

下新川海岸生地鼻地先における急勾配海岸の侵食対策

鎌田 照章*・松本 清則**・谷口 和哉**・渡邊 和俊***
飯田 和也**・大谷 靖郎****・石橋 大輔****

1. はじめに

我が国の砂礫浜海岸では、種々の要因により著しい侵食が生じており、様々な侵食防止対策が実施されている。宇多 (1997) によると、沿岸漂砂の連続性の阻止や供給土砂量の減少等が多くの海岸で侵食原因となっている。しかし、富山湾や駿河湾のような海底地形が非常に急勾配の海岸では、深海への土砂流出も侵食原因の 1 つに挙げられており、急勾配海岸の侵食メカニズムの解明とその対策が海岸保全上の検討課題として残されている。

本研究では、我が国で有数の急勾配海岸である下新川海岸の生地鼻地先を対象として、激しい侵食の実態とそのメカニズムについて検討するとともに、深海への土砂流出等による侵食を防止するための急勾配海岸における新たなタイプの侵食対策の提案を行った。

2. 生地鼻周辺の侵食状況

2.1 下新川海岸の概要

下新川海岸は、図-1 に示すように富山湾の湾奥東部に位置する延長約 22 km の砂礫浜海岸であり、海岸のほぼ中央には黒部川が流入している。図-2 に示す田中観測所の波浪観測結果によると、有義波高の出現頻度は、0.5 m 未満が 48%, 0.5 m~1.0 m が 30%, 1.0 m~2.0 m

が 13%, 2.0 m 以上が 2% となっており、有義波周期は 3 s~6 s が約 60% を占めている。また、平均波向の出現頻度は、N が 37%, NNE が 22% であり、両者で全体の約 60% を占めていることから、沿岸漂砂の卓越方向は、西向き (もしくは南向き) であることが推定される。

下新川海岸では、深淺測量が 1958 年から年間 1 回~3 回程度の間隔で約 50 回実施されている。図-3 に代表期間における下新川海岸全体の汀線変化を示す。下新川海岸では、1952 年頃から始まった宮崎漁港の改築に伴う供給漂砂量の減少によって侵食が顕著となり、1958 年~1968 年では、宮崎漁港の西側における 50 m を超える汀線後退が生じている。1968 年~1978 年では、侵食域は黒部川河口まで拡大しており、1958 年~1978 年の約 20 年間に失われた砂浜は、約 90 万 m^2 に達する膨大な面積となっている。また、生地鼻付近では、1968 年~1978 年に最大で約 30 m の汀線後退が生じており、1958 年~1978 年の 20 年間ににおける最大後退量はほぼ 50 m に達して

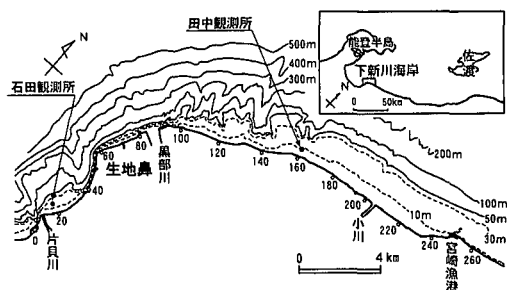


図-1 下新川海岸の位置

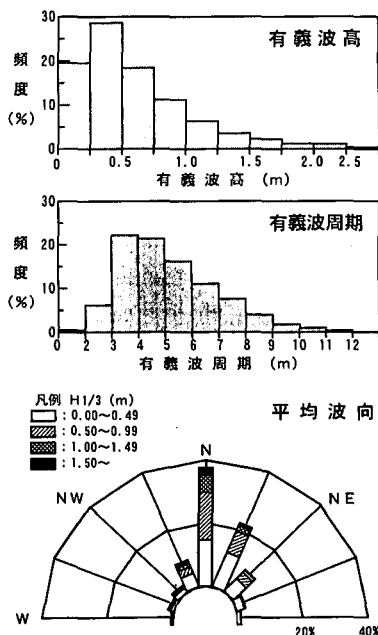


図-2 田中観測所における波浪観測結果 (1995 年 1999 年)

* 正会員 建設省 黒部工事事務所長
** 建設省 黒部工事事務所 調査課
*** 建設省 金沢工事事務所 流域対策課 (元 黒部工事事務所 調査課)
**** 正会員 (株)アイ・エヌ・エー 海岸部

