

下新川海岸の生地鼻周辺の海浜変形特性

粕谷 晋一* ・ 宇多 高明** ・ 布施 勝義***
二 俣 秀*** ・ 山本 幸次****

1. ま え が き

富山湾に面する下新川海岸は、主として黒部川からの流出砂礫により形成された扇状地の外縁をなす海岸である。それゆえ下新川海岸の海底勾配はかなり急であり、いくつかの海底谷が海岸線近くまで迫っている。この海岸でも他の海岸と同様、激しい海岸侵食が問題となっている(佐々木ほか, 1991)。侵食原因は黒部川自体や東側海岸からの供給砂礫量の減少が主なものであるが、それ以上に問題となるのが急勾配海岸から深海への砂礫流出(宇多・小俣, 1989)である。なぜならば、深海への砂礫流出がなければ、たとえ海岸への供給砂礫量が減少しても海岸にある砂礫量は減らないが、深海への砂礫流出があり、なおかつ供給砂礫量が減少すれば、その差相当分の砂礫量は確実に減少してしまうからである。下新川海岸の西端に位置する生地鼻は深海への砂礫流出が問題にされてきた場所であるが、最近でも著しい地形変化が生じている。そこで、本研究では下新川海岸のうち、黒部川河口の南側に位置する地域を選んで侵食実態を明らかにするとともに、特に生地鼻周辺の地形変化について詳細な検討を行ったのでここに報告する。

2. 下新川海岸の地形学的特徴

下新川海岸の海底地形を図-1に示す。汀線から-30 mの間の等深線の間隔に着目すると、黒部川河口に隣接する荒俣地先の突出地形の南側に位置する測線 No. 21 から測線 No. 3 までは等深線間隔が比較的に広いが、測線 No. 3 から測線 No. -6 の間では非常に狭くなっている。これは特に汀線と-10 mの間の等深線間隔において顕著である。この付近の海岸における沿岸漂砂の卓越方向は南西向きであることから、黒部川河口方面からの供給砂礫とともに、黒部川河口から測線 No. 3 において-10 m以浅が侵食され、この区間から運び去られた砂礫もまた測線 No. 3 から測線 No. -6 の生地鼻周辺に堆積し、河口テラスにおける前置斜面の形成と同様、水面下

に急勾配斜面を形成したと推定される。また、生地鼻周辺の陸上部には平坦面が広がっており、水面下の急勾配斜面と著しい対比をなす。そしてこのような地形特性は、砂嘴周辺の堆積域で見られる普遍的な地形特性(宇多・山本, 1988)と非常に良く一致することが分かる。

ボーリング資料をもとに作成した生地鼻付近の地質構造を図-2に示す。基盤および洪積層上には陸側において扇状地堆積物がのり、その海側に扇状地堆積物とは区別される砂礫が堆積している。扇状地堆積物より海側に堆積している砂礫層は非常に深い位置(-200 m)まで分布しており、その先端水深は扇状地堆積物と基盤および洪積層の境界を滑らかに外挿した水深よりはるかに深い。すなわち、この部分は黒部川がこの地点へ直接流入したことに起因して運ばれた砂礫ではなく、南西向きの沿岸漂砂により運ばれた砂礫が堆積したものと考えられる。

図-1, 2 に示したように、生地鼻は沿岸漂砂によって

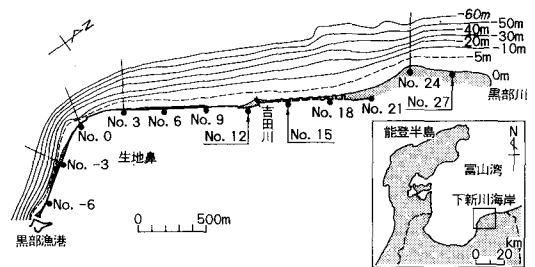


図-1 下新川海岸の海底地形

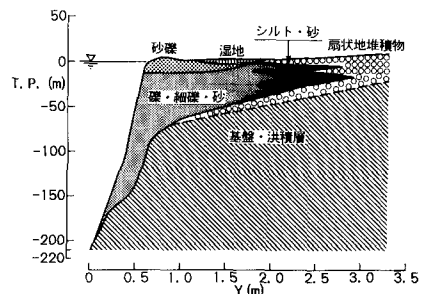


図-2 生地鼻付近の地質断面

* 建設省北陸地方建設局黒部工事事務所長
** 正会員 工博 建設省土木研究所河川研究室長(前海岸研究室長)
*** 建設省北陸地方建設局黒部工事事務所調査課
**** 正会員 建設省土木研究所海岸研究室

