8.90	-100	-46	3.00	-100	534	-5.90
-150	-106	6.56	-100	-36	2.64	-100	544	-6.00
-150	-96	4.75	-100	-26	2.21	-100	554	-6.20
-150	-86	3.96	-100	-16	1.82	-100	564	-6.30
-150	-76	3.43	-100	-6	1.78	-100	574	-6.50
-150	-66	3.41	-100	4	1.78	-100	584	-6.60
-150	-56	3.40	-100	14	1.08	-100	604	-6.90
-150	-46	3.46	-100	24	-0.40	-100	624	-7.10
-150	-36	3.41	-100	34	-0.64	-100	644	-7.20
-150	-26	2.98	-100	44	-0.45	-100	664	-7.30
-150	-16	2.27	-100	54	-0.56	-100	684	-7.50
-150	-6	1.73	-100	64	-0.72	-100	704	-7.60
-150	4	1.40	-100	74	-0.56	-100	724	-7.60
-150	14	1.20	-100	84	-1.00	-100	744	-7.70
-150	24	0.84	-100	94	-1.20	-100	764	-7.70
-150	34	0.40	-100	104	-1.60	-100	784	-7.70
-150	44	0.14	-100	114	-1.60	-100	804	-7.70
-150	54	-0.08	-100	124	-1.30	-100	824	-7.80
-150	64	-0.29	-100	134	-1.20	-100	844	-7.90
-150	74	-0.48	-100	144	-1.20	-100	864	-7.90
-150	84	-0.70	-100	154	-1.30	-100	884	-8.00
-150	94	-0.90	-100	164	-1.40	-100	904	-8.10
-150	104	-1.20	-100	174	-1.70	-100	924	-8.10
-150	114	-1.60	-100	184	-2.00	-50	-116	9.13
-150	124	-2.00	-100	194	-2.20	-50	-106	7.87
-150	134	-1.90	-100	204	-2.50	-50	-96	6.67
-150	144	-1.90	-100	214	-2.70	-50	-86	5.59
-150	154	-2.00	-100	224	-2.80	-50	-76	4.36
-150	164	-2.00	-100	234	-3.10	-50	-66	3.56
-150	174	-1.80	-100	244	-3.30	-50	-56	3.13
-150	184	-1.60	-100	254	-3.50	-50	-46	2.71
-150	204	-2.00	-100	264	-3.70	-50	-36	2.32
-150	224	-2.90	-100	274	-4.00	-50	-26	1.97
-150	244	-3.20	-100	284	-4.10	-50	-16	1.83
-150	264	-4.20	-100	294	-4.20	-50	-6	1.92
-150	284	-4.60	-100	304	-4.30	-50	4	1.61
-150	304	-4.70	-100	314	-4.30	-50	14	0.72
-150	324	-4.60	-100	324	-4.20	-50	24	-0.07
-150	344	-4.50	-100	334	-4.20	-50	34	-0.59
-150	364	-4.40	-100	344	-4.30	-50	44	-0.66
-150	384	-4.40	-100	354	-4.40	-50	54	-0.64
-150	404	-4.50	-100	364	-4.40	-50	64	-0.60
-150	424	-4.60	-100	374	-4.40	-50	74	-0.70
-150	444	-4.70	-100	384	-4.40	-50	84	-1.00
-150	464	-5.00	-100	394	-4.30	-50	94	-1.80

表-A9 深浅測量データ(3, 2011年1月8日)

(単位 : m)

x	y	z	x	y	z	x	y	z
-50	104	-2.10	-25	-26	2.05	-25	554	-5.80
-50	114	-1.10	-25	-16	1.78	-25	564	-5.90
-50	124	-1.10	-25	-6	1.77	-25	574	-6.00
-50	134	-1.30	-25	4	1.49	-25	584	-6.10
-50	144	-1.50	-25	14	0.72	0	-116	7.88
-50	154	-1.70	-25	24	-0.12	0	-106	6.78
-50	164	-1.90	-25	34	-0.50	0	-96	6.39
-50	174	-2.10	-25	44	-0.88	0	-86	5.36
-50	184	-2.30	-25	54	-0.88	0	-76	4.52
-50	194	-2.50	-25	64	-0.87	0	-66	3.53
-50	204	-2.80	-25	74	-0.81	0	-56	2.91
-50	214	-2.90	-25	84	-1.90	0	-46	2.63
-50	224	-3.10	-25	94	-2.40	0	-36	2.57
-50	234	-3.40	-25	104	-2.50	0	-26	2.08
-50	244	-3.50	-25	114	-0.90	0	-16	1.66
-50	254	-3.60	-25	124	-1.00	0	-6	1.53
-50	264	-3.80	-25	134	-1.30	0	4	1.82
-50	274	-3.90	-25	144	-1.50	0	14	1.41
-50	284	-4.10	-25	154	-1.50	0	24	0.59
-50	294	-4.10	-25	164	-1.90	0	34	-0.30
-50	304	-4.20	-25	174	-2.10	0	44	-0.52
-50	314	-4.30	-25	184	-2.40	0	54	-0.90
-50	324	-4.30	-25	194	-2.50	0	64	-0.88
-50	334	-4.20	-25	204	-2.70	0	74	-0.89
-50	344	-4.10	-25	214	-3.00	0	84	-0.77
-50	354	-4.20	-25	224	-3.30	0	94	-0.86
-50	364	-4.30	-25	234	-3.50	0	104	-2.60
-50	374	-4.30	-25	244	-3.60	0	114	-2.60
-50	384	-4.30	-25	254	-3.70	0	124	-3.40
-50	394	-4.20	-25	264	-3.90	0	134	-3.70
-50	404	-4.30	-25	274	-4.00	0	144	-3.70
-50	414	-4.30	-25	284	-4.10	0	154	-3.80
-50	424	-4.30	-25	294	-4.10	0	164	-3.90
-50	434	-4.40	-25	304	-4.20	0	174	-4.10
-50	444	-4.50	-25	314	-4.30	0	184	-3.10
-50	454	-4.60	-25	324	-4.30	0	194	-2.80
-50	464	-4.70	-25	334	-4.30	0	204	-3.90
-50	474	-4.80	-25	344	-4.30	0	214	-3.10
-50	484	-5.00	-25	354	-4.30	0	224	-3.10
-50	494	-5.20	-25	364	-4.20	0	234	-3.40
-50	504	-5.40	-25	374	-4.20	0	244	-3.20
-50	514	-5.50	-25	384	-4.30	0	254	-3.50
-50	524	-5.60	-25	394	-4.30	0	264	-4.40
-50	534	-5.70	-25	404	-4.20	0	274	-4.10
-50	544	-5.80	-25	414	-4.20	0	284	-4.50
-50	554	-6.00	-25	424	-4.30	0	294	-5.10
-50	564	-6.20	-25	434	-4.30	0	304	-5.00
-50	574	-6.30	-25	444	-4.50	0	314	-5.10
-50	584	-6.50	-25	454	-4.60	0	324	-5.60
-25	-116	9.11	-25	464	-4.70	0	334	-5.30
-25	-106	6.89	-25	474	-4.90	0	344	-5.20
-25	-96	6.56	-25	484	-5.00	0	354	-5.50
-25	-86	5.95	-25	494	-5.10	0	364	-5.30
-25	-76	4.51	-25	504	-5.20	0	374	-5.30
-25	-66	3.72	-25	514	-5.30	0	384	-5.60
-25	-56	3.15	-25	524	-5.40	0	394	-4.50
-25	-46	2.69	-25	534	-5.50	0	404	-4.30
-25	-36	2.37	-25	544	-5.60	0	414	-4.30

表-A10 深浅測量データ(4, 2011年1月8日)

(単位 : m)

x	y	z	x	y	z	x	y	z
0	424	-4.20	25	124	-3.10	50	-6	1.35
0	434	-4.30	25	134	-3.20	50	4	1.20
0	444	-4.30	25	144	-3.10	50	14	0.95
0	454	-4.40	25	154	-2.60	50	24	0.51
0	464	-4.60	25	164	-2.70	50	34	0.13
0	474	-4.70	25	174	-2.60	50	44	-0.10
0	484	-4.90	25	184	-2.50	50	54	-0.33
0	494	-5.00	25	194	-2.80	50	64	-0.56
0	504	-5.10	25	204	-3.10	50	74	-1.09
0	514	-5.20	25	214	-3.20	50	84	-1.85
0	524	-5.30	25	224	-3.10	50	94	-2.00
0	534	-5.40	25	234	-3.50	50	104	-2.20
0	544	-5.50	25	244	-4.10	50	114	-2.50
0	554	-5.60	25	254	-4.50	50	124	-2.90
0	564	-5.70	25	264	-4.80	50	134	-3.10
0	574	-5.80	25	274	-4.90	50	144	-3.30
0	584	-6.00	25	284	-5.00	50	154	-3.50
0	604	-6.20	25	294	-5.10	50	164	-3.60
0	624	-6.30	25	304	-5.20	50	174	-3.70
0	644	-6.50	25	314	-5.40	50	184	-3.70
0	664	-6.70	25	324	-5.60	50	194	-3.60
0	684	-6.80	25	334	-5.70	50	204	-3.50
0	704	-7.00	25	344	-5.70	50	214	-3.50
0	724	-7.20	25	354	-5.70	50	224	-3.50
0	744	-7.30	25	364	-5.60	50	234	-3.70
0	764	-7.40	25	374	-5.40	50	244	-4.00
0	784	-7.50	25	384	-5.10	50	254	-4.30
0	804	-7.70	25	394	-4.80	50	264	-4.60
0	824	-7.80	25	404	-4.60	50	274	-5.10
0	844	-7.90	25	414	-4.50	50	284	-5.50
0	864	-8.10	25	424	-4.50	50	294	-5.70
0	884	-8.30	25	434	-4.50	50	304	-5.60
0	904	-8.40	25	444	-4.50	50	314	-5.50
0	924	-8.60	25	454	-4.50	50	324	-5.50
25	-116	6.60	25	464	-4.60	50	334	-5.60
25	-106	5.84	25	474	-4.70	50	344	-5.60
25	-96	5.55	25	484	-4.80	50	354	-5.50
25	-86	4.91	25	494	-4.90	50	364	-5.50
25	-76	4.23	25	504	-5.10	50	374	-5.40
25	-66	3.55	25	514	-5.20	50	384	-5.30
25	-56	3.29	25	524	-5.30	50	394	-5.00
25	-46	3.38	25	534	-5.30	50	404	-4.80
25	-36	3.43	25	544	-5.40	50	414	-4.60
25	-26	2.93	25	554	-5.50	50	424	-4.60
25	-16	2.05	25	564	-5.60	50	434	-4.50
25	-6	1.47	25	574	-5.70	50	444	-4.50
25	4	1.38	25	584	-5.80	50	454	-4.50
25	14	0.75	50	-116	5.30	50	464	-4.60
25	24	0.17	50	-106	4.67	50	474	-4.70
25	34	-0.35	50	-96	4.83	50	484	-4.80
25	44	-0.71	50	-86	4.51	50	494	-4.80
25	54	-0.86	50	-76	3.82	50	504	-4.90
25	64	-0.83	50	-66	3.50	50	514	-5.00
25	74	-0.96	50	-56	3.47	50	524	-5.10
25	84	-1.86	50	-46	3.51	50	534	-5.20
25	94	-2.90	50	-36	3.22	50	544	-5.30
25	104	-2.90	50	-26	2.48	50	554	-5.40
25	114	-2.70	50	-16	1.80	50	564	-5.50

表-A11 深浅測量データ(5, 2011年1月8日)