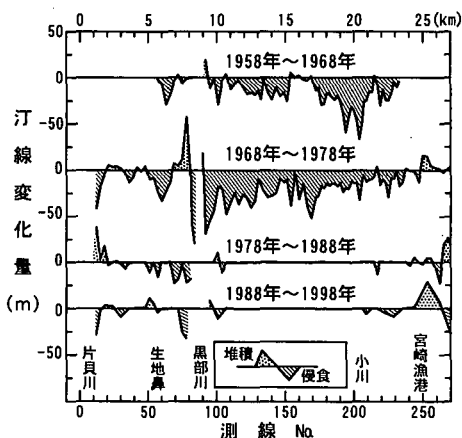


図-3 下新川海岸の汀線変化 (1958年～1998年)

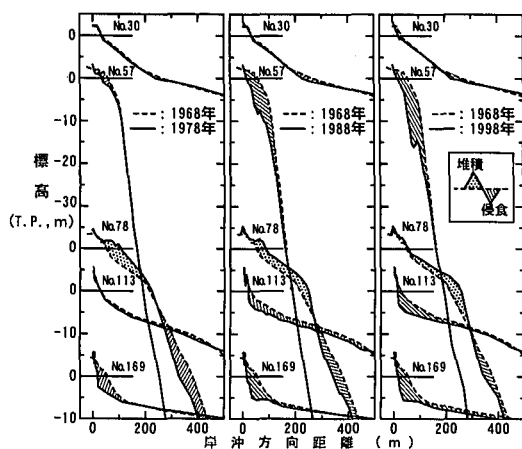


図-4 代表測線の海底断面地形変化 (1968年～1998年)

いる。

一方、1978年～1988年および1988年～1998年では、黒部川河口部等を除いて汀線変化量は全体的小さくなっている。これは、1978年では大半の区間で砂浜が消失した状況となったこと、宮崎漁港西側では浚渫土砂を活用した養浜(年平均: 2万 m^3/yr)が実施されたこと、1991年～1997年には黒部川上流の出し平ダムから合計353万 m^3 の土砂が排出されたことによるものと考えられる。

次に、代表測線における海浜断面地形の変化を図-4に示す。なお、各測線ともに、離岸堤等が設置されていない測線であり、沖合まで測量が行われている1968年以降の断面地形変化を示した。測線 No. 169 および No. 113 では、汀線位置に変化が生じていない場合にも堤防前面では侵食が進行している。測線 No. 78 および No. 57 では、他の測線と比べて海底地形が凸型で急勾配になっており、特に生地鼻先端の No. 57 では1/3程度と非常に急勾配である。また、測線 No. 78 および No. 57 の水深20 m付近において有意な侵食が生じており、侵食された土砂は急勾配斜面を転がるように海底谷に落ち込んでいるものと考えられる。

下新川海岸では、これまでに海岸侵食に関する多くの調査・研究が実施されており、これらの成果を総括すると、主な侵食原因は、①ほぼ全域で生じている海底谷への土砂流出等の沖向き漂砂に加えて、②黒部川河口以西では河川流出土砂の減少、③黒部川以東では宮崎漁港による沿岸漂砂の遮断が複合しているものと推定される。

2.2 生地鼻周辺の侵食実態

生地鼻は、黒部川の流出土砂が西向きの沿岸漂砂により運ばれて形成された砂嘴地形である。ナローマルチビームを使用した深淺測量による生地鼻周辺の等深線図を図-5に示す。図より明らかなように、生地鼻周辺の海底地形は非常に複雑であり、幾つもの峰および谷地形が

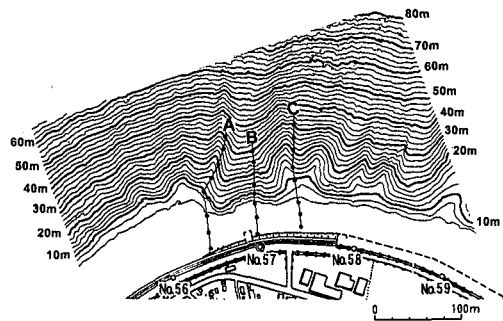


図-5 生地鼻周辺の海底地形 (1998年10月測量)