運ばれた砂礫が堆積して形成された堆積地形であって、周辺の海域が非常に深いため、これ以上海側へ突出することができなくなるまで砂礫が堆積した状況にあると言える。このように沿岸漂砂の下手端に突出した堆積地形は宇多・山本 (1992) によれば広義の意味での砂嘴に属し、円弧状砂嘴と呼ぶことができる。

3. 黒部川河口左岸～生地鼻区間の地形変化

3.1 汀線変化

下新川海岸全域の汀線変化については前報 (佐々木ほか, 1991) で示したので、ここでは黒部川河口の南 1.7 km に位置する吉田川より生地鼻を含む黒部漁港までの範囲にしほり汀線変化を詳細に調べた (図-3)。図の上段には各年の汀線形と、基準として選んだ 1968 年の汀線形を無歪で示した。図示するように海岸線形状は生地鼻の先端を境にほぼ直角に曲がっており、直角座標上での汀線変化量を求めるのは困難である。そこで 1968 年当時の汀線を基準として、その汀線に対して直交する方向の汀線変化量を求め、それをまとめた結果が図-3 の下段である。図-3 によると、すでに 1968 年～1970 年の段階で生地鼻の先端部を除き汀線が全体的に後退傾向にあった

が、1989 年までの間、いずれの地点でも汀線後退量が増加したことがわかる。また、生地鼻の先端部は 1970 年段階では汀線が前進傾向にあったが、その後汀線の前進域は全く消失した。1970 年～1977 年の間における生地鼻先端付近での堆積域の南側への平均移動速度を求めると、約 17 m/yr であった。1989 年には生地鼻先端付近での汀線後退量の最大値は 55 m に及んだ。また、図-3 の上段の図において、1977 年～1989 年の間の侵食域の拡がり、円弧状砂嘴の先端を越えて侵食域が南側へと拡がる状況をよく説明しているが、このような汀線変化特性は同様な地形的条件にある駿河湾の駿河海岸北端にある和田鼻周辺での汀線変化 (村田ほか, 1991) と非常によく似ていることが特徴として指摘される。1989 年までに護岸と消波工の設置範囲も南側へと拡がってきたが、1993 年 1 月現在、生地鼻周辺では前浜がほとんど消失し、護岸に波が直接打ち寄せる状況となった。

図-3 に示す黒部漁港の防波堤を越えた沿岸漂砂の南西側への流出は、防波堤の先端水深が 6.5 m とこの付近の地形変化の限界水深約 4 m よりも深いことから考えにくく、また沿岸漂砂の卓越方向より、吉田川河口付近では流入する漂砂はあっても流出する漂砂はあり得ないことを考慮すると、図-3 に示した汀線変化が生ずるには、ここに示した区域外へと土砂を運び出すか、あるいは深海へと砂礫が流出しなければならない。この周辺では浚渫等は行われておらず、前者は考えられないので、結局侵食原因は深海への砂礫の流出に帰せねばならない。

3.2 断面変化

図-1 に示すように、黒部川河口左岸より南側に 650 m 離れた測線 No. 24 に沿う断面形の経年変化を図-4 に示す。この測線は生地鼻より見て沿岸漂砂の上手側に位置するが、この断面は水深 7 m 付近で海底勾配が大きく変わり、-7 m 以浅の 1/11 より -7 m 以深の 1/2.5 と非常に急になる。角度で言えば、-7 m 以深の勾配は 22° となり、これは砂礫の水中での安息角 (約 30°) にかなり近い値である。また、海岸堤防前面の前浜のバームの高さは約 2 m である。さらに、1984 年 7 月のデータを除くとほぼ -9 m 以深において経年的に侵食が進み、-7 m 以浅の勾配が緩くなって浅海部にテラス状の海底地形が形成されていることがわかる。ところで、先に除外した 1984 年 7 月のデータでは、その直前の 1982 年 7 月と比較して $Y=150$ m 付近で非常に急激に地盤高が下がり、次の年の 1985 年には再び 1982 年 7 月と非常に似かよった断面に戻っている。しかしこのような地形変化は非現実的と考えられるので、このデータでは深浅測量の精度が低く、それによる見かけの地形変化が生じたと推定される。このことから、このデータは除外することが妥当