(単位 : m)

x	y	z	x	y	z	x	y	z
50	574	-5.60	100	444	-4.50	150	144	-1.90
50	584	-5.80	100	454	-4.60	150	154	-1.70
100	-116	5.85	100	464	-4.60	150	164	-1.40
100	-106	5.71	100	474	-4.60	150	174	-1.30
100	-96	5.11	100	484	-4.60	150	184	-1.30
100	-86	4.26	100	494	-4.70	150	204	-2.10
100	-76	3.49	100	504	-4.80	150	224	-2.60
100	-66	3.62	100	514	-4.90	150	244	-2.80
100	-56	3.49	100	524	-5.10	150	264	-2.70
100	-46	3.35	100	534	-5.10	150	284	-2.80
100	-36	2.88	100	544	-5.20	150	304	-3.00
100	-26	2.39	100	554	-5.30	150	324	-3.30
100	-16	1.98	100	564	-5.40	150	344	-3.60
100	-6	1.54	100	574	-5.60	150	364	-4.00
100	4	1.19	100	584	-5.80	150	384	-4.40
100	14	0.93	100	604	-6.10	150	404	-4.60
100	24	0.91	100	624	-6.30	150	424	-4.40
100	34	0.35	100	644	-6.50	150	444	-4.40
100	44	0.03	100	664	-6.70	150	464	-4.40
100	54	-0.27	100	684	-6.90	150	484	-4.60
100	64	-0.52	100	704	-7.10	150	504	-4.90
100	74	-0.71	100	724	-7.30	150	524	-5.10
100	84	-1.40	100	744	-7.50	150	544	-5.50
100	94	-1.40	100	764	-7.60	150	564	-5.70
100	104	-1.50	100	784	-7.70	150	584	-6.00
100	114	-1.70	100	804	-7.90	200	-116	5.42
100	124	-1.90	100	824	-8.10	200	-106	5.25
100	134	-2.10	100	844	-8.30	200	-96	4.36
100	144	-2.20	100	864	-8.40	200	-86	3.71
100	154	-2.30	100	884	-8.50	200	-76	3.34
100	164	-2.50	100	904	-8.70	200	-66	3.46
100	174	-2.50	100	924	-8.90	200	-56	3.15
100	184	-2.50	150	-116	6.81	200	-46	2.80
100	194	-2.30	150	-106	5.40	200	-36	2.51
100	204	-2.30	150	-96	4.70	200	-26	2.23
100	214	-2.30	150	-86	4.63	200	-16	1.92
100	224	-2.30	150	-76	4.65	200	-6	1.68
100	234	-2.70	150	-66	3.73	200	4	1.73
100	244	-3.50	150	-56	3.42	200	14	1.45
100	254	-3.90	150	-46	3.13	200	24	0.72
100	264	-4.10	150	-36	2.78	200	34	0.38
100	274	-4.50	150	-26	2.38	200	44	0.04
100	284	-4.90	150	-16	1.92	200	54	-0.26
100	294	-4.90	150	-6	1.60	200	64	-0.48
100	304	-4.90	150	4	1.38	200	74	-0.77
100	314	-4.80	150	14	1.40	200	84	-1.05
100	324	-4.70	150	24	0.80	200	94	-1.22
100	334	-4.60	150	34	0.13	200	104	-1.38
100	344	-4.50	150	44	0.05	200	114	-1.50
100	354	-4.40	150	54	-0.17	200	124	-1.50
100	364	-4.20	150	64	-0.44	200	134	-1.50
100	374	-4.10	150	74	-0.71	200	144	-1.30
100	384	-4.10	150	84	-0.94	200	154	-1.10
100	394	-4.30	150	94	-1.20	200	164	-1.10
100	404	-4.30	150	104	-1.40	200	174	-1.50
100	414	-4.30	150	114	-1.60	200	184	-1.50
100	424	-4.40	150	124	-1.80	200	204	-1.50
100	434	-4.50	150	134	-1.90	200	224	-1.70

表-A12 深浅測量データ(6, 2011年1月8日)

(単位 : m)

x	y	z	x	y	z	x	y	z
200	244	-2.20	250	114	-1.62	300	184	-1.80
200	264	-2.50	250	124	-1.64	300	204	-2.10
200	284	-2.90	250	134	-1.59	300	224	-2.50
200	304	-3.30	250	144	-1.90	300	244	-2.80
200	324	-3.60	250	154	-1.80	300	264	-3.40
200	344	-3.90	250	164	-1.90	300	284	-3.70
200	364	-4.00	250	174	-1.80	300	304	-3.90
200	384	-4.30	250	184	-1.70	300	324	-4.10
200	404	-4.20	250	204	-2.00	300	344	-4.10
200	424	-4.20	250	224	-2.30	300	364	-4.10
200	444	-4.30	250	244	-2.60	300	384	-4.10
200	464	-4.40	250	264	-3.00	300	404	-4.20
200	484	-4.70	250	284	-3.30	300	424	-4.20
200	504	-4.80	250	304	-3.60	300	444	-4.40
200	524	-5.10	250	324	-3.70	300	464	-4.70
200	544	-5.50	250	344	-3.90	300	484	-5.00
200	564	-5.80	250	364	-3.90	300	504	-5.20
200	584	-6.00	250	384	-4.00	300	524	-5.40
200	604	-6.20	250	404	-4.00	300	544	-5.70
200	624	-6.50	250	424	-4.00	300	564	-5.90
200	644	-6.70	250	444	-4.20	300	584	-6.20
200	664	-7.00	250	464	-4.50	300	604	-6.60
200	684	-7.20	250	484	-4.80	300	624	-6.80
200	704	-7.40	250	504	-5.10	300	644	-6.90
200	724	-7.50	250	524	-5.30	300	664	-7.10
200	744	-7.70	250	544	-5.60	300	684	-7.30
200	764	-7.90	250	564	-5.80	300	704	-7.40
200	784	-8.00	250	584	-6.10	300	724	-7.70
200	804	-8.20	300	-116	6.33	300	744	-7.90
200	824	-8.40	300	-106	6.00	300	764	-8.00
200	844	-8.50	300	-96	5.85	300	784	-8.20
200	864	-8.70	300	-86	6.25	300	804	-8.30
200	884	-8.80	300	-76	5.07	300	824	-8.40
200	904	-8.80	300	-66	3.78	300	844	-8.50
200	924	-9.00	300	-56	3.55	300	864	-8.60
250	-116	6.67	300	-46	3.38	300	884	-8.80
250	-106	5.28	300	-36	3.13	300	904	-8.80
250	-96	4.62	300	-26	2.64			
250	-86	4.17	300	-16	2.02			
250	-76	3.56	300	-6	1.50			
250	-66	3.65	300	4	1.42			
250	-56	3.38	300	14	1.33			
250	-46	2.94	300	24	0.78			
250	-36	2.53	300	34	0.13			
250	-26	2.12	300	44	-0.12			
250	-16	1.78	300	54	-0.29			
250	-6	1.74	300	64	-0.46			
250	4	1.85	300	74	-0.82			
250	14	1.53	300	84	-1.20			
250	24	0.76	300	94	-1.47			
250	34	0.21	300	104	-1.73			
250	44	-0.35	300	114	-2.05			
250	54	-0.81	300	124	-2.38			
250	64	-1.12	300	134	-2.59			
250	74	-1.42	300	144	-2.47			
250	84	-1.72	300	154	-2.40			
250	94	-1.70	300	164	-2.10			
250	104	-1.58	300	174	-1.70			

付録B 底質特性およびデータ

図-B.1～B.3は、2010年9月29日採取の、中央粒径、ふるい分け係数、偏わい度の空間分布を示している。

図-B.4～B.6は、津波遡上後の2011年3月15日採取の、中央粒径、ふるい分け係数、偏わい度の空間分布を示している。

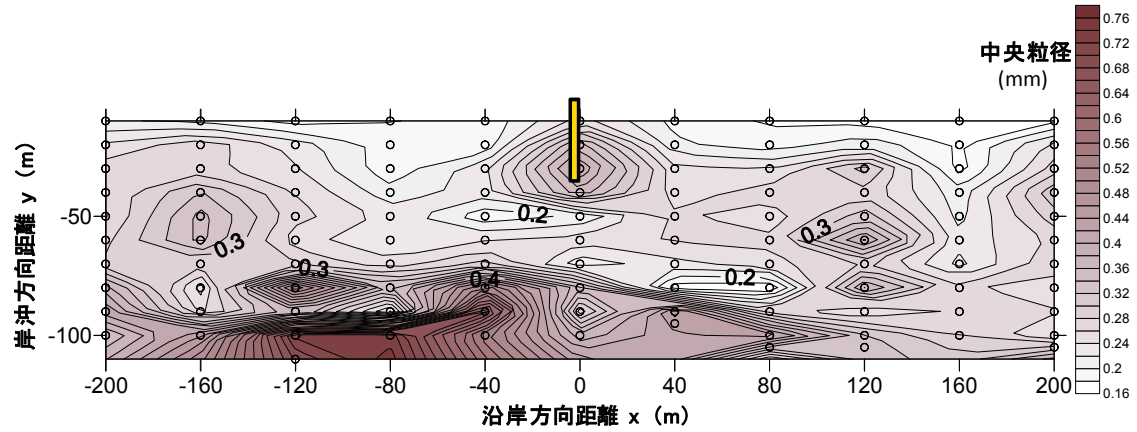


図-B.1 中央粒径の空間分布 (2010年9月29日採取, ○印は底質採取位置)

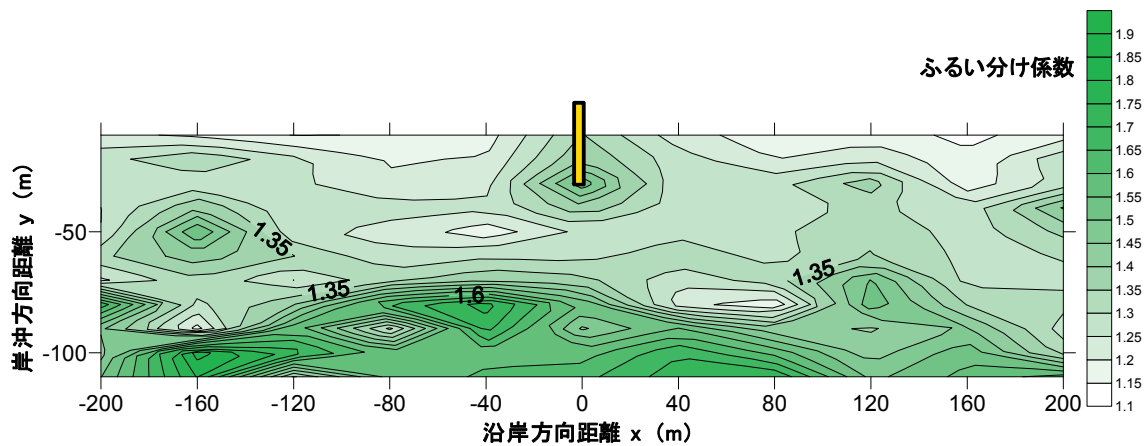


図-B.2 ふるい分け係数の空間分布 (2010年9月29日採取)

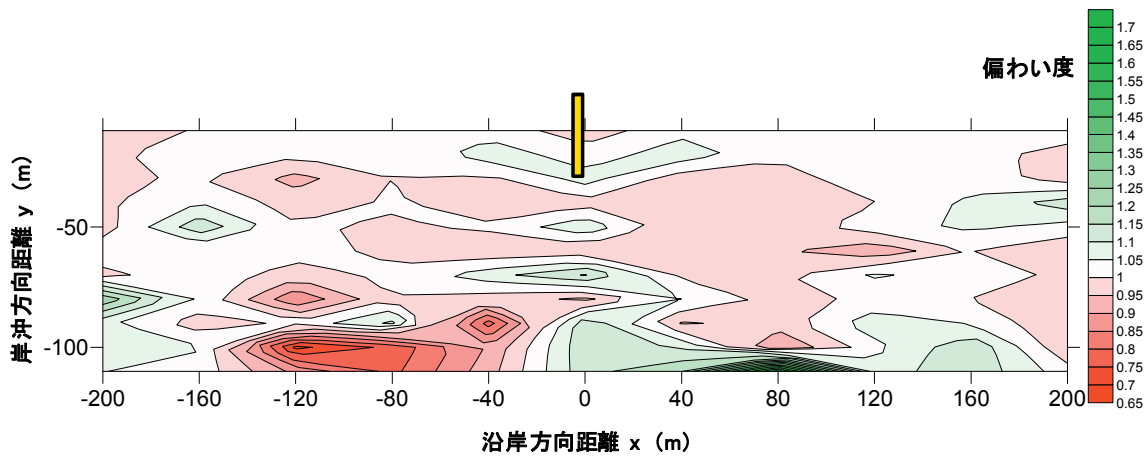


図-B.3 偏わい度の空間分布 (2010年9月29日採取)

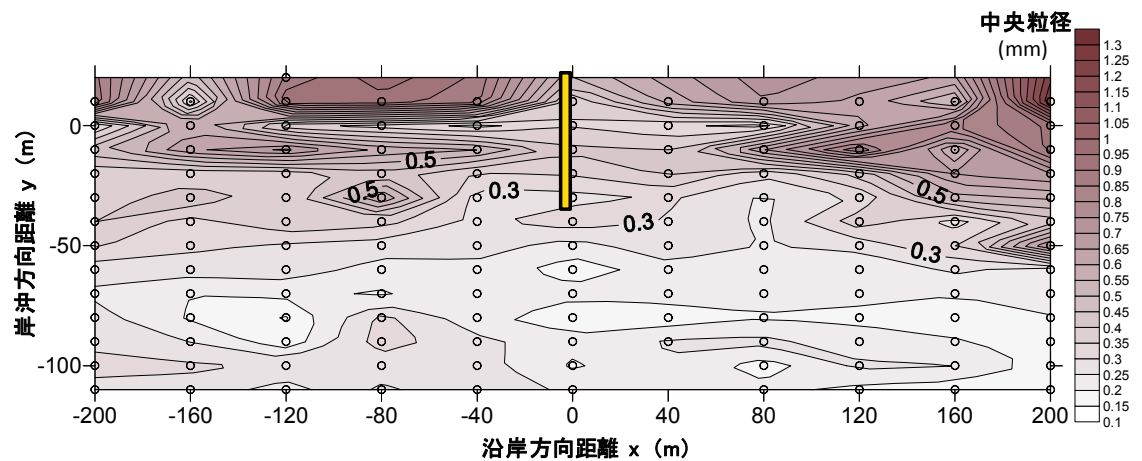


図-B.4 中央粒径の空間分布 (2011年3月15日採取, ○印は底質採取位置)