存在する。図-5に示した測線における海底観察および底質調査の結果によると、写真-1に示すように水深3 m以浅では50～150 mmの礫であるが、水深5 m以深では0.4 mm未満の砂と30 mm以上の礫で構成されており、一部の地点では巨礫も確認されている。また、谷部に位置する測線 No. B の水深5 m～25 mでは、砂質分が多いことから、谷部では砂の堆積が著しいことが推察される。

生地鼻の西側に位置する石田観測所と田中観測所の波浪観測結果を比較すると、図-6に示すように石田観測所の有義波高は田中観測所の約1/2であり、平均波向はほぼ1方位(約25度)西寄りとなっている。このように、日本海から来襲する波浪に対する生地鼻の遮蔽効果によって、生地鼻の東西では、波浪特性および漂砂環境が大きく異なるものと推定される。

空中写真による生地鼻周辺の海岸線の変化を写真-2に示す。1975年以降に砂浜の侵食が顕著となり、1990年には生地鼻先端付近の砂浜は消失した。また、図-7に示す海浜断面地形の変化を見ると、1970年頃から侵食が顕著となり、その後も侵食が進行したため、1968年の汀線

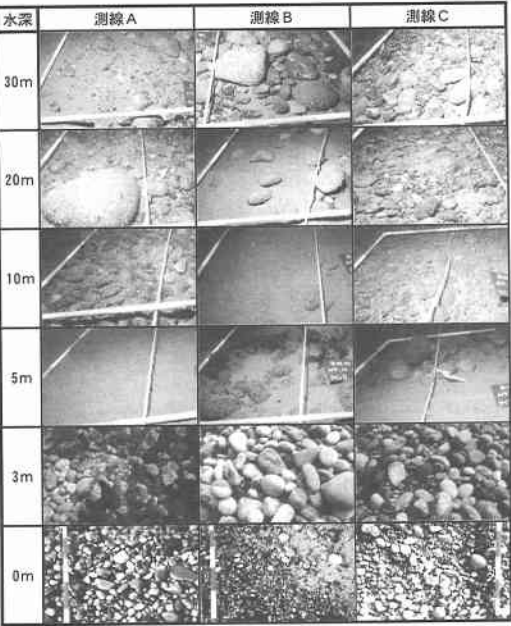


写真-1 海底観察による生地鼻の海底の状況

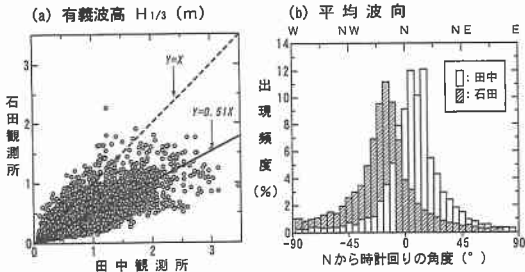


図-6 生地鼻東西の波浪特性の比較

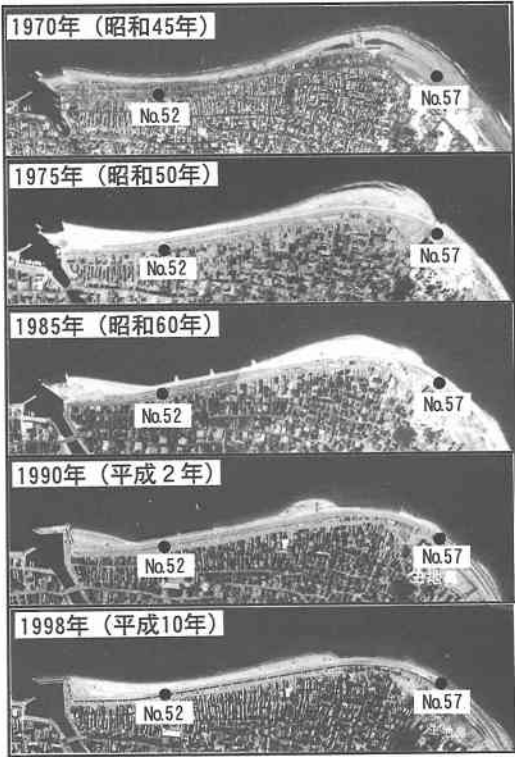


写真-2 空中写真による生地鼻の海岸線の変遷

が1998年には水深約8mとなる激しい侵食が生じた。

2.3 生地鼻の侵食プロセス

生地鼻周辺では、深浅測量、海底観察、空中写真撮影の他にも底質・地質調査、トレーサー調査、波浪・流況観測等が実施されている。これらの調査の結果をもとに推定した生地鼻の侵食プロセスは、以下の通りである。

