

西湘海岸における海浜縦断形と d_{50} の水深方向分布の特徴

LONGITUDINAL PROFILES AND DEPTH DISTRIBUTIONS OF d_{50} ON SEISHO COAST

宇多高明¹・細川順一²・塩入 同²・三波俊郎³・石川仁憲⁴

Takaaki UDA, Jun-ichi HOSOKAWA, Dou SHIOIRI
Toshiro SAN-NAMI and Toshinori ISHIKAWA

¹正会員 工博 (財) 土木研究センター常務理事なごさ総合研究室長兼日本大学客員教授

理工学部海洋建築工学科 (〒110-0016 東京都台東区台東1-6-4 タカラビル)

²神奈川県 県土整備部 砂防海岸課 (〒231-8588 神奈川県横浜市中区日本大通1 新庁舎11階)

³海岸研究室 (有) (〒160-0011 東京都新宿区若葉1-22 ローヤル若葉301)

⁴正会員 工修 (財) 土木研究センターなごさ総合研究室 (〒110-0016 東京都台東区台東1-6-4 タカラビル)

On the basis of the bathymetric surveys during the past 40 years, the changes in longitudinal profile were investigated along with the bottom sampling carried in February 2009, taking the Seisho coast as the example. The Seisho coast is a steep coast and gravels are deposited along the shoreline, but in the offshore zone the grain size gradually changes from medium sand to fine sand depending on the sea depth. Gravel was found in a deeper zone offshore of the Morito River mouth where a submarine canyon exists.

Key Words : Seisho coast, submarine canyon, longitudinal profile

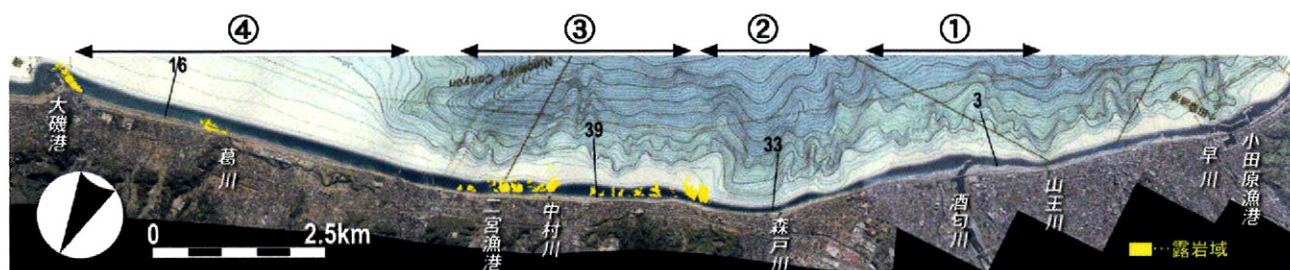
1. はじめに

2007年9月6日, 西湘バイパスは台風9号に伴う高波浪により二宮IC付近において延長1.1kmにわたって大きく破壊された. 二宮ICは大磯から小田原漁港まで17kmにわたって延びる西湘海岸の東部に位置するが, 沖合の海底地形にもこの付近で大きな変化が見られ, 緩勾配の海底斜面を持つ大磯海脚がこの付近で消失し, 急勾配の海底面が海岸線近くまで発達するようになる. 上記西湘バイパスの被災区間は, 沖合の海底勾配の変化点付近に位置している. 被災区域の西側では海底勾配が急なため, 沖合からの高波浪があまり減衰せずに海岸に到達するという特徴を有している. とくに森戸川河口沖には規模の大きな海底谷が発達しており, そこでは海浜土砂が深海へと落ち込むことが既に明らかになっている¹⁾. この海底谷周辺 (国府津海岸) はとくに高波浪時の越波が著しい場所でもあり, 早急な対策が求められている. 一方, 森戸川河口の西2.5kmには酒匂川が流入しているが, 酒匂川では上流での三保ダムの建設や河道での砂利採取に伴い流出土砂量が急減しており, 潤沢な土砂供給を受けてきた海岸に変化が生じつつある. また酒匂川河口の西1.4kmの山王川河口沖にも海底谷が発達しており, そこを経由した沖への土砂損失も考えられる. 以上のように, 西湘

海岸では地域ごとに海岸および沖合の海底地形に顕著な相違が見られるが, 西湘海岸全体を網羅して海浜縦断形や底質粒径の特性を明らかにする研究は行われたことがない. そこで本研究では, 過去約40年間の深淺データをもとに縦断形変化を調べるとともに, 新たに2009年2月に実施した底質採取データと合わせて地形変化特性を明らかにする.