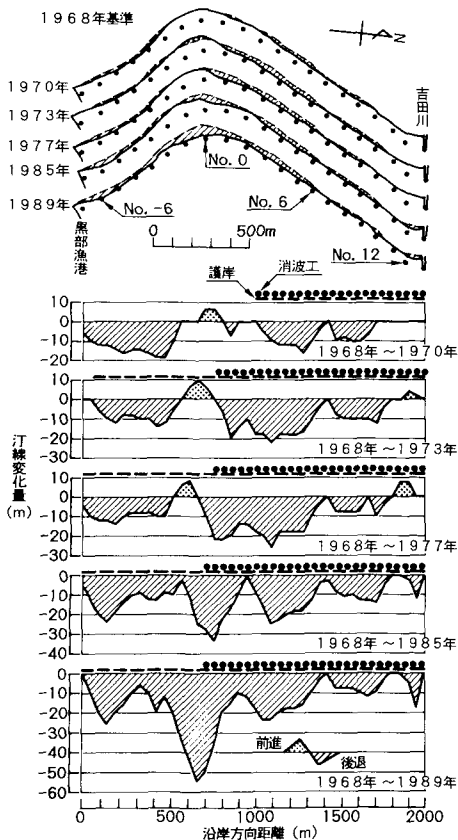


図-3 黒部川河口～黒部漁港間の汀線変化

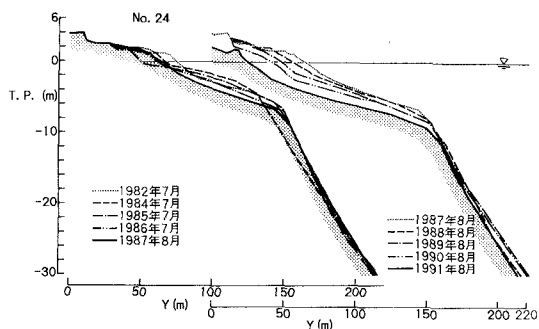


図-4 測線 No. 24 に沿う海浜断面の経年変化

である。この測線は黒部川河口の隣接地にあるが、それでも侵食が急速に進んできていることは重要である。なぜならば、このことは黒部川河口を含む、漂砂の上手側から流下する沿岸漂砂が極端に減少しているのであり、またそのためにこそ No. 24 でも侵食が起きたことを示しているからである。

次に、生地鼻の先端より北東側にわずか 300 m のみ離れた測線 No. 3 に沿う断面形の変化を図-5 に示す。ここでは地形変化はほとんど生じておらず、図-4 に示した測線 No. 24 における断面変化と大きな違いを示す。同様にして生地鼻の先端に位置する測線 No. 0 に沿う断面形の変化を図-6 に示す。1982 年 7 月から 1986 年 7 月まではほとんど地形変化は見られず、海浜断面は安定形状を保っていたが、1986 年 7 月から 1987 年 8 月において -4 m ~ -14 m と非常に深い位置で侵食が生じた。その後、1987 年 8 月から 1990 年 8 月では -10 m 付近で若干の変動が見られるものの著しい地形変化は見られない。しかし、1990 年 8 月から 1991 年 8 月のわずか 1 年間で -10 m ~ -24 m とさらに深い部分が大きく侵食された。図-4 に示した 1984 年 7 月の測量データの場合には、その年のみ見かけ上大きな変化が見られ、その前後の深浅測量ではほとんど断面変化が見られなかったから、これは明らかに測量精度の低さに起因する見かけ上の地形変化と判断された。しかし、図-6 に示した地形変化では、地盤高の著しい低下のあと再び元へ戻るような変化は生じていないから、深浅測量の精度の低さに起因した見かけ上の地形変化ではなく、何らかの原因で地盤高が低下したことはまちがいない。このように短期間において大規模な侵食が生じ、しかも侵食される場合の地形変化の限界水深が一定でなく、徐々に深くなることから、この地形変化は、沿岸漂砂のみによって単調に削られたためとは考えられず、むしろ突発的な海底地すべりにより生じたと推定される。