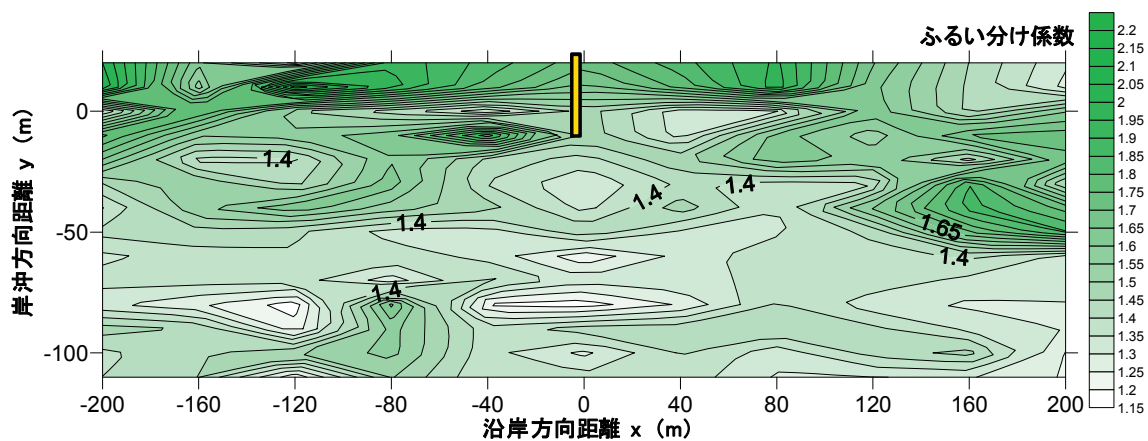


図-B.5 ふるい分け係数の空間分布 (2011年3月15日採取)

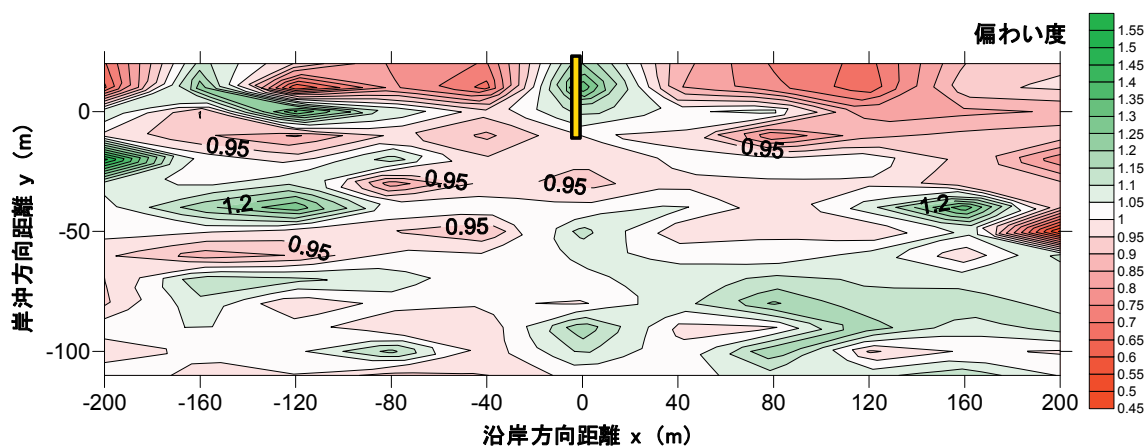


図-B.6 偏わい度の空間分布 (2011年3月15日採取)

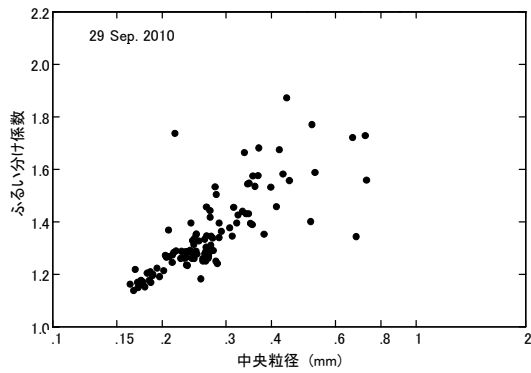


図-B.7 中央粒径とふるい分け係数の関係
(2010年9月29日採取)

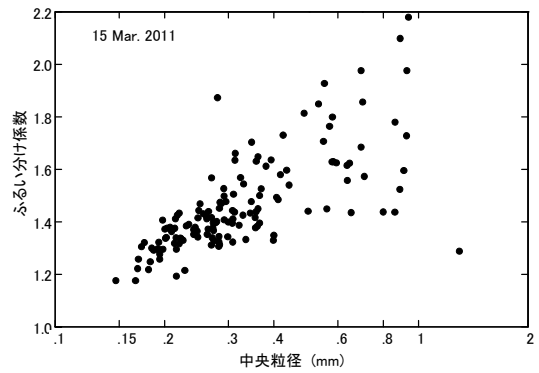


図-B.9 中央粒径とふるい分け係数の関係
(2011年3月15日採取)

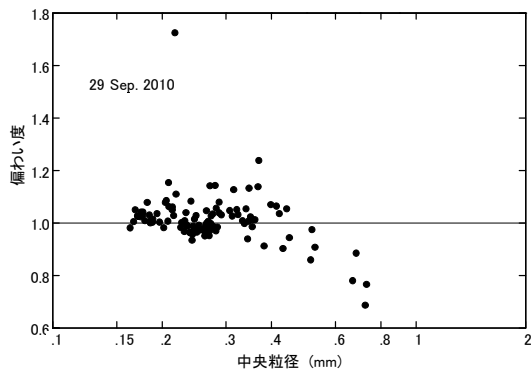


図-B.8 中央粒径と偏わい度の関係
(2010年9月29日採取)

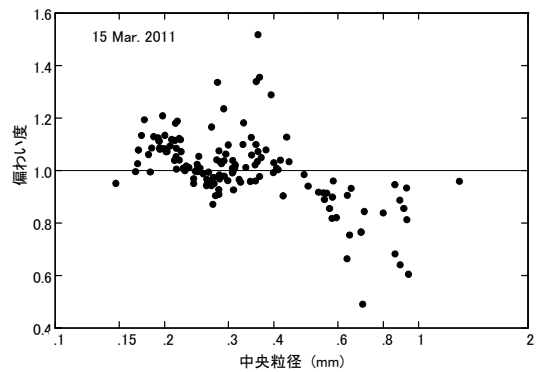


図-B.10 中央粒径と偏わい度の関係
(2011年3月15日採取)

図-B.7, 図-B.8に, 2010年9月29日に採取した試料の中央粒径とふるい分け係数の関係, 中央粒径と偏わい度の関係をそれぞれ示す。

図-B.9, 図-B.10に, 2011年3月15日に採取した試料の中央粒径とふるい分け係数の関係, 中央粒径と偏わい度の関係をそれぞれ示す。

ふるい分け係数および偏わい度は, 以下の式で示される。

$$\text{ふるい分け係数} = \sqrt{d_{75} / d_{25}}$$

$$\text{偏わい度} = \frac{d_{25} \times d_{75}}{d_{50} \times d_{50}}$$

ここで, d_{25} , d_{50} , d_{75} はそれぞれ, 粒度加積曲線で累加百分率が25%, 50%, 75%に対応する粒径である。

表B-1, 2に砂浜表面の底質粒径データを示す。

表B-1 底質粒径データ (2010年9月29日)

(単位 : mm)

x	y	d50	x	y	d50	x	y	d50
-200	-10	0.202	0	-80	0.325			
-200	-20	0.244	0	-90	0.281			
-200	-30	0.271	0	-100	0.367			
-200	-40	0.264	40	-10	0.194			
-200	-50	0.259	40	-20	0.204			
-200	-60	0.276	40	-30	0.245			
-200	-70	0.284	40	-40	0.249			
-200	-80	0.369	40	-50	0.264			
-200	-90	0.413	40	-60	0.262			
-200	-100	0.341	40	-70	0.233			
-160	-10	0.197	40	-80	0.169			
-160	-20	0.273	40	-90	0.448			
-160	-30	0.268	40	-95	0.421			
-160	-40	0.321	80	-10	0.177			
-160	-50	0.347	80	-20	0.189			
-160	-60	0.346	80	-30	0.239			
-160	-70	0.287	80	-40	0.270			
-160	-80	0.233	80	-50	0.248			
-160	-90	0.256	80	-60	0.266			
-160	-100	0.441	80	-70	0.253			
-120	-10	0.172	80	-80	0.163			
-120	-20	0.231	80	-90	0.271			
-120	-30	0.242	80	-100	0.430			
-120	-40	0.259	80	-105	0.217			
-120	-50	0.268	120	-10	0.175			
-120	-60	0.248	120	-20	0.213			
-120	-70	0.281	120	-30	0.307			
-120	-80	0.513	120	-40	0.273			
-120	-90	0.356	120	-50	0.312			
-120	-100	0.725	120	-60	0.382			
-120	-110	0.684	120	-70	0.282			
-80	-10	0.179	120	-80	0.360			
-80	-20	0.188	120	-90	0.240			
-80	-30	0.186	120	-100	0.324			
-80	-40	0.207	120	-105	0.333			
-80	-50	0.233	160	-10	0.167			
-80	-60	0.225	160	-20	0.177			
-80	-70	0.246	160	-30	0.171			
-80	-80	0.337	160	-40	0.209			
-80	-90	0.219	160	-50	0.214			
-80	-100	0.731	160	-60	0.226			
-40	-10	0.185	160	-70	0.215			
-40	-20	0.182	160	-80	0.265			
-40	-30	0.235	160	-90	0.265			
-40	-40	0.230	160	-100	0.280			
-40	-50	0.186	200	-10	0.175			
-40	-60	0.239	200	-20	0.246			
-40	-70	0.287	200	-30	0.269			
-40	-80	0.517	200	-40	0.315			
-40	-90	0.669	200	-50	0.291			
-40	-100	0.527	200	-60	0.264			
0	-10	0.249	200	-70	0.277			
0	-20	0.350	200	-80	0.245			
0	-30	0.398	200	-90	0.262			
0	-40	0.354	200	-100	0.243			
0	-50	0.206	200	-105	0.364			
0	-60	0.247						
0	-70	0.208						

表B-2 底質粒径データ (2011年3月15日)

(単位 : mm)

x	y	d50	x	y	d50	x	y	d50
-200	10	0.891	-40	-40	0.287	160	10	0.497
-200	0	0.300	-40	-50	0.282	160	0	0.800
-200	-10	0.485	-40	-60	0.225	160	-10	0.548
-200	-20	0.362	-40	-70	0.247	160	-20	0.653
-200	-30	0.362	-40	-80	0.216	160	-30	0.531
-200	-40	0.400	-40	-90	0.264	160	-40	0.280
-200	-50	0.355	-40	-100	0.273	160	-50	0.348
-200	-60	0.271	-40	-110	0.262	160	-60	0.261
-200	-70	0.241	0	10	0.358	160	-70	0.201
-200	-80	0.269	0	0	0.347	160	-80	0.187
-200	-90	0.284	0	-10	0.411	160	-90	0.202
-200	-100	0.303	0	-20	0.356	160	-100	0.251
-200	-110	0.279	0	-30	0.280	160	-110	0.173
-160	10	0.291	0	-40	0.335	200	10	1.296
-160	0	0.580	0	-50	0.220	200	0	0.912
-160	-10	0.638	0	-60	0.181	200	-10	0.927
-160	-20	0.360	0	-70	0.213	200	-20	0.695
-160	-30	0.441	0	-80	0.167	200	-30	0.559
-160	-40	0.330	0	-90	0.217	200	-40	0.424
-160	-50	0.312	0	-100	0.194	200	-50	0.702
-160	-60	0.272	0	-110	0.246	200	-60	0.221
-160	-70	0.201	40	10	0.569	200	-70	0.215
-160	-80	0.194	40	0	0.308	200	-80	0.198
-160	-90	0.248	40	-10	0.399	200	-90	0.192
-160	-100	0.308	40	-20	0.407	200	-100	0.183
-160	-110	0.283	40	-30	0.309	200	-110	0.170
-120	20	0.861	40	-40	0.295			
-120	10	0.939	40	-50	0.299			
-120	0	0.365	40	-60	0.220			
-120	-10	0.710	40	-70	0.222			
-120	-20	0.365	40	-80	0.170			
-120	-30	0.357	40	-90	0.256			
-120	-40	0.393	80	10	0.695			
-120	-50	0.292	80	0	0.283			
-120	-60	0.277	80	-10	0.647			
-120	-70	0.214	80	-20	0.313			
-120	-80	0.147	80	-30	0.243			
-120	-90	0.169	80	-40	0.241			
-120	-100	0.292	80	-50	0.247			
-120	-110	0.228	80	-60	0.233			
-80	10	0.929	80	-70	0.209			
-80	0	0.329	80	-80	0.198			
-80	-10	0.583	80	-90	0.264			
-80	-20	0.434	80	-100	0.176			
-80	-30	0.595	80	-110	0.216			
-80	-40	0.369	120	10	0.636			
-80	-50	0.274	120	0	0.578			
-80	-60	0.230	120	-10	0.889			
-80	-70	0.194	120	-20	0.417			
-80	-80	0.313	120	-30	0.307			
-80	-90	0.324	120	-40	0.380			
-80	-100	0.270	120	-50	0.270			
-80	-110	0.310	120	-60	0.203			
-40	10	0.862	120	-70	0.207			
-40	0	0.284	120	-80	0.193			
-40	-10	0.551	120	-90	0.215			
-40	-20	0.344	120	-100	0.261			
-40	-30	0.273	120	-110	0.185			

付録C 遡上痕跡データ

表-C1, 表-C2に, 遡上痕跡データを示す. ここで, x, y 座標はHORS固有の座標であり, z は, D.L.基準の高さである.