2. 調査区域の設定

上記のように西湘海岸は地形特性から見ていくつかの区域に分けられる. 本研究では, 図-1に示すように全体で4区域 (区域①, ②, ③, ④) に区分し, 区域ごとに特性把握を行う. 区域①は酒匂川～山王川区間であり, 酒匂川の河口デルタが後退する際残されたと思われる陸棚を縦断して測線が伸びる. 測線は, 小田原西のNo. 1, No. 3, No. 4の3測線である. 区域②は, 森戸川河口沖に発達する海底谷周辺であり, 谷を挟む5測線 (小田原海岸東No. 31～No. 35) の比較を行う. 区域③は, 二宮漁港の西側で浅海域に露岩域があり, 海浜発達がこれらの露岩によって制約されている海岸であり, この区域からは小田原海岸東No. 37, No. 39と二宮海岸No. 2の3測線を選んでいる. 区域④は, 大磯港から二宮IC沖に広く発達して



いる大磯海脚の陸側区域であり、ここでは二宮海岸 No. 9 と No. 16 の 2 測線を選ぶ。以下では、区域ごとに縦断形と粒径の水深分布特性を明らかにする。

3. 4区域における海浜縦断形と d_{50} の特徴

(1) 酒匂川～山王川 (区域①)

図-2(a), (b), (c) には小田原海岸西の No. 1, No. 3, No. 4 測線における海浜縦断形と d_{50} の水深方向分布を示す。いずれの測線においても、明らかに大きな測量誤差を含むと判断されるデータは除き、年代ごとに1時期の縦断形を選んで図示した。No. 1 では、1992年の縦断形に典型的に見られるように、-5m と -10m 付近に勾配変化点があり、-5m 以浅では1/8と急であるが、-5m と -10m の間でいったん1/15と緩くなった後、-10m 以深では再び1/6と急になる(図-2(a))。このような棚状地形と対応し、-5m 以浅では $d_{50}=45\text{mm}$ に達する大粒径の礫が集中的に堆積している。しかし-5m 以深の棚上では $d_{50}=0.4\text{mm}$ と、汀線近傍の礫径と比べて粒径が約1/100にもなることが分かる。このように汀線付近での礫や粗砂の堆積域から沖合の $d_{50}=0.4\text{mm}$ 程度の細砂へと急変する水深を h_s と定義すると、この測線での h_s は-5m となる。

No. 1より700m酒匂川河口に近づいたNo. 3では陸棚の発達が良い(図-2(b)). この測線でも-5mで海底勾配が急変し、-5m以浅では勾配が平均で1/10と相対的に急であるが、-5m以深では1/23と著しく緩くなる。また前浜では侵食が進み時間経過とともに海浜断面が後退している。一方、-15m以深では、1992年から沖合ほど地形変化が増大するような縦断形変化が見られるが、この縦断形変化から直ちに沖向き漂砂があったかどうかは判断できない。この測線でも-5m未満の水深帯は $d_{50}=20\text{mm}$ 程度の礫で覆われているが、陸棚上は0.3mmと小さくなる。よって h はNo. 1と同様-5mとなる。

酒匂川河口右岸に位置するNo. 4では、No. 1, No. 3と比較して河口沖の陸棚の幅が広がる。2000年の縦断形を参照すると、-5mに折れ点があり-5m以浅では海底勾配が1/27であるが、その先-10m付近まで棚が発達した後、-10m以深では1/4と急角度で落ち込んでいる。このように海底勾配が-10m付近で急変し、それ以浅には棚が残され、-10m以深で急勾配斜面となることは、波の作用が-10m付近まで及んで地

形が形成されていることを示し、これよりNo. 4付近での波による地形変化の限界水深 h_c がほぼ-10mにあり、酒匂川からの流出土砂は主にこの棚上を移動していることが分かる。一方、棚沖の縦断形にも大きな変化が認められるが、前述のNo. 3での縦断形を水深の大きい順に並べると1992, 2000, 2008年であったが、No. 3の東に400m離れたNo. 4では2000, 2008, 1992と順序が全く異なる。また、-20m~-40mと水深の大きな場所ほど地形変化が大きいように見えるが、この付近は h_c より十分深い場所である。