①生地鼻は、黒部川からの豊富な土砂供給によって維持されていた凸型の砂嘴地形であり、供給土砂量の減少により侵食が顕著となった。

②生地鼻では、混合粒径で構成される底質の細粒分が高波浪時の波および流れによって流出する。

③このため、通常の波と流れでは移動しない大粒径の底質の周囲が疎になり、崖崩れのように急勾配斜面を落ちて行く侵食形態が想定される。

④なお、生地鼻では、海底地形、底質、外力などの侵食に関する要因が一般的な海岸と著しく異なることから、既存の知見・理論等により侵食のプロセスを解明することは難しいと考えられる。

3. 侵食対策工法の検討

3.1 対策工法の選定

生地鼻地先では、侵食が激しく、海底地形が1/3~1/5と急勾配であるため、海岸堤防が倒壊する事態に至ることも懸念されている。さらに、生地鼻は、冬季の日本海の高波を防ぐ機能を有していることから、鼻地形の保全が重要となっている。このため、生地鼻の侵食を早急に防止するための対策工法の検討を行った。はじめに、侵

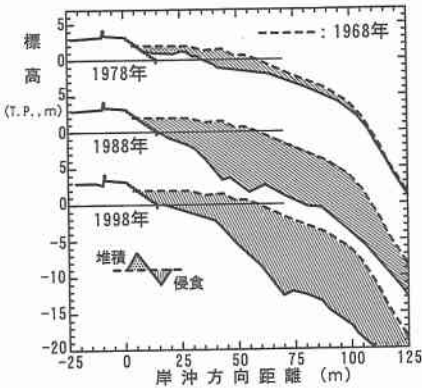


図-7 生地鼻先端(測線 No. 57)の海底断面地形変化

食対策の基本方針を以下のように設定した。

①生地地先の侵食は、供給土砂の減少および土砂の沖合損失が主な要因であり、水深 20 m 以深でも顕著な侵食が生じていることから、大水深における波と流れの制御あるいは土砂供給の増大を図る必要がある。

②侵食の根本原因である土砂収支バランスを改善するためには、河川を含めた総合的な土砂管理によって対応することが不可欠であり、沖合に流出する沿岸漂砂を完全に捕捉する抜本的な対策も必要となる。

③生地鼻は、沿岸漂砂による黒部川からの供給土砂の終点に位置しているとともに、その沖合に土砂が流出している可能性が高いことから、生地鼻において沿岸漂砂を可能な限り捕捉することは、周辺海岸の長期的な海浜安定化に役立つものと考えられる。

また、現状の技術レベルや経済性を考慮した短期的な緊急対策の考え方は、以下の通りとする。

④越波および侵食の防止を目的とする波浪制御施設と、汀線付近の侵食を緩和して海岸堤防の安定性を確保するための養浜工の組合せによる面的防護工法を導入する。

⑤波浪制御施設と養浜工は、現時点における必要最小限の規模を想定して、段階的に施工を行うとともに追跡調査を実施し、対策工の見直しを逐次行う。

⑥波浪制御施設の構造形式は、海底勾配、侵食プロセス等から判断すると、重力式タイプでは堤体の安定性を確保することは困難であるため、有脚式タイプとする。ただし、堤脚部に洗掘や侵食が生じる可能性があることから、根固工等の洗掘防止対策を必要に応じて実施する。

⑦なお、生地鼻の侵食対策の効果を確認した後に、生地鼻から黒部川河口に至る区間の侵食対策を計画する。

3.2 侵食対策案の検討結果

対策工の検討では、はじめに消波機能および漂砂制御機能を有する波浪制御施設の検討を行った。工法については、MMZ 計画で開発された海域制御構造物等の有脚式タイプを想定し、平面配置計画の検討を行った。基本的な配置は、年数回来襲する高波浪が海岸線に対して著しく斜めから入射すること、洗掘を軽減するために反射波を分散させること、下手側海浜の侵食を助長しないために陸上部の漂砂は遮断しないことを考慮し、アーク状の有脚式突堤を汀線から斜めに設置するものとした。