最後に、生地鼻の先端より南側に 300 m 離れた測線 No. -3 に沿う断面形の変化を図-7 に示す。1982 年 7

月から 1990 年 8 月の間ではほとんど変化はなかったが、1990 年 8 月から 1991 年 8 月に陸上部より -24 m 付近で堆積が生じ、もともと 1/3 と急であった海底勾配が 1/2 と非常に急になった。この勾配は角度で言えば 25° となり、砂の水中での安息角 (約 30°) とほぼ等しい。このことは、この断面が非常に不安定な状況にあることを示している。

4. 考 察

図-3 の汀線変化図では、生地鼻周辺で近年汀線が大きく後退したことを明らかにした。また、そのとき同時にここより沿岸漂砂の上手側に位置する測線 No. 24 で

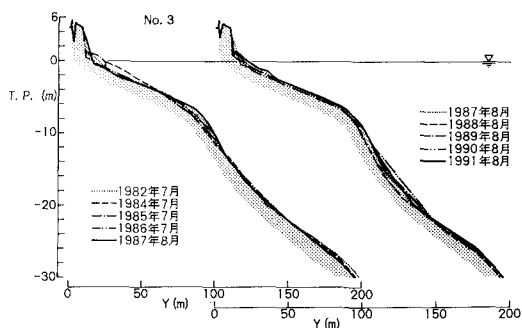


図-5 測線 No. 3 に沿う海浜断面の経年変化

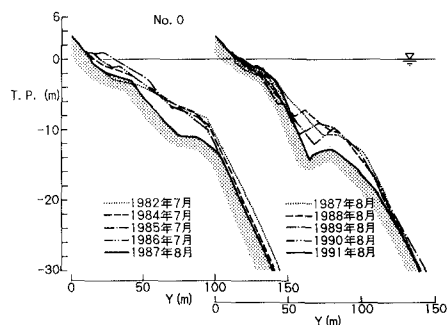


図-6 測線 No. 0 に沿う海浜断面の経年変化

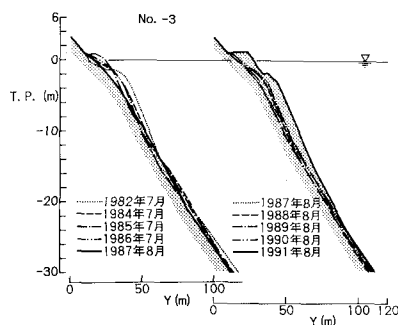


図-7 測線 No. -3 に沿う海浜断面の経年変化

は、-7m以浅が徐々に深くなっており、まちがいなく侵食が進んでいたことが示された。一方、生地鼻の先端に位置する測線 No. 0 では、-4m~-24m と非常に深い部分まで侵食されていたが、このような断面変化が沿岸漂砂のみによりひき起こされたと考えるのは無理がある。なぜなら、その上手側に位置し、同様に砂礫でできている測線 No. 3 (図-5) の断面で地形変化がほとんど生じていないからである。沿岸漂砂による変形であれば、漂砂の上手側にある断面より侵食が進むのは当然である。一方、生地鼻先端の南側にある測線 No. -3 において 1990 年 8 月から 1991 年 8 月の間に陸上部~-24m に堆積が生じていること (図-7) は、測線 No. 0 付近から生地鼻の先端を回り込んで沿岸漂砂によって砂礫が運ばれてきたことを示唆する。すなわち、測線 No. 0 付近では海底地すべりによる沖への流出と、沿岸漂砂による下手方向への土砂移動に伴う地形変化が生じたことになる。

生地鼻先端の測線 No. 0 において、著しく深い部分まで侵食が進むとともに、生地鼻より北東側の漂砂の上手側に位置する測線 No. 24 において地形変化の限界水深が $h_c = -7\text{m}$ より -9m へと急に深くなった時期は、1986 年 7 月から 1987 年 8 月の期間と、1990 年 8 月から 1991 年 8 月の間の 2 時期である。図-8 には、下新川海岸の田中観測所における波浪観測データのうち、月最大波高 ($H_{\max}$) と月最大有義波高 ($H_{1/3}$) の 1981 年~1991 年の経年変化を示す。これによると、1982 年までは $H_{\max} > 6.0\text{m}$ の波高がかなりの頻度で発生したが、その後は高波浪の出現頻度が低下したものの、1987 年 2 月に $H_{\max} = 6.8\text{m}$ 、1988 年 10 月に $H_{\max} = 8.2\text{m}$ 、1990 年 9 月に $H_{\max} = 9.3\text{m}$ の高波浪が来襲している。すなわち、少なくとも測線 No. 0 における 1986 年 7 月から 1987 年 8 月、および 1990 年 8 月から 1991 年 8 月において生じた著しい侵食の時期には高波浪の作用を受けている。一方、1988 年 10 月の高波浪の来襲時には著しい侵食は生じていない。これは、一旦侵食された平坦面上に砂礫が堆積し、急勾配斜面を形成しつつある状態にあり、十分急勾配斜面になっていないため高波浪が来襲しても海底地すべりが生じなかったのではないかと推定される。同様に測線 No. 24 では 1986 年 7 月から 1987 年 8 月の間で地形変化の限界水深が -7m から -9m と深くなっており、1990 年 8 月から 1991 年 8 月の間ではさらに -9m から -11m と深くなっている。これは 1987 年 2 月の高波浪よりも 1990 年 9 月の高波浪の方が波高が高かったこととよく対応する。