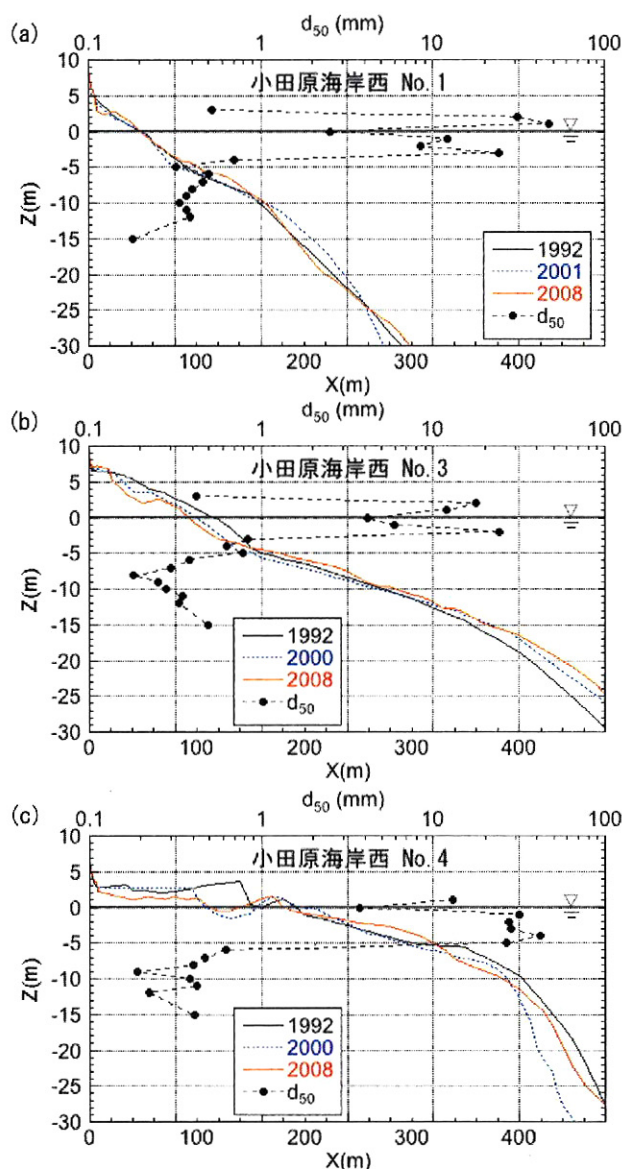


図-2 海浜縦断形と d_{50} の水深方向分布
(酒匂川～山王川)

から、波の作用による地形変化はほとんど起こらないことを考えれば、むしろ測量精度の悪さがそのまま縦断形に表れたと考えられる。このように、西湘海岸のような急勾配海岸では常にこの種の測量ノイズが入りうるものであり、測量結果の有意性は縦断形の場所的・時間的な変化をよく吟味して判断する必要がある。沖合での変化を除けば、測線No. 4においても-5m以浅には30mmの礫が集中的に堆積する一方、棚上は0.3mmとなり、No. 1, No. 3と同様、 $h_s=-5$ mとなる。

(2) 森戸川河口沖の海底谷周辺 (区域②)

森戸川河口沖の海底谷周辺の小田原海岸東のNo. 31~No. 35の縦断形と d_{50} の水深分布を図-3に示す。同じ海底谷の中であるが、海底谷中心線に関して西側に位置するのがNo. 33、東側にあるのがNo. 34である。また海底谷外で、西側にあるのがNo. 32とNo. 31であり、東側にあるのがNo. 35である。まずNo. 31では、汀線から-13m付近までは1/11勾配であるが、-13m以深では1/4と非常に急になる(図-3(a))。-6m以浅には礫または粗砂が堆積しており、とくに-4m以浅はほぼ $d_{50}=20$ mmの礫で覆われている。しかし-7m付近では $d_{50}=0.4$ mm、-10m以深では $d_{50}=0.2$ mmと急激に粒径が小さくなる。これより h_s はほぼ-6mにある。

No. 31より350m海底谷に接近したNo. 32では、海底谷の谷頭が岸から160mにまで接近し、ほぼ-13m以深には1/2.5の急勾配となる(図-3(b))。縦断形は汀線とほぼ-10m付近で折れている。汀線から-10mまでの勾配は1/6であるが、この斜面上には $d_{50}=1$ mm以上の砂礫が堆積しており、最大値は-6m付近の23mmである。この斜面より沖合では海底勾配が急に増すが、その海底面は0.2mmの細砂で覆われている。したがって h_s はほぼ-9mにある。