表-C1 遡上痕跡データ(1)

(単位 : m)

X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
289.90	-117.54	7.44	212.52	-153.13	8.31	134.03	-141.40	7.71
286.31	-115.73	7.53	209.46	-151.45	8.02	132.91	-141.07	7.73
282.81	-118.31	7.95	205.64	-149.48	8.03	132.55	-137.37	8.17
279.79	-118.63	8.01	202.33	-147.78	8.13	132.20	-136.69	8.11
277.02	-122.99	8.02	200.45	-145.15	8.13	130.69	-139.24	7.87
277.12	-124.01	8.21	197.66	-144.93	8.21	129.69	-137.86	7.97
277.01	-126.58	8.06	195.43	-141.22	8.28	128.83	-135.63	7.89
278.95	-130.58	8.42	195.20	-137.89	8.25	126.79	-134.64	7.79
279.94	-133.06	7.78	192.39	-136.37	8.39	125.06	-136.37	7.77
281.40	-134.08	7.40	191.93	-133.78	8.45	126.21	-140.48	7.53
283.79	-134.30	7.48	189.68	-131.88	8.42	125.82	-142.16	7.48
286.39	-135.35	6.97	186.18	-131.11	8.55	124.22	-141.34	7.55
289.68	-136.26	6.77	184.64	-128.23	8.36	122.74	-138.65	7.64
292.51	-136.01	7.08	182.56	-126.81	8.91	122.05	-137.34	7.70
301.90	-137.27	7.06	180.83	-125.79	8.92	120.83	-136.89	7.83
309.58	-139.14	7.35	179.78	-125.72	9.18	118.08	-135.23	8.08
316.81	-142.13	7.30	179.76	-127.19	9.01	114.78	-133.00	8.42
321.68	-144.94	7.44	178.01	-127.73	8.65	113.14	-131.32	8.50
322.46	-147.10	7.44	177.49	-129.85	8.84	111.51	-131.29	8.45
318.94	-146.77	7.35	175.52	-129.89	8.66	111.50	-132.96	8.49
316.89	-145.86	7.41	172.76	-127.63	8.29	111.25	-134.05	8.38
313.75	-147.52	7.38	168.89	-127.97	8.25	110.53	-133.50	8.50
311.84	-148.76	7.61	166.67	-127.28	7.99	109.76	-134.26	8.14
312.11	-150.81	7.88	164.40	-128.61	8.25	110.96	-135.77	8.02
314.83	-153.44	7.93	163.17	-129.14	8.18	113.52	-137.20	7.93
313.61	-156.74	7.79	161.88	-130.69	8.25	113.50	-138.16	7.88
311.79	-156.95	7.65	161.27	-132.62	8.25	109.58	-136.89	8.04
312.64	-159.61	7.39	159.97	-133.19	8.21	107.59	-137.68	8.19
317.16	-159.97	7.43	158.57	-131.43	8.12	105.53	-137.44	8.21
316.67	-165.09	7.52	157.71	-127.98	7.86	104.53	-136.59	8.22
309.29	-166.59	7.67	156.36	-125.85	7.85	103.79	-135.73	8.23
298.71	-163.77	7.75	155.23	-125.28	8.43	103.94	-132.57	8.19
290.84	-159.52	7.34	154.90	-125.86	8.44	102.09	-131.68	8.31
284.16	-155.37	7.40	152.90	-124.89	8.61	99.31	-128.00	8.39
278.90	-150.92	7.39	151.00	-124.93	9.59	96.34	-126.04	8.35
271.39	-147.80	7.74	149.95	-125.48	10.10	94.45	-123.63	7.93
267.46	-142.46	7.45	148.11	-126.03	10.02	92.47	-122.21	7.95
265.56	-141.13	7.51	146.34	-125.99	9.96	89.88	-121.67	8.04
259.93	-142.53	7.85	145.01	-124.93	9.96	86.69	-120.72	8.20
258.70	-146.62	8.17	143.21	-123.07	9.30	83.64	-120.36	8.38
255.11	-149.44	8.27	140.71	-122.08	8.49	81.23	-120.59	8.44
249.27	-147.86	8.30	137.73	-122.31	8.18	79.89	-121.48	8.73
246.72	-147.83	8.61	136.11	-123.40	8.14	77.47	-122.05	8.67
245.50	-149.77	9.62	137.82	-126.19	8.47	75.61	-123.36	8.90
246.12	-152.39	9.48	137.62	-127.06	8.33	73.81	-123.17	8.67
245.55	-155.11	9.18	139.16	-128.40	8.46	71.27	-123.83	8.81
247.54	-158.25	9.05	138.21	-130.28	8.49	67.48	-124.00	8.57
245.03	-159.02	8.99	137.53	-133.06	8.44	64.35	-124.34	8.63
241.52	-159.28	8.96	139.21	-135.87	8.22	60.68	-124.69	8.40
239.37	-161.34	8.71	139.09	-140.19	7.87	56.81	-124.47	8.17
236.25	-160.08	8.67	138.62	-145.39	7.54	54.97	-124.45	8.29
233.94	-158.17	8.52	137.77	-148.21	7.37	52.28	-124.61	8.09
232.91	-160.47	8.80	135.05	-148.36	7.37	50.00	-124.58	8.07
230.77	-160.86	8.93	133.57	-146.23	7.43	50.39	-126.27	8.09
226.25	-157.81	8.97	134.50	-142.66	7.66	49.86	-128.18	8.20
220.22	-154.99	8.92	134.86	-140.50	7.87	47.04	-127.41	8.17
217.20	-155.06	8.92	134.86	-139.65	7.96	45.46	-127.87	8.21
214.69	-153.09	8.48	134.50	-139.73	7.90	42.82	-128.81	8.48

表-C2 遡上痕跡データ(2)

(単位 : m)

X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
40.49	-130.17	8.85	-119.77	-114.66	7.82	-285.40	-146.06	7.05
38.52	-130.53	8.95	-124.01	-115.30	8.18	-288.51	-142.96	7.70
36.35	-130.25	8.95	-130.56	-114.95	8.19	-290.81	-141.09	7.91
28.91	-129.75	7.39	-134.37	-115.32	8.33	-293.70	-139.73	7.50
28.47	-133.69	7.42	-137.70	-115.51	8.10	-294.42	-139.43	7.23
28.43	-133.76	7.45	-140.79	-115.67	8.39	-293.36	-143.37	6.99
26.23	-135.31	7.49	-143.13	-114.36	8.22	-290.18	-147.47	6.90
23.75	-135.71	7.59	-148.86	-114.22	7.89	-289.44	-150.46	6.86
20.81	-131.60	7.45	-152.28	-112.68	7.23	-295.53	-150.31	6.79
16.74	-127.37	7.57	-159.82	-113.81	7.29	-298.80	-150.82	6.87
13.95	-122.70	7.37	-165.97	-113.46	7.00	-302.75	-149.54	6.88
11.94	-119.88	7.40	-171.46	-116.14	7.56	-303.81	-143.88	6.60
10.50	-118.25	7.29	-174.52	-118.93	7.63	-307.30	-137.58	6.42
5.87	-117.85	7.68	-176.77	-116.76	7.45	-310.15	-136.54	6.94
0.25	-116.49	7.66	-179.56	-119.03	8.13	-313.60	-134.11	7.38
-4.64	-116.08	7.78	-185.62	-120.78	8.86	-317.45	-133.78	7.41
-11.02	-113.08	7.38	-191.83	-120.20	8.11	-316.70	-135.25	7.36
-15.43	-112.31	7.51	-196.00	-120.03	7.78	-312.87	-138.53	7.01
-18.77	-110.26	7.25	-199.44	-120.87	8.10	-308.82	-143.16	6.91
-26.21	-110.32	7.41	-201.60	-121.24	8.11	-307.51	-145.84	6.84
-30.91	-108.91	7.27	-208.42	-119.96	7.93	-305.35	-148.25	6.85
-34.59	-111.07	7.55	-211.13	-121.48	8.33	-308.23	-147.58	6.84
-39.71	-113.18	7.94	-213.69	-122.20	8.32	-312.54	-142.26	6.95
-47.06	-115.95	8.95	-214.27	-123.12	8.16	-313.92	-140.00	6.97
-49.30	-118.58	9.32	-216.85	-122.31	8.19	-321.08	-136.82	7.37
-51.21	-119.57	9.40	-217.48	-124.62	7.38	-327.11	-133.26	7.43
-55.46	-118.27	9.42	-214.69	-125.94	7.29	-332.49	-134.16	7.38
-58.23	-117.66	9.48	-211.32	-126.41	7.55	-335.85	-135.09	7.20
-57.64	-119.64	9.22	-210.35	-128.25	7.45	-337.95	-136.50	6.90
-55.98	-121.59	9.47	-215.72	-128.78	7.34	-344.47	-135.78	6.31
-57.52	-125.96	9.12	-223.53	-129.07	7.38	-341.04	-132.54	7.09
-56.24	-130.37	9.20	-226.11	-128.83	7.30	-339.25	-127.56	7.44
-59.41	-134.46	9.06	-227.54	-127.99	7.02	-337.95	-123.61	7.41
-61.79	-145.49	8.22	-234.22	-128.75	7.30	-339.01	-121.86	7.21
-64.22	-144.71	8.26	-242.27	-130.67	7.83	-342.54	-120.49	6.80
-61.98	-134.64	8.99	-248.67	-131.14	8.14	-294.71	-131.85	7.29
-63.91	-129.31	9.19	-250.60	-132.18	8.44	-294.63	-131.34	7.17
-64.33	-124.53	8.97	-247.71	-132.99	8.44	-296.55	-129.97	7.49
-66.72	-120.32	9.12	-245.46	-134.47	8.58	-298.07	-128.69	8.08
-67.37	-117.65	8.57	-247.77	-135.00	8.38	-298.89	-128.10	8.26
-69.21	-114.34	8.40	-252.05	-135.56	7.96	-298.80	-129.00	7.35
-71.21	-114.31	8.63	-254.77	-136.90	7.15	-298.19	-131.44	6.30
-73.28	-116.20	9.20	-255.72	-139.02	5.89	-296.34	-133.18	6.48
-71.90	-118.00	9.10	-249.77	-139.95	6.22	-295.06	-132.32	7.17
-73.53	-119.14	8.80	-245.01	-140.14	6.37	-294.75	-131.86	7.28
-80.11	-115.17	8.75	-243.99	-141.91	6.41			
-85.94	-113.87	8.38	-244.33	-142.47	6.18			
-90.98	-114.54	8.39	-260.86	-155.97	6.14			
-92.91	-115.93	8.52	-263.48	-154.98	6.58			
-98.97	-116.88	8.74	-266.19	-157.00	6.86			
-101.76	-116.41	8.26	-271.77	-157.02	6.96			
-103.10	-117.11	7.70	-272.32	-155.32	6.86			
-104.37	-116.22	7.84	-273.33	-154.47	6.91			
-105.41	-114.21	8.01	-274.28	-154.46	6.88			
-107.41	-114.87	8.40	-274.54	-156.04	7.13			
-111.35	-116.22	8.69	-274.55	-157.62	6.89			
-114.59	-115.60	8.33	-276.42	-156.83	6.87			
-116.01	-114.31	7.82	-282.52	-150.94	6.91			

付録D 地下水位の長期的変化およびデータ

図-D1は、地震発生前から5月5日までの地下水位の変化を示している。

海側の $y=-65\text{m}$ 地点の地下水位は、津波遡上以降ゆっくり低下し、13日9時頃に地震発生直前の水位と同一になり、15日7時にはD.L.+1.9mまで低下した。その後、荒天時の波の遡上に伴って何回かの地下水位の上昇、低下が見られる。