生地鼻周辺の地形変化を波浪条件の面から考察する。図-9 は、一例として田中観測所の波浪観測データをもとに、年数回の発生頻度をもつ換算沖波波高 $H_0 = 3.6$

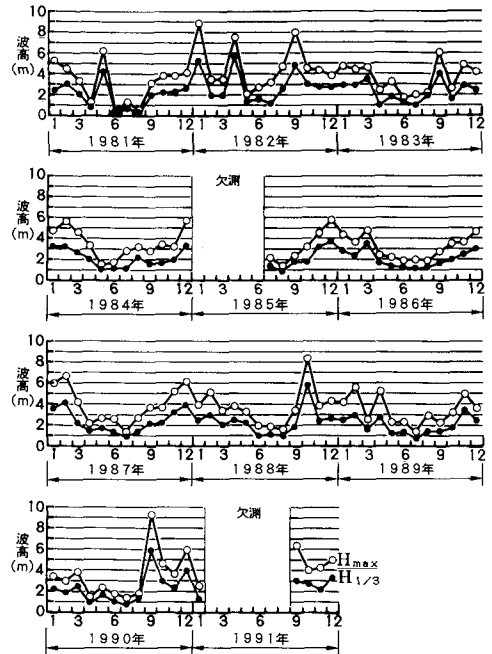


図-8 下新川海岸の田中観測所における波高の観測データ

m, 周期 $T = 10.6\text{s}$ の波を卓越方向である N 方向より下新川海岸へ入射させたときの波高分布である。計算方法はエネルギー平衡方程式による。これによると、黒部川河口左岸から測線 No. 0 まではほぼ同じ波高となっているが、No. 0 から黒部漁港では生地鼻自身による波の遮蔽効果により波高が大きく減少している。さらに、この計算結果をもとに、水深 10m 地点における波高の沿岸方向分布を求めるとともに、断面比較図より定めた地形変化の限界水深をまとめたのが図-10 である。測線 No. 24 より No. 0 の波高は約 2.8m とほぼ同一であるが、測線 No. 0 を境に波高が急激に減少し、No. -2~No. -7 では約 0.8m と極端に低くなる。一方、地形変化の限界水深の分布はこの波高分布と良い対応を示すが、測線 No. 0 では極端に深い値 (-14m) となっており、特異なデータとなっている。来襲波浪の強弱にかかわらずこのような沿岸方向の波高分布の特性は似たものとなるので、波浪条件を変えても No. 0 で地形変化の限界水深が著しく大きくなることは説明できない。No. 0 は波高の沿岸方向分布が急激に変化する地点に位置し、また海岸線の方向角も極端に違うから、この付近では沿岸漂砂量の場所的变化が大きく、砂嘴が非常に堆積しやすい条件にある。しかももとも海底勾配が急であるから、堆積砂礫がさらに急角度で堆積し、これが高波浪時に海底地すべりを起こしつつ深海へ流出すると推定される。

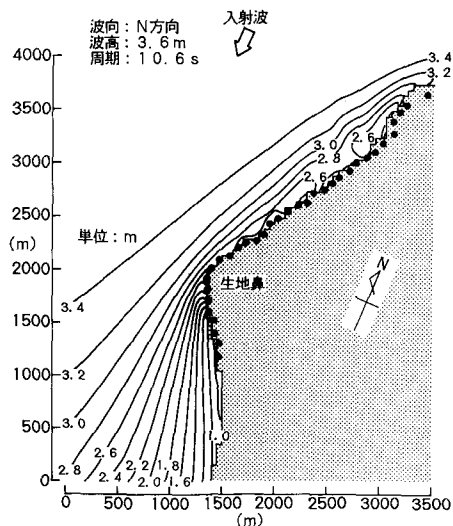


図-9 下新川海岸周辺の波高分布の計算例
(入射方向 N, $H_0=3.6$ m, $T=10.6$ s)