海底谷を通るNo. 33では、1978年と2007年を比較すると前浜が侵食されて狭まっており、しかも前浜部での縦断形が年を経るごとに単調に後退してきている(図-3(c))。しかし沖合部では測量誤差が含まれている可能性が高い。1978年の縦断形によれば、縦断形は2箇所(汀線と-12m付近)で折れており、汀線沖で勾配はいったん緩くなり、その後-12m付近から1/3.5と急勾配で落ち込んでいる。 d_{50} にも顕著な特徴が見られ、粗な粒径の土砂は-9m以浅でのみ分布し、-10m以深では $d_{50}=0.5$ mm~0.2mmと水深とともに減少している。No. 33での h_s は-9mにある。

海底谷中央やや東側のNo. 34でもNo. 33とよく似た特徴を示す(図-3(d))。縦断形は汀線と-12m付近で折れ前浜は1/15と相対的に緩いが、汀線と-12mの間では1/7と急になり、さらに-12m以深では1/2.5の急勾配で海底谷へと落ち込む。 d_{50} にも縦断形変化に対応した変化が見られ、 $h_c=-8$ mを境に粗粒の堆積物から $d_{50}=0.2$ mm程度の細砂へと変化している。海底谷の中心線を境とした東西での粒径分布の比較では、西側のNo. 33で粒径が粗く、かつそれが水深の大きい場所まで出現している。

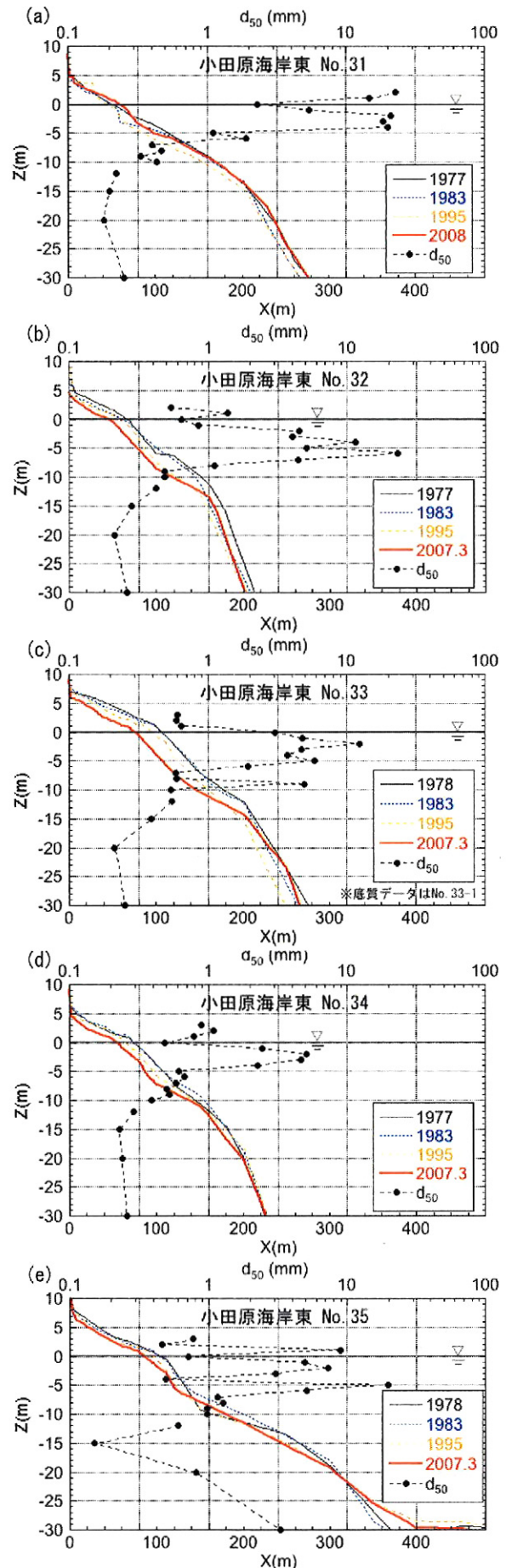


図-3 海浜縦断形と d_{50} の水深方向分布 (森戸川河口沖)