陸側の $y=-115\text{m}$ 地点の地下水位は、12日18時頃までゆっくり上昇し、それ以降は上昇の時よりも遅いスピードで低下している。その後、 $y=-115\text{m}$ 地点においても波の遡上とともに地下水位は上昇するものの、 $y=-65\text{m}$ 地点に比べると上昇量は少ない。 $y=-115\text{m}$ 地点の地下水位が地震発生前の地下水位に戻ったのは、4月6日頃である。

このように、通常時の陸側の地下水位は、海側の地下水位よりも高い。荒天になり砂浜に波が遡上すると海側の地下水位の方が高くなる場合（図中4月21日頃）がある。地震発生前の地下水位が、陸側と海側でほぼ同じなのは、このためと考えられる。

表-D1～D4に、地下水位データを示す。ここで、水位は、D.L.基準の高さである。

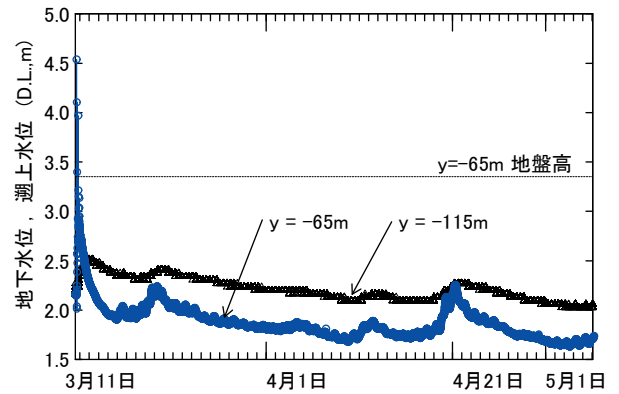


図-D1 地下水位の長期的な変化

表-D1 水位データ (1)

(単位 : m)

年	月	日	時	分	水位(D.L.,m)		年	月	日	時	分	水位(D.L.,m)	
					y=-65	y=-115						y=-65	y=-115
2011	3	11	12	0	2.16	2.16	2011	3	11	21	30	2.85	2.29
2011	3	11	12	10	2.16	2.17	2011	3	11	21	40	2.85	2.29
2011	3	11	12	20	2.16	2.16	2011	3	11	21	50	2.86	2.30
2011	3	11	12	30	2.16	2.16	2011	3	11	22	0	2.92	2.30
2011	3	11	12	40	2.16	2.17	2011	3	11	22	10	2.86	2.30
2011	3	11	12	50	2.16	2.16	2011	3	11	22	20	2.84	2.31
2011	3	11	13	0	2.16	2.16	2011	3	11	22	30	3.14	2.31
2011	3	11	13	10	2.16	2.17	2011	3	11	22	40	3.04	2.31
2011	3	11	13	20	2.15	2.16	2011	3	11	22	50	2.95	2.31
2011	3	11	13	30	2.15	2.17	2011	3	11	23	0	2.90	2.32
2011	3	11	13	40	2.15	2.16	2011	3	11	23	10	2.87	2.32
2011	3	11	13	50	2.16	2.16	2011	3	11	23	20	2.86	2.32
2011	3	11	14	0	2.15	2.17	2011	3	11	23	30	2.85	2.32
2011	3	11	14	10	2.15	2.16	2011	3	11	23	40	2.85	2.32
2011	3	11	14	20	2.15	2.16	2011	3	11	23	50	2.83	2.32
2011	3	11	14	30	2.15	2.16	2011	3	12	0	0	2.81	2.34
2011	3	11	14	40	2.15	2.16	2011	3	12	0	10	2.81	2.33
2011	3	11	14	50	2.15	2.16	2011	3	12	0	20	2.78	2.31
2011	3	11	15	0	2.17	2.22	2011	3	12	0	30	2.78	2.33
2011	3	11	15	10	2.16	2.21	2011	3	12	0	40	2.77	2.34
2011	3	11	15	20	2.16	2.18	2011	3	12	0	50	2.76	2.34
2011	3	11	15	30	2.18	2.21	2011	3	12	1	0	2.76	2.34
2011	3	11	15	40	4.54	2.22	2011	3	12	1	10	2.76	2.35
2011	3	11	15	50	2.16	2.22	2011	3	12	1	20	2.75	2.35
2011	3	11	16	0	2.04	2.22	2011	3	12	1	30	2.73	2.35
2011	3	11	16	10	2.02	2.22	2011	3	12	1	40	2.73	2.35
2011	3	11	16	20	4.11	2.26	2011	3	12	1	50	2.72	2.36
2011	3	11	16	30	2.39	2.23	2011	3	12	2	0	2.71	2.36
2011	3	11	16	40	2.25	2.23	2011	3	12	2	10	2.71	2.36
2011	3	11	16	50	2.21	2.22	2011	3	12	2	20	2.70	2.37
2011	3	11	17	0	2.21	2.23	2011	3	12	2	30	2.69	2.36
2011	3	11	17	10	3.40	2.24	2011	3	12	2	40	2.69	2.37
2011	3	11	17	20	2.57	2.23	2011	3	12	2	50	2.69	2.37
2011	3	11	17	30	2.48	2.24	2011	3	12	3	0	2.67	2.37
2011	3	11	17	40	2.63	2.24	2011	3	12	3	10	2.67	2.38
2011	3	11	17	50	2.57	2.24	2011	3	12	3	20	2.67	2.38
2011	3	11	18	0	2.57	2.24	2011	3	12	3	30	2.65	2.38
2011	3	11	18	10	2.57	2.24	2011	3	12	3	40	2.65	2.38
2011	3	11	18	20	2.57	2.24	2011	3	12	3	50	2.64	2.38
2011	3	11	18	30	2.58	2.25	2011	3	12	4	0	2.65	2.39
2011	3	11	18	40	2.93	2.25	2011	3	12	4	10	2.65	2.39
2011	3	11	18	50	2.74	2.26	2011	3	12	4	20	2.64	2.39
2011	3	11	19	0	2.69	2.26	2011	3	12	4	30	2.64	2.38
2011	3	11	19	10	2.71	2.26	2011	3	12	4	40	2.63	2.40
2011	3	11	19	20	2.70	2.26	2011	3	12	4	50	2.62	2.40
2011	3	11	19	30	2.69	2.26	2011	3	12	5	0	2.71	2.40
2011	3	11	19	40	2.71	2.27	2011	3	12	5	10	2.68	2.40
2011	3	11	19	50	3.97	2.28	2011	3	12	5	20	2.66	2.41
2011	3	11	20	0	3.21	2.27	2011	3	12	5	30	2.65	2.42
2011	3	11	20	10	2.92	2.27	2011	3	12	5	40	2.65	2.41
2011	3	11	20	20	2.86	2.28	2011	3	12	5	50	2.64	2.41
2011	3	11	20	30	2.83	2.28	2011	3	12	6	0	2.64	2.41
2011	3	11	20	40	3.15	2.28	2011	3	12	6	10	2.63	2.41
2011	3	11	20	50	3.03	2.28	2011	3	12	6	20	2.63	2.41
2011	3	11	21	0	2.94	2.28	2011	3	12	6	30	2.62	2.42
2011	3	11	21	10	2.90	2.29	2011	3	12	6	40	2.62	2.42
2011	3	11	21	20	2.87	2.27	2011	3	12	6	50	2.62	2.43

表-D2 水位データ (2)

(単位 : m)

年	月	日	時	分	水位(D.L.,m)		年	月	日	時	分	水位(D.L.,m)	
					y=-65	y=-115						y=-65	y=-115
2011	3	12	7	0	2.61	2.42	2011	3	12	16	30	2.40	2.49
2011	3	12	7	10	2.61	2.43	2011	3	12	16	40	2.40	2.49
2011	3	12	7	20	2.61	2.42	2011	3	12	16	50	2.39	2.49
2011	3	12	7	30	2.60	2.43	2011	3	12	17	0	2.39	2.49
2011	3	12	7	40	2.60	2.43	2011	3	12	17	10	2.39	2.49
2011	3	12	7	50	2.59	2.44	2011	3	12	17	20	2.38	2.49
2011	3	12	8	0	2.59	2.44	2011	3	12	17	30	2.38	2.50
2011	3	12	8	10	2.58	2.43	2011	3	12	17	40	2.38	2.50
2011	3	12	8	20	2.58	2.44	2011	3	12	17	50	2.38	2.50
2011	3	12	8	30	2.58	2.44	2011	3	12	18	0	2.37	2.49
2011	3	12	8	40	2.58	2.45	2011	3	12	18	10	2.36	2.49
2011	3	12	8	50	2.58	2.45	2011	3	12	18	20	2.36	2.49
2011	3	12	9	0	2.57	2.44	2011	3	12	18	30	2.36	2.50
2011	3	12	9	10	2.56	2.44	2011	3	12	18	40	2.36	2.49
2011	3	12	9	20	2.56	2.45	2011	3	12	18	50	2.36	2.50
2011	3	12	9	30	2.56	2.45	2011	3	12	19	0	2.35	2.50
2011	3	12	9	40	2.56	2.45	2011	3	12	19	10	2.35	2.50
2011	3	12	9	50	2.56	2.45	2011	3	12	19	20	2.35	2.50
2011	3	12	10	0	2.55	2.46	2011	3	12	19	30	2.34	2.50
2011	3	12	10	10	2.54	2.46	2011	3	12	19	40	2.34	2.50
2011	3	12	10	20	2.54	2.46	2011	3	12	19	50	2.34	2.50
2011	3	12	10	30	2.54	2.46	2011	3	12	20	0	2.34	2.50
2011	3	12	10	40	2.53	2.46	2011	3	12	20	10	2.34	2.50
2011	3	12	10	50	2.52	2.46	2011	3	12	20	20	2.33	2.50
2011	3	12	11	0	2.53	2.46	2011	3	12	20	30	2.33	2.50
2011	3	12	11	10	2.53	2.47	2011	3	12	20	40	2.33	2.50
2011	3	12	11	20	2.52	2.47	2011	3	12	20	50	2.33	2.50
2011	3	12	11	30	2.52	2.47	2011	3	12	21	0	2.33	2.50
2011	3	12	11	40	2.51	2.46	2011	3	12	21	10	2.32	2.50
2011	3	12	11	50	2.50	2.47	2011	3	12	21	20	2.32	2.50
2011	3	12	12	0	2.50	2.47	2011	3	12	21	30	2.32	2.50
2011	3	12	12	10	2.50	2.47	2011	3	12	21	40	2.32	2.50
2011	3	12	12	20	2.49	2.47	2011	3	12	21	50	2.31	2.50
2011	3	12	12	30	2.49	2.48	2011	3	12	22	0	2.31	2.50
2011	3	12	12	40	2.49	2.48	2011	3	12	22	10	2.31	2.50
2011	3	12	12	50	2.48	2.48	2011	3	12	22	20	2.31	2.50
2011	3	12	13	0	2.47	2.47	2011	3	12	22	30	2.30	2.50
2011	3	12	13	10	2.47	2.47	2011	3	12	22	40	2.30	2.50
2011	3	12	13	20	2.47	2.48	2011	3	12	22	50	2.30	2.50
2011	3	12	13	30	2.47	2.48	2011	3	12	23	0	2.30	2.50
2011	3	12	13	40	2.47	2.48	2011	3	12	23	10	2.29	2.50
2011	3	12	13	50	2.46	2.48	2011	3	12	23	20	2.29	2.51
2011	3	12	14	0	2.46	2.48	2011	3	12	23	30	2.29	2.50
2011	3	12	14	10	2.45	2.48	2011	3	12	23	40	2.29	2.51
2011	3	12	14	20	2.45	2.48	2011	3	12	23	50	2.29	2.51
2011	3	12	14	30	2.44	2.48	2011	3	13	0	0	2.29	2.51
2011	3	12	14	40	2.44	2.49	2011	3	13	0	10	2.28	2.50
2011	3	12	14	50	2.44	2.49	2011	3	13	0	20	2.28	2.50
2011	3	12	15	0	2.43	2.49	2011	3	13	0	30	2.28	2.50
2011	3	12	15	10	2.43	2.49	2011	3	13	0	40	2.27	2.50
2011	3	12	15	20	2.43	2.49	2011	3	13	0	50	2.28	2.50
2011	3	12	15	30	2.42	2.49	2011	3	13	1	0	2.28	2.50
2011	3	12	15	40	2.42	2.49	2011	3	13	1	10	2.27	2.50
2011	3	12	15	50	2.42	2.49	2011	3	13	1	20	2.27	2.51
2011	3	12	16	0	2.41	2.49	2011	3	13	1	30	2.27	2.50
2011	3	12	16	10	2.41	2.49	2011	3	13	1	40	2.27	2.51
2011	3	12	16	20	2.40	2.49	2011	3	13	1	50	2.26	2.50

表-D3 水位データ (3)

(単位 : m)