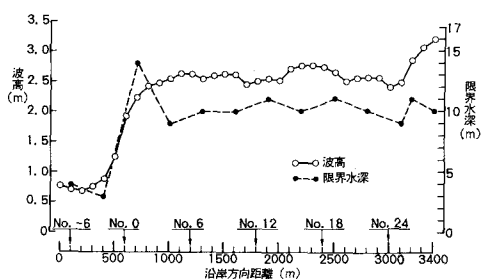


図-10 波高(計算結果)と地形変化の限界水深(実測値)の沿岸方向分布

5. 結 論

本研究の主要な結論は以下に集約される。

① 下新川海岸の南端に突出する生地鼻は先端付近の勾配が約 1/2 と非常に急であり、北東側から運ばれてきた砂礫が急深な海域に堆積して形成されてきている。海底の底質調査によると、少なくとも水深 30 m 付近まで表面には砂礫が露出している。

② この海岸では 1968 年以降 1989 年まで、経年的に侵食傾向にあり、この間生地鼻の先端では 55 m も汀線が後退し、現在では護岸に直接波がうち寄せる状態となっている。そして侵食原因は沖への土砂流出であることがわかった。

③ 生地鼻の先端ではそこより北に 300 m 離れた測

線 No. 3 では断面変化が見られなかったのに対し、-10 m ~ -23 m と非常に深い所で侵食が進み、海面下にたな状地形が形成されている。一部の土砂は沿岸漂砂により下手側の黒部漁港方面へ流出し、防波堤の上手側に急斜面を形成して堆積しているが、上述のように非常に深い所で沿岸漂砂によって削られたと考えることには無理がある。なぜなら、生地鼻先端より上手側の、より高波浪を受ける区域における地形変化の限界水深約 10 m と比較して上述の水深は深すぎるからである。

④ 測線 No. 0 における 1986 年 7 月から 1987 年 8 月、および 1990 年 8 月から 1991 年 8 月において生じた著しい侵食時期には高波浪が来襲している。しかし、1988 年 10 月の高波浪の来襲時には著しい侵食は生じていない。すなわち、高波浪の出現は必ずしも必要十分条件とはなっていない。これは、一旦侵食された平坦面上に砂礫が堆積しつつあって、十分急勾配斜面になっていない場合、高波浪が来襲しても海底地すべりが生じにくいと推定される。

⑤ 生地鼻では海底地すべりによる土砂流出の可能性が高いが、その発生条件に関しては問題点として残された。しかし、生地鼻の海底地盤高が低下しつつあることはまちがいのない事実であって、このような地形変化がある場合、緩勾配海岸で使われている海岸保全工法をそのまま適用することは非常に危険である。何らかの有効な策について早急に検討する必要がある。

謝辞：本研究を進めるに際しては、藤井昭二富山大学教授を委員長とし、河田恵昭京都大学防災研究所助教授ほか、建設省からなる「下新川海岸保全工法検討委員会」の調査資料の一部を使用させていただいた。ここに記して関係諸氏に謝意を表する。

参 考 文 献

- 宇多高明・山本幸次 (1988): 砂嘴地形の形成過程—現地観測と模型実験—, 地形, 9, pp. 295-307.
- 宇多高明・小俣 篤 (1989): 海岸から深海への土砂損失機構調査報告書, 土木研究所資料, 第 2730 号, 80 p.
- 宇多高明・山本幸次 (1992): 砂嘴形成海域の海底地形と砂嘴形態の関係について, 地形, 13, pp. 141-157.
- 佐々木庸介・宇多高明・山本 清・伊藤佳晴・山本幸次 (1991): 黒部川河口部における海浜変形, 海岸工学論文集, 第 38 巻, pp. 346-350.
- 村田 守・宇多高明・片岡賢一・大石英雄・山本幸次 (1991): 駿河海岸の海浜変形と土砂収支, 海岸工学論文集, 第 38 巻, pp. 281-285.