海底谷の東側のNo. 35の縦断形と d_{50} の分布を図-3(e)に示す。この測線では海底谷の西側のNo. 31と似た特性が現れている。海底谷を通る測線では、海面下で d_{50} の最大値が現れていたのに対し、 d_{50} の最大値は前浜上の+2mで現れている。-15mには一点のみ特別に細かい粒径が見られるがこの付近では図-1に示すように露岩域があり、このような海底面の特性を捉えたと考えられるので除外すると、 h_s はほぼ-9mにある。

(3) 二宮漁港の西側区域 (区域③)

二宮漁港と森戸川河口沖の海底谷の間の海岸には、汀線付近および沖合に露岩域が発達している。この区域では小田原海岸東の測線No. 37, No. 39と、二宮海岸No. 2の3測線を選んで調べた。図-4には縦断形と d_{50} の水深方向分布を示す。No. 37では+2m, -4mおよび-8m付近に勾配の変化点が認められ、+2m~-5mで1/7, -5m~-8mで1/25, さらには-8m以深では1/30の緩勾配となる(図-4(a))。酒匂川河口右岸の小田原海岸西のNo. 4を除けばここより西側の測線と比較して沖合は緩勾配となっている。 d_{50} については、-3m以浅では最大20mm程度の礫が集中的に堆積しているが、-4m以深では極端に小さくなり、 $d_{50}=0.2\text{mm}$ の細砂となる。これより $h_s=-4\text{m}$ となる。

No. 37の東900mのNo. 39においては、縦断形が-5mで折れ、これ以浅では1/5であるが、これより沖合では1/30と非常に緩くなる(図-4(b))。このような縦断形に対応して礫は-5m以浅に堆積し、-6mでの $d_{50}=1.6\text{mm}$ のデータを除くと、-5m以深では $d_{50}=0.2\text{mm}$ の細砂が集中的に堆積している。これよりNo. 37での h_s は-5mとなる。

二宮海岸No. 2では縦断形における顕著な折れ曲がりが見られなくなり汀線から沖合まではほぼ1/20の一定勾配である。 d_{50} の水深方向分布には他の測線のような顕著な水深依存は見られず、前浜の礫の堆積から-10m付近での $d_{50}=0.3\text{mm}$ へと変わる。この測線ではバラツキが大きいため h_s は推定できない。

(4) 大磯港～二宮IC (地区④)

大磯港から二宮ICの間には図-1に示したように大磯海脚があるため陸棚が広い。この陸棚の西端付近にある二宮海岸No. 9では、図-5(a)に示すように、縦断形は他の測線と大きく変化し、全体に凹状の縦断形である。この測線では各年の縦断形が沖合で十分高い精度で重なりを示すことから、縦断形変化から h_c の推定を行うことができる。縦断形比較によれば、1972年以降汀線から-9mまでの間で侵食が進んでいることから h_c はほぼ-9mにある。一方 d_{50} については、-5mより浅い場所には礫が出現しているのに対し、-5m以深では0.6mm以下となり、しかも水深の増加とともに d_{50} が減少している。これより h_s はほぼ-5mにある。