年	月	日	時	分	水位(D.L.,m)		年	月	日	時	分	水位(D.L.,m)	
					y=-65	y=-115						y=-65	y=-115
2011	3	13	2	0	2.26	2.50	2011	3	13	11	30	2.18	2.50
2011	3	13	2	10	2.26	2.50	2011	3	13	11	40	2.18	2.50
2011	3	13	2	20	2.25	2.50	2011	3	13	11	50	2.18	2.49
2011	3	13	2	30	2.26	2.51	2011	3	13	12	0	2.18	2.50
2011	3	13	2	40	2.25	2.50	2011	3	13	12	10	2.18	2.50
2011	3	13	2	50	2.26	2.50	2011	3	13	12	20	2.17	2.49
2011	3	13	3	0	2.25	2.50	2011	3	13	12	30	2.17	2.49
2011	3	13	3	10	2.25	2.51	2011	3	13	12	40	2.17	2.49
2011	3	13	3	20	2.25	2.50	2011	3	13	12	50	2.17	2.49
2011	3	13	3	30	2.24	2.50	2011	3	13	13	0	2.17	2.49
2011	3	13	3	40	2.25	2.50	2011	3	13	13	10	2.17	2.49
2011	3	13	3	50	2.25	2.50	2011	3	13	13	20	2.17	2.49
2011	3	13	4	0	2.24	2.50	2011	3	13	13	30	2.17	2.49
2011	3	13	4	10	2.24	2.50	2011	3	13	13	40	2.16	2.49
2011	3	13	4	20	2.24	2.50	2011	3	13	13	50	2.16	2.49
2011	3	13	4	30	2.24	2.50	2011	3	13	14	0	2.16	2.49
2011	3	13	4	40	2.24	2.50	2011	3	13	14	10	2.16	2.49
2011	3	13	4	50	2.23	2.50	2011	3	13	14	20	2.16	2.49
2011	3	13	5	0	2.23	2.50	2011	3	13	14	30	2.16	2.49
2011	3	13	5	10	2.23	2.50	2011	3	13	14	40	2.16	2.49
2011	3	13	5	20	2.23	2.50	2011	3	13	14	50	2.15	2.49
2011	3	13	5	30	2.23	2.50	2011	3	13	15	0	2.15	2.49
2011	3	13	5	40	2.22	2.50	2011	3	13	15	10	2.15	2.48
2011	3	13	5	50	2.23	2.50	2011	3	13	15	20	2.15	2.49
2011	3	13	6	0	2.22	2.50	2011	3	13	15	30	2.14	2.48
2011	3	13	6	10	2.22	2.50	2011	3	13	15	40	2.14	2.48
2011	3	13	6	20	2.22	2.50	2011	3	13	15	50	2.14	2.48
2011	3	13	6	30	2.22	2.50	2011	3	13	16	0	2.14	2.48
2011	3	13	6	40	2.22	2.50	2011	3	13	16	10	2.14	2.48
2011	3	13	6	50	2.22	2.51	2011	3	13	16	20	2.14	2.48
2011	3	13	7	0	2.22	2.50	2011	3	13	16	30	2.14	2.48
2011	3	13	7	10	2.22	2.50	2011	3	13	16	40	2.14	2.48
2011	3	13	7	20	2.21	2.50	2011	3	13	16	50	2.13	2.48
2011	3	13	7	30	2.22	2.50	2011	3	13	17	0	2.14	2.48
2011	3	13	7	40	2.21	2.50	2011	3	13	17	10	2.13	2.48
2011	3	13	7	50	2.21	2.50	2011	3	13	17	20	2.13	2.48
2011	3	13	8	0	2.21	2.50	2011	3	13	17	30	2.13	2.47
2011	3	13	8	10	2.21	2.50	2011	3	13	17	40	2.13	2.48
2011	3	13	8	20	2.21	2.50	2011	3	13	17	50	2.12	2.47
2011	3	13	8	30	2.21	2.50	2011	3	13	18	0	2.13	2.47
2011	3	13	8	40	2.21	2.50	2011	3	13	18	10	2.12	2.47
2011	3	13	8	50	2.20	2.50	2011	3	13	18	20	2.12	2.47
2011	3	13	9	0	2.20	2.50	2011	3	13	18	30	2.12	2.47
2011	3	13	9	10	2.20	2.50	2011	3	13	18	40	2.12	2.47
2011	3	13	9	20	2.20	2.50	2011	3	13	18	50	2.12	2.47
2011	3	13	9	30	2.20	2.50	2011	3	13	19	0	2.11	2.47
2011	3	13	9	40	2.20	2.50	2011	3	13	19	10	2.11	2.47
2011	3	13	9	50	2.20	2.50	2011	3	13	19	20	2.11	2.47
2011	3	13	10	0	2.20	2.50	2011	3	13	19	30	2.11	2.47
2011	3	13	10	10	2.19	2.50	2011	3	13	19	40	2.11	2.47
2011	3	13	10	20	2.19	2.50	2011	3	13	19	50	2.11	2.47
2011	3	13	10	30	2.19	2.49	2011	3	13	20	0	2.11	2.47
2011	3	13	10	40	2.19	2.50	2011	3	13	20	10	2.11	2.47
2011	3	13	10	50	2.19	2.49	2011	3	13	20	20	2.10	2.47
2011	3	13	11	0	2.18	2.50	2011	3	13	20	30	2.10	2.47
2011	3	13	11	10	2.18	2.49	2011	3	13	20	40	2.10	2.46
2011	3	13	11	20	2.18	2.49	2011	3	13	20	50	2.10	2.46

表-D4 水位データ (4)

(単位 : m)

年	月	日	時	分	水位(D.L.,m)		年	月	日	時	分	水位(D.L.,m)	
					y=-65	y=-115						y=-65	y=-115
2011	3	13	21	0	2.10	2.47	2011	3	14	6	30	2.05	2.44
2011	3	13	21	10	2.10	2.47	2011	3	14	6	40	2.05	2.44
2011	3	13	21	20	2.09	2.46	2011	3	14	6	50	2.05	2.44
2011	3	13	21	30	2.10	2.46	2011	3	14	7	0	2.04	2.44
2011	3	13	21	40	2.09	2.46	2011	3	14	7	10	2.04	2.44
2011	3	13	21	50	2.09	2.46	2011	3	14	7	20	2.04	2.44
2011	3	13	22	0	2.09	2.46	2011	3	14	7	30	2.04	2.44
2011	3	13	22	10	2.09	2.46	2011	3	14	7	40	2.05	2.44
2011	3	13	22	20	2.09	2.46	2011	3	14	7	50	2.04	2.44
2011	3	13	22	30	2.09	2.46	2011	3	14	8	0	2.04	2.44
2011	3	13	22	40	2.09	2.46	2011	3	14	8	10	2.04	2.44
2011	3	13	22	50	2.09	2.46	2011	3	14	8	20	2.04	2.44
2011	3	13	23	0	2.08	2.46	2011	3	14	8	30	2.04	2.44
2011	3	13	23	10	2.08	2.46	2011	3	14	8	40	2.04	2.45
2011	3	13	23	20	2.08	2.46	2011	3	14	8	50	2.04	2.44
2011	3	13	23	30	2.08	2.46	2011	3	14	9	0	2.04	2.44
2011	3	13	23	40	2.08	2.46	2011	3	14	9	10	2.04	2.44
2011	3	13	23	50	2.08	2.46	2011	3	14	9	20	2.03	2.44
2011	3	14	0	0	2.08	2.46	2011	3	14	9	30	2.04	2.44
2011	3	14	0	10	2.08	2.46	2011	3	14	9	40	2.04	2.44
2011	3	14	0	20	2.08	2.46	2011	3	14	9	50	2.04	2.44
2011	3	14	0	30	2.08	2.46	2011	3	14	10	0	2.03	2.44
2011	3	14	0	40	2.08	2.46	2011	3	14	10	10	2.03	2.45
2011	3	14	0	50	2.07	2.46	2011	3	14	10	20	2.03	2.44
2011	3	14	1	0	2.08	2.46	2011	3	14	10	30	2.03	2.44
2011	3	14	1	10	2.07	2.46	2011	3	14	10	40	2.03	2.44
2011	3	14	1	20	2.07	2.46	2011	3	14	10	50	2.03	2.44
2011	3	14	1	30	2.07	2.46	2011	3	14	11	0	2.03	2.44
2011	3	14	1	40	2.07	2.46	2011	3	14	11	10	2.03	2.44
2011	3	14	1	50	2.07	2.45	2011	3	14	11	20	2.03	2.44
2011	3	14	2	0	2.07	2.45	2011	3	14	11	30	2.03	2.44
2011	3	14	2	10	2.07	2.46	2011	3	14	11	40	2.03	2.43
2011	3	14	2	20	2.07	2.45	2011	3	14	11	50	2.03	2.44
2011	3	14	2	30	2.07	2.45	2011	3	14	12	0	2.03	2.43
2011	3	14	2	40	2.07	2.45	2011	3	14	12	10	2.03	2.43
2011	3	14	2	50	2.06	2.45	2011	3	14	12	20	2.03	2.44
2011	3	14	3	0	2.06	2.45	2011	3	14	12	30	2.02	2.43
2011	3	14	3	10	2.06	2.45	2011	3	14	12	40	2.02	2.43
2011	3	14	3	20	2.06	2.45	2011	3	14	12	50	2.02	2.43
2011	3	14	3	30	2.06	2.45	2011	3	14	13	0	2.02	2.43
2011	3	14	3	40	2.06	2.45	2011	3	14	13	10	2.02	2.44
2011	3	14	3	50	2.06	2.45	2011	3	14	13	20	2.02	2.43
2011	3	14	4	0	2.06	2.45	2011	3	14	13	30	2.02	2.43
2011	3	14	4	10	2.06	2.45	2011	3	14	13	40	2.02	2.43
2011	3	14	4	20	2.05	2.45	2011	3	14	13	50	2.02	2.43
2011	3	14	4	30	2.05	2.45	2011	3	14	14	0	2.02	2.43
2011	3	14	4	40	2.05	2.45	2011	3	14	14	10	2.01	2.43
2011	3	14	4	50	2.05	2.45	2011	3	14	14	20	2.02	2.43
2011	3	14	5	0	2.05	2.45	2011	3	14	14	30	2.01	2.43
2011	3	14	5	10	2.05	2.45	2011	3	14	14	40	2.01	2.43
2011	3	14	5	20	2.05	2.45	2011	3	14	14	50	2.01	2.43
2011	3	14	5	30	2.05	2.45	2011	3	14	15	0	2.01	2.43
2011	3	14	5	40	2.05	2.45	2011	3	14	15	10	2.01	2.43
2011	3	14	5	50	2.05	2.45	2011	3	14	15	20	2.01	2.42
2011	3	14	6	0	2.05	2.45	2011	3	14	15	30	2.01	2.42
2011	3	14	6	10	2.05	2.44	2011	3	14	15	40	2.00	2.42
2011	3	14	6	20	2.04	2.45	2011	3	14	15	50	2.00	2.42

付録E 地下水温・海水温の変化およびデータ

図-E1は、2011年3月9日から11日までの銚子における気温の日周変化を黒線で、HORSにおける海水温の日周変化を赤線で示したものである。

気温は、3時から7時頃に低くなり、9時から17時の間に高くなる日周変化が見られ、日変化量は、最大8.5℃である。

海水温には、気温よりも少し遅れた位相で日周変化が見られるものの、日変化量は、0.5℃以下で少ない。

表E1～E5に地下水温データを示す。

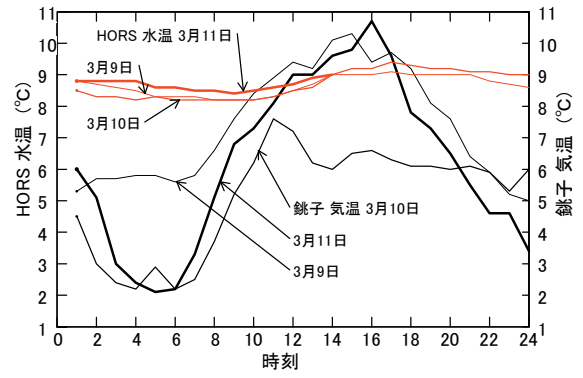


図-E1 気温と海水温の日周変化

表-E1 地下水水温データ (1)

(単位: °C)