有脚式突堤の平面諸元は、海浜流シミュレーションにより検討を行っており、波浪場の計算にはエネルギー平衡方程式によるモデル、海浜流の計算にはラディエーション・ストレスを外力とするモデルを用いた。なお、高波浪の観測データを用いて検証計算を行い、計算モデルの適用性および計算条件を確認した。予測計算の波浪条件は、年数回来襲する高波浪を対象とし、日本海から

の来襲波（波向：N, $H_{1/3}=3.6$ m, $T_{1/3}=10.6$ s）および富山湾内発生波（波向：NW, $H_{1/3}=2.5$ m, $T_{1/3}=7.0$ s）とした。また、突堤の設置基数は 2 基、堤長は 50 m と 100 m の 2 ケースとした。なお、計算格子間隔は 5 m、計算領域は沿岸 1,300 m × 岸沖 930 m である。

日本海からの高波浪のケース（波向：N）の予測計算結果から、生地鼻周辺における流速ベクトルと波高分布を図-8 に示す。波浪制御については、堤長が 100 m の場合には対象区間のほぼ全域で突堤の透過率（0.6）に応じた消波効果が期待できるが、堤長が 50 m の場合には遮蔽効果の小さい区間が突堤間に生じる。流況制御については、突堤背後の沿岸流速値は現況に比べて $1/2 \sim 1/3$ に低減し、対象区間では全体的に流速値は小さくなっている。また、堤長が 100 m の場合には、突堤に沿う流れはそのまま沖合を通過しているが、堤長が 50 m の場合には、突堤の先端から陸側に回り込む流れも生じている。なお、波向 NW の計算結果も波向 N と同様である。

計算結果から判断すると、漂砂に係る波浪および流況の制御効果に関しては突堤の堤長は 100 m が有利

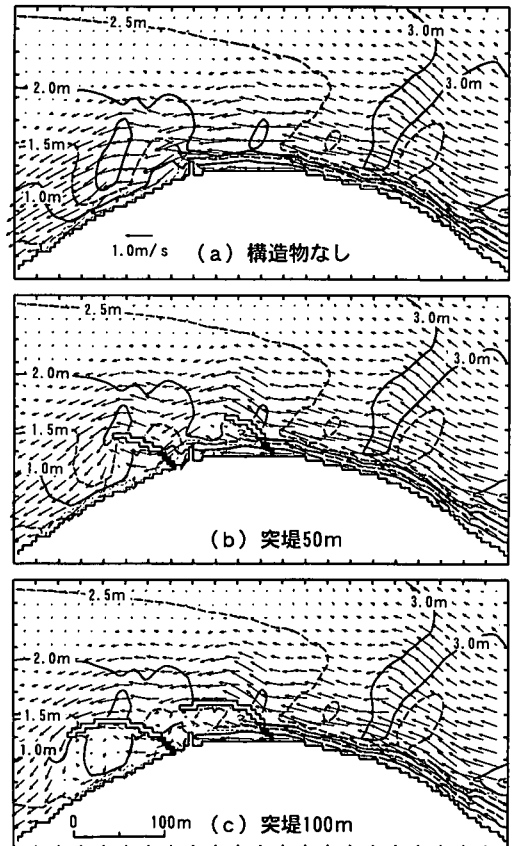


図-8 生地鼻の有脚式突堤の海浜流計算結果

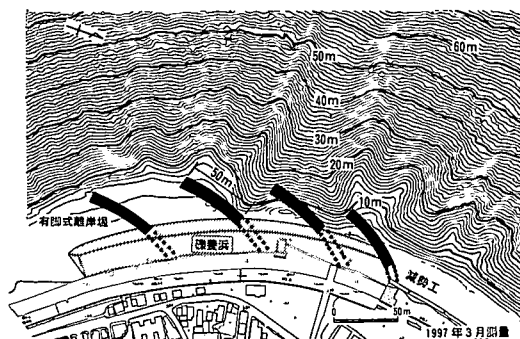


図-9 生地島先の侵食対策計画案

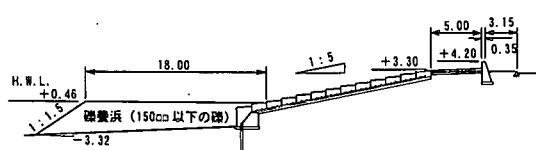


図-10 生地島の養浜工の標準断面

である。しかし、堤長が100 mの場合には、先端水深も15 mと大きくなり、沿岸漂砂の捕捉率が增大して下手側海浜における侵食の助長等の影響が生じることも考えられる。さらに、先端水深が15 mとなる堤長100 mの建設コストは、先端水深が10 mである堤長50 mに比して3倍程度となる。一方、堤長が50 mの場合には、下手側への通過漂砂量はある程度確保されることから、建設コストも考慮して突堤の堤長は50 mとした。しかし、突堤のみでは目標とする保全効果を充足できないことから、養浜工と一体となった保全施設計画が必要となる。また、計画区間の全域にわたり波浪制御を効果的に図るために、堤長50 mの突堤を4基配置するものとした。