大磯港の西1.5kmに位置する大磯西海岸のNo. 16でも全体に凹状の縦断形となる点はNo. 9と全く同様である。前浜から-5mまでの勾配は1/12であるの

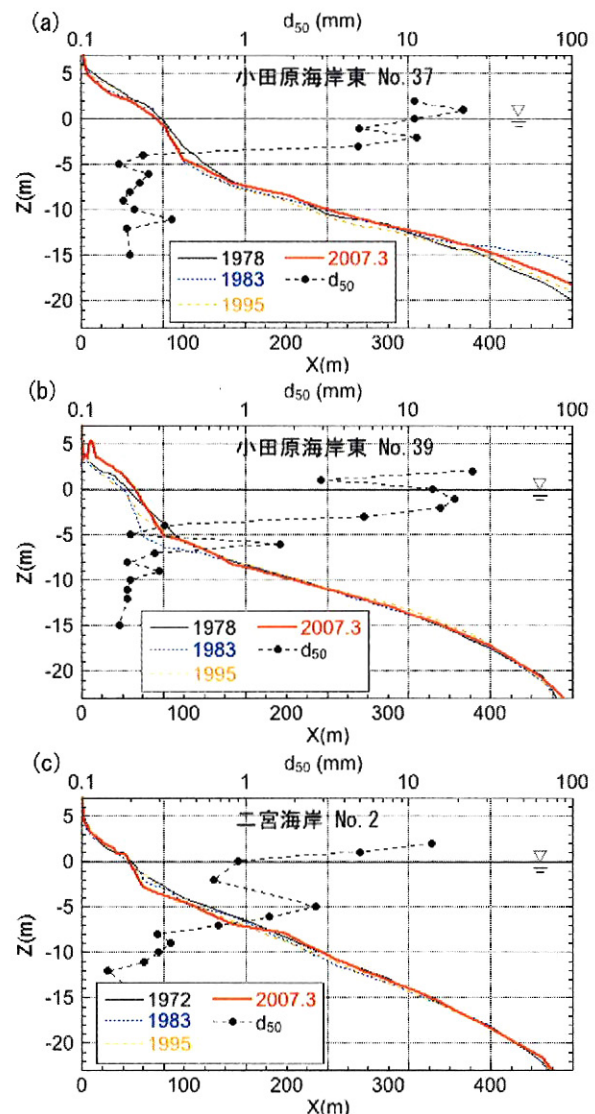


図-4 海浜縦断形と d_{50} の水深方向分布 (二宮漁港西側)

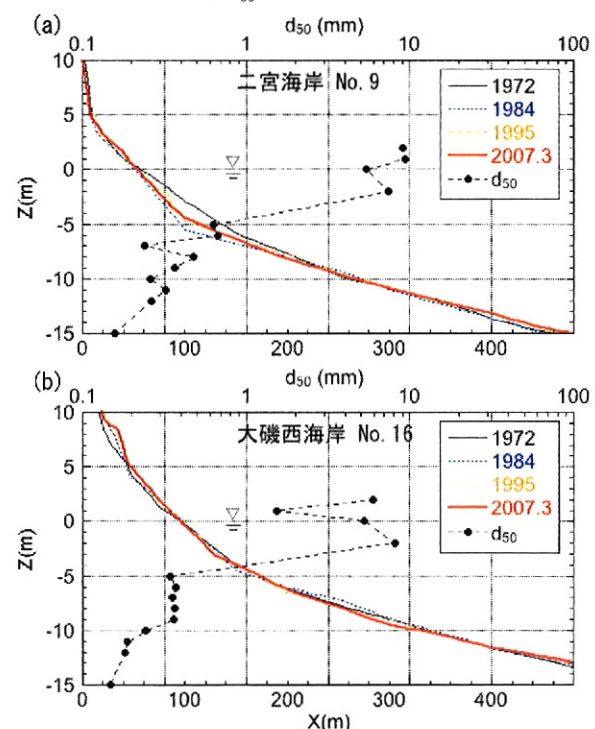


図-5 海浜縦断形と d_{50} の水深方向分布 (大磯港～二宮IC)

表-1 実測 h_s の一覧

調査区域	測線	h_s (m)
酒匂川～山王川 (区域①)	小田原海岸西No. 1	-5
	No. 3	-5
	No. 4	-5
森戸川河口沖の海底谷 周辺 (区域②)	小田原海岸東No. 31	-6
	No. 32	-9
	No. 33	-9
	No. 34	-8
	No. 35	-9
二宮漁港の西側区域 (区域③)	小田原海岸東No. 37	-4
	No. 39	-5
大磯港～二宮IC (地区④)	二宮海岸No. 9	-5
	大磯西海岸No. 16	-5

に対し-5m以深では1/35と緩くなる。ここでも-5mを境にこれより浅い水深には礫が堆積しているのに対し-5m以深では0.3mm以下となり、水深の増加とともに d_{50} の更なる減少が見られる。したがってこの測線においても h_s は-5mと推定される。表-1には実測の h_s をまとめて示す。 h_s は森戸川河口沖の海底谷ではほぼ-9mと深い、そのほかの区域ではほぼ-5mにある。森戸川河口沖海底谷を通る測線では山王川河口沖の海底谷を通る測線も含んで、他の測線と比べて礫が2倍大きな水深まで堆積していることが分かる。なお、山王川河口沖と森戸川河口沖には共に海底谷が発達しているが、顕著な特長は森戸川河口沖の海底谷のみで見られた。これらの相違は後者の海底谷は土砂の活発な落ち込みが生じているためと考えられる。

4. 4測線上の粒度組成の水深方向分布

各区域における縦断面形と d_{50} の水深方向分布が明らかになったが、実際には d_{50} に相当する底質のみが堆積しているのではなく、それぞれ粒度組成を有し、それが水深方向に変化している。そこで代表測線を選んで粒度組成の水深変化について整理した。代表