年	月	日	時	分	水温		年	月	日	時	分	水温	
					y=-65	y=-115						y=-65	y=-115
2011	3	11	12	0	15.2	17.1	2011	3	11	21	30	10.7	17.2
2011	3	11	12	10	15.2	17.1	2011	3	11	21	40	10.8	17.2
2011	3	11	12	20	15.3	17.1	2011	3	11	21	50	10.8	17.2
2011	3	11	12	30	15.3	17.1	2011	3	11	22	0	11.0	17.2
2011	3	11	12	40	15.2	17.1	2011	3	11	22	10	11.0	17.2
2011	3	11	12	50	15.2	17.1	2011	3	11	22	20	11.0	17.2
2011	3	11	13	0	15.2	17.1	2011	3	11	22	30	11.1	17.3
2011	3	11	13	10	15.2	17.1	2011	3	11	22	40	11.3	17.3
2011	3	11	13	20	15.3	17.1	2011	3	11	22	50	11.3	17.3
2011	3	11	13	30	15.3	17.1	2011	3	11	23	0	11.5	17.3
2011	3	11	13	40	15.3	17.1	2011	3	11	23	10	11.3	17.3
2011	3	11	13	50	15.3	17.1	2011	3	11	23	20	11.3	17.2
2011	3	11	14	0	15.2	17.1	2011	3	11	23	30	11.3	17.3
2011	3	11	14	10	15.3	17.1	2011	3	11	23	40	11.3	17.3
2011	3	11	14	20	15.2	17.1	2011	3	11	23	50	11.3	17.3
2011	3	11	14	30	15.2	17.1	2011	3	12	0	0	11.4	17.2
2011	3	11	14	40	15.2	17.1	2011	3	12	0	10	11.4	17.3
2011	3	11	14	50	15.3	17.1	2011	3	12	0	20	11.4	17.3
2011	3	11	15	0	15.2	17.1	2011	3	12	0	30	11.4	17.3
2011	3	11	15	10	15.3	17.2	2011	3	12	0	40	11.4	17.3
2011	3	11	15	20	15.3	17.2	2011	3	12	0	50	11.5	17.3
2011	3	11	15	30	15.3	17.3	2011	3	12	1	0	11.5	17.2
2011	3	11	15	40	12.0	17.3	2011	3	12	1	10	11.5	17.3
2011	3	11	15	50	9.3	17.3	2011	3	12	1	20	11.5	17.3
2011	3	11	16	0	9.5	17.3	2011	3	12	1	30	11.5	17.3
2011	3	11	16	10	9.8	17.3	2011	3	12	1	40	11.5	17.3
2011	3	11	16	20	9.4	17.3	2011	3	12	1	50	11.5	17.3
2011	3	11	16	30	9.2	17.3	2011	3	12	2	0	11.6	17.3
2011	3	11	16	40	9.3	17.3	2011	3	12	2	10	11.6	17.3
2011	3	11	16	50	9.6	17.3	2011	3	12	2	20	11.6	17.3
2011	3	11	17	0	10.0	17.3	2011	3	12	2	30	11.6	17.3
2011	3	11	17	10	10.1	17.2	2011	3	12	2	40	11.6	17.2
2011	3	11	17	20	9.5	17.2	2011	3	12	2	50	11.6	17.3
2011	3	11	17	30	9.6	17.2	2011	3	12	3	0	11.6	17.2
2011	3	11	17	40	9.9	17.1	2011	3	12	3	10	11.6	17.3
2011	3	11	17	50	10.2	17.1	2011	3	12	3	20	11.7	17.3
2011	3	11	18	0	10.6	17.1	2011	3	12	3	30	11.7	17.2
2011	3	11	18	10	10.8	17.1	2011	3	12	3	40	11.7	17.3
2011	3	11	18	20	10.9	17.1	2011	3	12	3	50	11.7	17.3
2011	3	11	18	30	11.0	17.1	2011	3	12	4	0	11.7	17.3
2011	3	11	18	40	10.7	17.1	2011	3	12	4	10	11.7	17.3
2011	3	11	18	50	10.3	17.1	2011	3	12	4	20	11.7	17.2
2011	3	11	19	0	10.4	17.1	2011	3	12	4	30	11.8	17.2
2011	3	11	19	10	10.5	17.1	2011	3	12	4	40	11.8	17.3
2011	3	11	19	20	10.8	17.1	2011	3	12	4	50	11.8	17.3
2011	3	11	19	30	10.9	17.1	2011	3	12	5	0	11.9	17.3
2011	3	11	19	40	11.0	17.1	2011	3	12	5	10	12.0	17.2
2011	3	11	19	50	10.8	17.1	2011	3	12	5	20	12.1	17.2
2011	3	11	20	0	9.5	17.2	2011	3	12	5	30	12.1	17.2
2011	3	11	20	10	9.5	17.2	2011	3	12	5	40	12.1	17.2
2011	3	11	20	20	9.6	17.1	2011	3	12	5	50	12.2	17.2
2011	3	11	20	30	9.7	17.1	2011	3	12	6	0	12.2	17.2
2011	3	11	20	40	10.1	17.1	2011	3	12	6	10	12.3	17.2
2011	3	11	20	50	10.3	17.1	2011	3	12	6	20	12.3	17.2
2011	3	11	21	0	10.4	17.2	2011	3	12	6	30	12.4	17.2
2011	3	11	21	10	10.6	17.2	2011	3	12	6	40	12.4	17.2
2011	3	11	21	20	10.6	17.2	2011	3	12	6	50	12.4	17.2

表-E2 地下水温データ (2)

(単位: °C)

年	月	日	時	分	水温		年	月	日	時	分	水温	
					y=-65	y=-115						y=-65	y=-115
2011	3	12	7	0	12.4	17.2	2011	3	12	16	30	12.8	17.0
2011	3	12	7	10	12.4	17.2	2011	3	12	16	40	12.8	17.0
2011	3	12	7	20	12.5	17.2	2011	3	12	16	50	12.8	17.0
2011	3	12	7	30	12.4	17.2	2011	3	12	17	0	12.8	17.0
2011	3	12	7	40	12.5	17.2	2011	3	12	17	10	12.8	17.0
2011	3	12	7	50	12.4	17.2	2011	3	12	17	20	12.8	17.0
2011	3	12	8	0	12.5	17.2	2011	3	12	17	30	12.8	17.0
2011	3	12	8	10	12.5	17.2	2011	3	12	17	40	12.9	17.0
2011	3	12	8	20	12.5	17.2	2011	3	12	17	50	12.9	17.0
2011	3	12	8	30	12.5	17.2	2011	3	12	18	0	12.9	17.0
2011	3	12	8	40	12.5	17.2	2011	3	12	18	10	12.9	17.0
2011	3	12	8	50	12.5	17.2	2011	3	12	18	20	12.9	17.0
2011	3	12	9	0	12.6	17.2	2011	3	12	18	30	12.9	17.0
2011	3	12	9	10	12.6	17.2	2011	3	12	18	40	12.9	17.0
2011	3	12	9	20	12.7	17.1	2011	3	12	18	50	12.9	17.0
2011	3	12	9	30	12.8	17.2	2011	3	12	19	0	12.9	17.0
2011	3	12	9	40	12.8	17.2	2011	3	12	19	10	12.9	17.0
2011	3	12	9	50	12.8	17.1	2011	3	12	19	20	12.9	17.0
2011	3	12	10	0	12.9	17.2	2011	3	12	19	30	12.9	17.0
2011	3	12	10	10	12.9	17.2	2011	3	12	19	40	12.9	17.0
2011	3	12	10	20	12.9	17.1	2011	3	12	19	50	12.9	17.0
2011	3	12	10	30	12.9	17.1	2011	3	12	20	0	12.9	17.0
2011	3	12	10	40	13.0	17.1	2011	3	12	20	10	12.9	17.0
2011	3	12	10	50	13.0	17.1	2011	3	12	20	20	12.9	17.0
2011	3	12	11	0	13.0	17.1	2011	3	12	20	30	12.9	17.0
2011	3	12	11	10	13.1	17.1	2011	3	12	20	40	12.9	17.0
2011	3	12	11	20	13.1	17.1	2011	3	12	20	50	13.0	17.0
2011	3	12	11	30	13.1	17.1	2011	3	12	21	0	12.9	17.0
2011	3	12	11	40	13.1	17.1	2011	3	12	21	10	13.0	17.0
2011	3	12	11	50	13.0	17.1	2011	3	12	21	20	12.9	17.0
2011	3	12	12	0	13.0	17.1	2011	3	12	21	30	13.0	17.0
2011	3	12	12	10	13.0	17.1	2011	3	12	21	40	13.0	17.0
2011	3	12	12	20	12.9	17.1	2011	3	12	21	50	13.0	17.0
2011	3	12	12	30	12.9	17.1	2011	3	12	22	0	13.0	17.0
2011	3	12	12	40	12.9	17.1	2011	3	12	22	10	13.0	17.0
2011	3	12	12	50	12.8	17.1	2011	3	12	22	20	13.0	16.9
2011	3	12	13	0	12.8	17.1	2011	3	12	22	30	13.1	16.9
2011	3	12	13	10	12.9	17.1	2011	3	12	22	40	13.1	16.9
2011	3	12	13	20	12.7	17.1	2011	3	12	22	50	13.1	17.0
2011	3	12	13	30	12.8	17.1	2011	3	12	23	0	13.2	17.0
2011	3	12	13	40	12.7	17.1	2011	3	12	23	10	13.2	17.0
2011	3	12	13	50	12.8	17.1	2011	3	12	23	20	13.2	17.0
2011	3	12	14	0	12.7	17.1	2011	3	12	23	30	13.3	17.0
2011	3	12	14	10	12.7	17.1	2011	3	12	23	40	13.3	16.9
2011	3	12	14	20	12.7	17.0	2011	3	12	23	50	13.3	16.9
2011	3	12	14	30	12.7	17.0	2011	3	13	0	0	13.3	16.9
2011	3	12	14	40	12.8	17.1	2011	3	13	0	10	13.3	16.9
2011	3	12	14	50	12.8	17.0	2011	3	13	0	20	13.3	16.9
2011	3	12	15	0	12.8	17.0	2011	3	13	0	30	13.3	17.0
2011	3	12	15	10	12.8	17.0	2011	3	13	0	40	13.3	16.9
2011	3	12	15	20	12.8	17.0	2011	3	13	0	50	13.3	16.9
2011	3	12	15	30	12.8	17.0	2011	3	13	1	0	13.3	16.9
2011	3	12	15	40	12.8	17.0	2011	3	13	1	10	13.4	17.0
2011	3	12	15	50	12.9	17.0	2011	3	13	1	20	13.4	17.0
2011	3	12	16	0	12.8	17.0	2011	3	13	1	30	13.4	16.9
2011	3	12	16	10	12.8	17.0	2011	3	13	1	40	13.4	16.9
2011	3	12	16	20	12.8	17.0	2011	3	13	1	50	13.4	16.9

表-E3 地下水温データ (3)

(単位: °C)

年	月	日	時	分	水温		年	月	日	時	分	水温	
					y=-65	y=-115						y=-65	y=-115
2011	3	13	2	0	13.4	16.9	2011	3	13	11	30	13.1	16.9
2011	3	13	2	10	13.4	16.9	2011	3	13	11	40	13.1	16.9
2011	3	13	2	20	13.4	16.9	2011	3	13	11	50	13.1	16.9
2011	3	13	2	30	13.4	16.9	2011	3	13	12	0	13.2	16.9
2011	3	13	2	40	13.4	16.9	2011	3	13	12	10	13.1	16.9
2011	3	13	2	50	13.4	16.9	2011	3	13	12	20	13.1	16.9
2011	3	13	3	0	13.4	16.9	2011	3	13	12	30	13.1	16.9
2011	3	13	3	10	13.4	16.9	2011	3	13	12	40	13.1	16.9
2011	3	13	3	20	13.4	16.9	2011	3	13	12	50	13.2	16.9
2011	3	13	3	30	13.4	16.9	2011	3	13	13	0	13.1	16.9
2011	3	13	3	40	13.4	16.9	2011	3	13	13	10	13.1	16.9
2011	3	13	3	50	13.3	16.9	2011	3	13	13	20	13.2	16.9
2011	3	13	4	0	13.2	16.9	2011	3	13	13	30	13.2	16.9
2011	3	13	4	10	13.1	16.9	2011	3	13	13	40	13.1	16.9
2011	3	13	4	20	12.9	16.9	2011	3	13	13	50	13.2	16.8
2011	3	13	4	30	12.8	16.9	2011	3	13	14	0	13.2	16.8
2011	3	13	4	40	12.8	16.9	2011	3	13	14	10	13.2	16.8
2011	3	13	4	50	12.7	16.9	2011	3	13	14	20	13.2	16.9
2011	3	13	5	0	12.8	16.9	2011	3	13	14	30	13.2	16.9
2011	3	13	5	10	12.8	16.9	2011	3	13	14	40	13.2	16.9
2011	3	13	5	20	12.8	16.9	2011	3	13	14	50	13.1	16.9
2011	3	13	5	30	12.8	16.9	2011	3	13	15	0	13.2	16.8
2011	3	13	5	40	12.8	16.9	2011	3	13	15	10	13.2	16.8
2011	3	13	5	50	12.8	16.9	2011	3	13	15	20	13.2	16.8
2011	3	13	6	0	12.8	16.9	2011	3	13	15	30	13.2	16.8
2011	3	13	6	10	12.8	16.9	2011	3	13	15	40	13.2	16.9
2011	3	13	6	20	12.8	16.9	2011	3	13	15	50	13.2	16.8
2011	3	13	6	30	12.8	16.9	2011	3	13	16	0	13.2	16.8
2011	3	13	6	40	12.8	16.9	2011	3	13	16	10	13.2	16.8
2011	3	13	6	50	12.9	16.9	2011	3	13	16	20	13.2	16.8
2011	3	13	7	0	12.8	16.9	2011	3	13	16	30	13.2	16.8
2011	3	13	7	10	12.9	16.9	2011	3	13	16	40	13.2	16.9
2011	3	13	7	20	12.9	16.9	2011	3	13	16	50	13.2	16.8
2011	3	13	7	30	12.9	16.9	2011	3	13	17	0	13.2	16.9
2011	3	13	7	40	13.0	16.9	2011	3	13	17	10	13.2	16.8
2011	3	13	7	50	13.0	16.9	2011	3	13	17	20	13.2	16.8
2011	3	13	8	0	13.0	16.9	2011	3	13	17	30	13.3	16.8
2011	3	13	8	10	13.0	16.9	2011	3	13	17	40	13.3	16.8
2011	3	13	8	20	13.0	16.9	2011	3	13	17	50	13.3	16.8
2011	3	13	8	30	13.0	16.9	2011	3	13	18	0	13.3	16.8
2011	3	13	8	40	13.0	16.9	2011	3	13	18	10	13.3	16.9
2011	3	13	8	50	13.0	16.9	2011	3	13	18	20	13.3	16.8
2011	3	13	9	0	13.0	16.9	2011	3	13	18	30	13.3	16.9
2011	3	13	9	10	13.0	16.9	2011	3	13	18	40	13.3	16.8
2011	3	13	9	20	13.0	16.9	2011	3	13	18	50	13.4	16.9
2011	3	13	9	30	13.0	16.9	2011	3	13	19	0	13.3	16.8
2011	3	13	9	40	13.0	16.9	2011	3	13	19	10	13.3	16.8
2011	3	13	9	50	13.0	16.9	2011	3	13	19	20	13.3	16.8
2011	3	13	10	0	13.0	16.9	2011	3	13	19	30	13.4	16.9
2011	3	13	10	10	13.0	16.9	2011	3	13	19	40	13.3	16.9
2011	3	13	10	20	13.0	16.9	2011	3	13	19	50	13.3	16.8
2011	3	13	10	30	13.0	16.9	2011	3	13	20	0	13.3	16.8
2011	3	13	10	40	13.0	16.9	2011	3	13	20	10	13.3	16.8
2011	3	13	10	50	13.0	16.9	2011	3	13	20	20	13.3	16.8
2011	3	13	11	0	13.0	16.9	2011	3	13	20	30	13.4	16.8
2011	3	13	11	10	13.1	16.8	2011	3	13	20	40	13.4	16.8
2011	3	13	11	20	13.1	16.9	2011	3	13	20	50	13.3	16.8