以上の検討結果をもとに作成した侵食対策計画を図-9に示す。この侵食対策は、4基の有脚式突堤を海岸線に対して斜めに設置し、突堤の消波機能および漂砂制御機能によって越波の防止および海浜の安定化を図るとともに、養浜工によって背後地の安全性の向上および下手側海浜の侵食の軽減を図ることを目指している。なお、突堤基部の陸上部には、高波浪時の沿岸流による通過漂砂量を抑制するための鋼管パイル等の減勢工を設置する。

次に、改良仮想勾配法を用いた波の打ち上げ高の計算による養浜工の標準断面の検討結果を図-10に示す。養浜工の天端高は、陸上施工が可能な限界高さである $H.W.L. = T.P. + 0.46$ mとし、天端幅は、有脚式突堤の波浪制御効果を考慮した必要幅の18 mとする。養浜材料については、汀線部における底質の平均粒径が60 mm~100 mmであること、曳き網や刺し網等の漁業への支障が生じないこと(150 mm以下)、下手側への漂砂供給

をある程度確保すること、近隣の天然礫を使用する予定であることを考慮し、粒径150 mm以下の礫を用いることとする。

ただし、当面は、有脚式突堤1基および礫養浜を施工し、追跡調査の結果等をもとに有脚式突堤の基数や堤長および減勢工の構造や突堤周辺の根固工等の最終的な侵食対策を決定することとする。また、有脚式突堤については、我が国の海岸事業では初めての設計・施工一体型のデザイン・ビルト方式で発注する予定である。

4. まとめ

急峻な富山湾に位置する下新川海岸では、海岸構造物による沿岸漂砂の遮断および河川からの流出土砂の減少に加えて、海底地形が非常に急勾配のために生じる海底谷への土砂の落ち込みによって著しい海岸侵食が生じた。さらに、海底地形が1/3と非常に急勾配で沿岸方向の起伏が大きい生地島では、混合粒径で構成される底質の細粒分の流出に伴う礫の海底谷への落ち込みによって侵食が生じているものと推定され、波浪による侵食としては異常に深度が大きいことを明らかにした。

また、生地島のように地形、底質、流況等の漂砂環境が非常に複雑な海岸における保全対策工法として、有脚式突堤と礫養浜による対策工の提案を行い、海浜流シミュレーション等により対策工の有効性について検討を行った。今後は対策工の実施に向けて詳細な検討を進めるとともに、施工に際しては、効果および影響を評価するための各種のモニタリング調査を実施する予定である。

なお、生地島の侵食対策の検討は、学識経験者等で構成された「生地島先侵食対策工法検討会」の指導のもとに行った。委員長の河田恵昭京都大学教授、委員の石田啓金沢大学教授および佐藤慎司東京大学助教授(前土木研究所海岸研究室長)には、数々の貴重なご助言を頂きました。ここに記して深甚の謝意を表します。

参考文献

- 宇多高明・小俣 篤・堤 博志・吉村敏明 (1986): 深海への土砂流出実態の現地調査, 第33回海岸工学講演会論文集, pp. 277-281.
- 宇多高明・中田定男・小俣 篤 (1989): 下新川海岸における深海への土砂流出実態, 海岸工学論文集, 第36巻, pp. 374-378.
- 宇多高明 (1997): 日本の海岸侵食, 山海堂, 第36巻, 442 p.
- 土屋義人・芝野照夫 (1973): 下新川海岸の海浜過程について, 第20回海岸工学講演会論文集, pp. 483-488.
- 土屋義人・芝野照夫・須山 洋・吉村敏明 (1987): 黒部川扇状地海岸の形成と変化について, 第34回海岸工学講演会論文集, pp. 483-488.
- 山本雅史・中田定男・若田茂和 (1989): 下新川海岸(海底谷への土砂損失対策について), 海岸, 29巻, pp. 94-101.