測線としては、区域①、②、③、④より、小田原海岸西No. 3、小田原海岸東No. 33、同No. 39、大磯西海岸No. 16を選んだ。これら4測線における粒度組成の水深分布を図-6～図-9に示す。なお粒度組成図には、陸域から-15mまでの縦断面形と d_{50} の水深分布を再度示す。

小田原海岸西No. 3では、図-6に示すように $d_{50}=10\text{mm}$ 前後の礫が現れた場所では、いずれも礫の含有率がほぼ75%であり、粗砂まで加えればほぼ90%となり、中砂細砂はほとんど含まれていないことが分かる。これと対照的なのが水深10m付近における粒度組成である。ここでは逆に中砂以下の粒径が80%であって、礫は全く存在しない。縦断面形より海底勾配との対応を調べると、礫の集中している水深帯の勾配は1/10であるのに対し、水深10m付近では1/23と緩勾配であって、急な海底面はほとんどが礫分で覆われており、沖合の緩斜面は中砂以下の細かい粒径の砂が堆積していることが分かる。

同様に小田原海岸東のNo. 33-1（縦断面形はNo. 33）の粒度組成の水深分布を図-7に示す。ここでも小田原海岸西No. 3と同様、 $d_{50}=10\text{mm}$ 前後の礫が現れた場所では、いずれも礫の含有率は100%であり、よく淘汰が進んでいる。一方、沖合の-15mを選ぶと、粗砂が38%、中砂以下が58%であって、海底谷の急斜面であるために、小田原海岸西のNo. 3よりも粗な粒径の土砂が水深の大きな場所まで堆積している。さらに-30mに至っても礫が17%も堆積し、図-6の場合と明らかに特性が異なる。このことは、海底谷では礫もまた崩落していることを示していると考えられる。No. 39では、図-8に示したように小田原海岸西No. 3とよく似た粒度組成であり、 $d_{50}=20\text{mm}$ 前後の礫が堆積している水深2m以浅では90%が礫であり、それにわずかに粗砂が含まれるのみであり、逆に沖合の-10mでは中砂以下の細かい粒径の砂が90%以上を占める。対応する縦断面勾配は汀線付近が1/5と急なのに対し、-10m付近では1/30と緩やかである。このように汀線近傍と沖合では全く粒度の異なる底質が堆積していることが分かる。

大磯西海岸No. 16でも図-9に示すように、小田原海岸東No. 39とほぼ同様な粒度組成を示し、 $d_{50}=7\text{mm}$ 前後の礫が堆積している汀線近傍では礫の割合はほぼ90%であり、逆に-10m付近では中砂以下が90%以