表-E4 地下水温データ (4)

(単位: °C)

年	月	日	時	分	水温		年	月	日	時	分	水温	
					y=-65	y=-115						y=-65	y=-115
2011	3	13	21	0	13.3	16.8	2011	3	14	6	30	13.3	16.8
2011	3	13	21	10	13.3	16.8	2011	3	14	6	40	13.3	16.8
2011	3	13	21	20	13.3	16.8	2011	3	14	6	50	13.4	16.8
2011	3	13	21	30	13.3	16.8	2011	3	14	7	0	13.3	16.8
2011	3	13	21	40	13.3	16.8	2011	3	14	7	10	13.3	16.8
2011	3	13	21	50	13.3	16.8	2011	3	14	7	20	13.3	16.8
2011	3	13	22	0	13.3	16.8	2011	3	14	7	30	13.3	16.8
2011	3	13	22	10	13.3	16.8	2011	3	14	7	40	13.3	16.8
2011	3	13	22	20	13.4	16.8	2011	3	14	7	50	13.3	16.8
2011	3	13	22	30	13.3	16.8	2011	3	14	8	0	13.4	16.8
2011	3	13	22	40	13.3	16.8	2011	3	14	8	10	13.3	16.8
2011	3	13	22	50	13.3	16.9	2011	3	14	8	20	13.3	16.8
2011	3	13	23	0	13.3	16.9	2011	3	14	8	30	13.4	16.8
2011	3	13	23	10	13.3	16.8	2011	3	14	8	40	13.4	16.8
2011	3	13	23	20	13.3	16.8	2011	3	14	8	50	13.3	16.8
2011	3	13	23	30	13.3	16.8	2011	3	14	9	0	13.3	16.8
2011	3	13	23	40	13.3	16.8	2011	3	14	9	10	13.4	16.8
2011	3	13	23	50	13.3	16.8	2011	3	14	9	20	13.3	16.8
2011	3	14	0	0	13.3	16.8	2011	3	14	9	30	13.3	16.8
2011	3	14	0	10	13.3	16.8	2011	3	14	9	40	13.3	16.8
2011	3	14	0	20	13.3	16.8	2011	3	14	9	50	13.3	16.9
2011	3	14	0	30	13.3	16.8	2011	3	14	10	0	13.3	16.8
2011	3	14	0	40	13.3	16.8	2011	3	14	10	10	13.4	16.8
2011	3	14	0	50	13.3	16.8	2011	3	14	10	20	13.3	16.8
2011	3	14	1	0	13.3	16.8	2011	3	14	10	30	13.3	16.8
2011	3	14	1	10	13.3	16.8	2011	3	14	10	40	13.3	16.8
2011	3	14	1	20	13.3	16.8	2011	3	14	10	50	13.4	16.8
2011	3	14	1	30	13.4	16.8	2011	3	14	11	0	13.4	16.8
2011	3	14	1	40	13.4	16.8	2011	3	14	11	10	13.3	16.9
2011	3	14	1	50	13.4	16.8	2011	3	14	11	20	13.4	16.8
2011	3	14	2	0	13.4	16.8	2011	3	14	11	30	13.3	16.8
2011	3	14	2	10	13.4	16.8	2011	3	14	11	40	13.4	16.8
2011	3	14	2	20	13.4	16.9	2011	3	14	11	50	13.4	16.8
2011	3	14	2	30	13.3	16.8	2011	3	14	12	0	13.4	16.8
2011	3	14	2	40	13.4	16.8	2011	3	14	12	10	13.4	16.8
2011	3	14	2	50	13.4	16.8	2011	3	14	12	20	13.3	16.8
2011	3	14	3	0	13.4	16.8	2011	3	14	12	30	13.3	16.8
2011	3	14	3	10	13.3	16.8	2011	3	14	12	40	13.4	16.8
2011	3	14	3	20	13.2	16.8	2011	3	14	12	50	13.3	16.8
2011	3	14	3	30	13.3	16.8	2011	3	14	13	0	13.4	16.8
2011	3	14	3	40	13.3	16.8	2011	3	14	13	10	13.3	16.8
2011	3	14	3	50	13.3	16.8	2011	3	14	13	20	13.4	16.8
2011	3	14	4	0	13.3	16.8	2011	3	14	13	30	13.4	16.8
2011	3	14	4	10	13.3	16.8	2011	3	14	13	40	13.4	16.8
2011	3	14	4	20	13.3	16.8	2011	3	14	13	50	13.4	16.8
2011	3	14	4	30	13.3	16.8	2011	3	14	14	0	13.3	16.8
2011	3	14	4	40	13.3	16.8	2011	3	14	14	10	13.4	16.8
2011	3	14	4	50	13.3	16.8	2011	3	14	14	20	13.4	16.8
2011	3	14	5	0	13.3	16.8	2011	3	14	14	30	13.4	16.8
2011	3	14	5	10	13.3	16.8	2011	3	14	14	40	13.4	16.8
2011	3	14	5	20	13.3	16.8	2011	3	14	14	50	13.4	16.8
2011	3	14	5	30	13.3	16.8	2011	3	14	15	0	13.4	16.8
2011	3	14	5	40	13.3	16.8	2011	3	14	15	10	13.4	16.8
2011	3	14	5	50	13.3	16.8	2011	3	14	15	20	13.4	16.8
2011	3	14	6	0	13.3	16.8	2011	3	14	15	30	13.4	16.8
2011	3	14	6	10	13.3	16.8	2011	3	14	15	40	13.4	16.8
2011	3	14	6	20	13.3	16.8	2011	3	14	15	50	13.4	16.8

表-E5 地下水温データ (5)

(単位: °C)

年	月	日	時	分	水温		年	月	日	時	分	水温	
					y=-65	y=-115						y=-65	y=-115
2011	3	14	16	0	13.4	16.8	2011	3	15	1	30	13.8	16.8
2011	3	14	16	10	13.4	16.8	2011	3	15	1	40	13.8	16.8
2011	3	14	16	20	13.4	16.8	2011	3	15	1	50	13.9	16.8
2011	3	14	16	30	13.4	16.8	2011	3	15	2	0	13.9	16.8
2011	3	14	16	40	13.4	16.8	2011	3	15	2	10	13.9	16.8
2011	3	14	16	50	13.4	16.8	2011	3	15	2	20	13.9	16.8
2011	3	14	17	0	13.4	16.8	2011	3	15	2	30	13.9	16.8
2011	3	14	17	10	13.4	16.8	2011	3	15	2	40	13.9	16.8
2011	3	14	17	20	13.4	16.8	2011	3	15	2	50	13.9	16.8
2011	3	14	17	30	13.4	16.8	2011	3	15	3	0	13.9	16.8
2011	3	14	17	40	13.4	16.8	2011	3	15	3	10	13.9	16.8
2011	3	14	17	50	13.4	16.8	2011	3	15	3	20	13.9	16.8
2011	3	14	18	0	13.4	16.8	2011	3	15	3	30	13.9	16.8
2011	3	14	18	10	13.5	16.8	2011	3	15	3	40	13.9	16.8
2011	3	14	18	20	13.4	16.8	2011	3	15	3	50	13.9	16.8
2011	3	14	18	30	13.4	16.8	2011	3	15	4	0	13.9	16.8
2011	3	14	18	40	13.4	16.8	2011	3	15	4	10	13.9	16.8
2011	3	14	18	50	13.4	16.8	2011	3	15	4	20	13.9	16.8
2011	3	14	19	0	13.5	16.8	2011	3	15	4	30	13.9	16.8
2011	3	14	19	10	13.5	16.8	2011	3	15	4	40	13.9	16.8
2011	3	14	19	20	13.5	16.8	2011	3	15	4	50	13.9	16.8
2011	3	14	19	30	13.5	16.8	2011	3	15	5	0	13.9	16.8
2011	3	14	19	40	13.5	16.8	2011	3	15	5	10	13.9	16.8
2011	3	14	19	50	13.5	16.8	2011	3	15	5	20	13.9	16.8
2011	3	14	20	0	13.5	16.8	2011	3	15	5	30	13.9	16.8
2011	3	14	20	10	13.5	16.8	2011	3	15	5	40	13.9	16.8
2011	3	14	20	20	13.5	16.8	2011	3	15	5	50	13.9	16.8
2011	3	14	20	30	13.5	16.8	2011	3	15	6	0	13.9	16.8
2011	3	14	20	40	13.5	16.8	2011	3	15	6	10	13.9	16.8
2011	3	14	20	50	13.5	16.8							
2011	3	14	21	0	13.5	16.8							
2011	3	14	21	10	13.6	16.8							
2011	3	14	21	20	13.6	16.8							
2011	3	14	21	30	13.6	16.8							
2011	3	14	21	40	13.6	16.8							
2011	3	14	21	50	13.7	16.8							
2011	3	14	22	0	13.6	16.8							
2011	3	14	22	10	13.7	16.8							
2011	3	14	22	20	13.7	16.8							
2011	3	14	22	30	13.7	16.8							
2011	3	14	22	40	13.7	16.8							
2011	3	14	22	50	13.7	16.8							
2011	3	14	23	0	13.7	16.8							
2011	3	14	23	10	13.7	16.8							
2011	3	14	23	20	13.7	16.8							
2011	3	14	23	30	13.7	16.8							
2011	3	14	23	40	13.7	16.8							
2011	3	14	23	50	13.7	16.8							
2011	3	15	0	0	13.7	16.8							
2011	3	15	0	10	13.7	16.8							
2011	3	15	0	20	13.7	16.8							
2011	3	15	0	30	13.7	16.8							
2011	3	15	0	40	13.8	16.8							
2011	3	15	0	50	13.8	16.8							
2011	3	15	1	0	13.8	16.8							
2011	3	15	1	10	13.8	16.8							
2011	3	15	1	20	13.8	16.8							

港湾空港技術研究所資料 No.1261

2012. 12

編集兼発行人 独立行政法人港湾空港技術研究所

発行所 独立行政法人港湾空港技術研究所
横須賀市長瀬3丁目1番1号
TEL. 046(844)5040 URL. <http://www.pari.go.jp/>

印刷所 株式会社シーケン

Copyright © (2012) by PARI

All rights reserved. No part of this book must be reproduced by any means without the written permission of the President of PARI

この資料は、港湾空港技術研究所理事長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部または一部の転載、複写は港湾空港技術研究所理事長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。



古紙配合率70%再生紙を使用しています