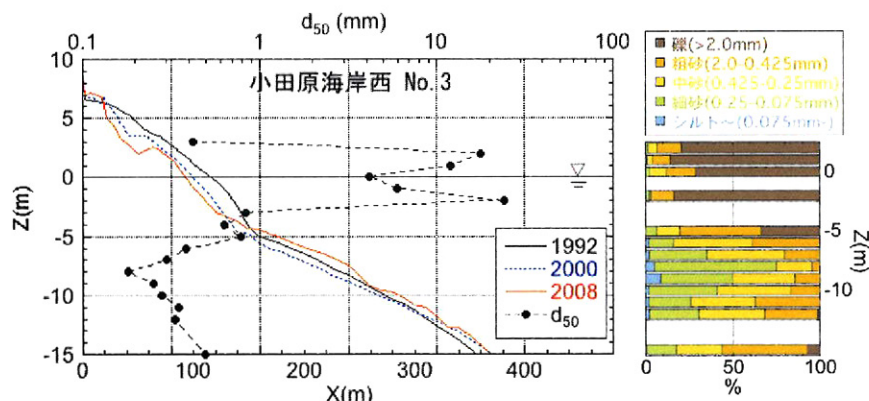


図-6 海浜縦断面形と粒度組成の水深方向分布（小田原海岸西No. 3）

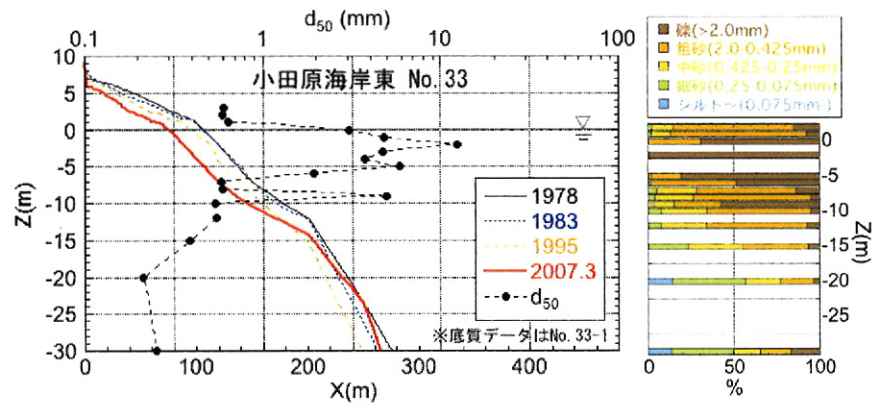


図-7 海浜縦断面形と粒度組成の水深方向分布（小田原海岸東No.33）

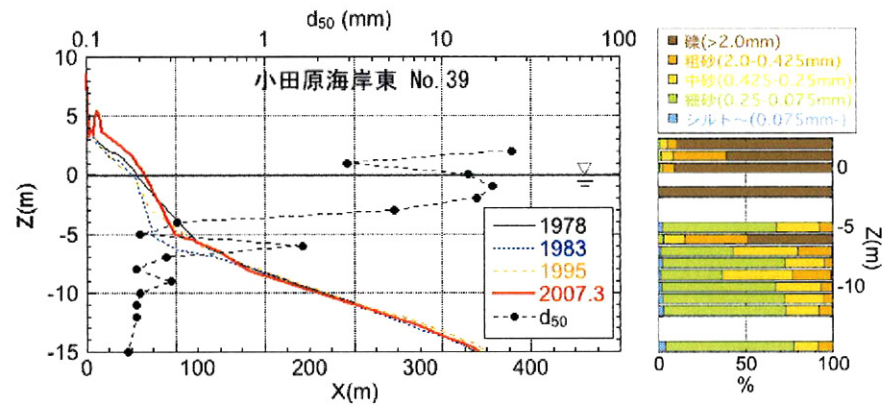


図-8 海浜縦断面形と粒度組成の水深方向分布（小田原海岸東No.39）

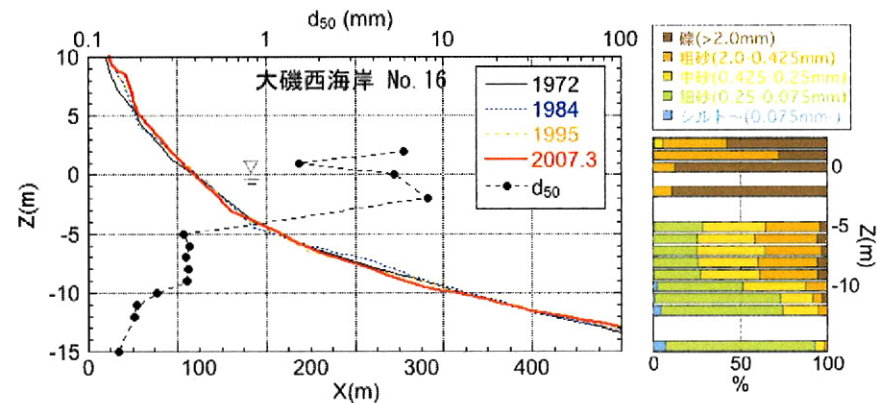


図-9 海浜縦断面形と粒度組成の水深方向分布（大磯西海岸No.16）

上となる。対応する縦断勾配は汀線付近が1/10と相対的に急なのに対し、-10m付近では1/35と緩やかになる。

5. 考察

以上の観測結果によれば、西湘海岸の海底谷近傍の測線を除けば、水深ほぼ-5m以浅には中砂以下の成分を持たないよく淘汰された礫が堆積していること、またそこでは海底勾配が1/10よりも急なことが分かる。これと逆に、沖合の水深10m程度では中砂以下の細かい砂で覆われており、海底勾配が1/30程

度の緩やかな海底面を作っている。またそこには礫は全く存在しない。大部分の区域では以上の特性を示すが、森戸川河口沖の海底谷の中では水深の大きな場所まで礫が堆積しており、海底谷の急勾配斜面へと礫の落ち込みがあると推定された。

参考文献

- 1) 細川順一、塩入 同、高尾治海、秋田和枝、宇多高明、石川仁憲：森戸川河口沖海底谷周辺でのカラーサンドによる漂砂観測，海岸工学論文集，第56巻，pp. 636-640，2009.