

揖斐川および長良川河口部における なぎさ再形成のための養浜実験

藤 芳 素 生* ・ 宇 多 高 明** ・ 松 原 充 幸***
東 智 徳*** ・ 前 野 宗*** ・ 裴 義 光****

1. ま え が き

我が国の沿岸域では、高度成長期において工場用地や港湾用地を造り出すために広範に埋立てが進み、人工海岸の延長が増大したことは衆知のとおりである。とくに、内海や内湾の沿岸に広がっていた浅い干潟は格好の埋立て対象となり、急速に人工海岸化したことは記憶に新しい。一方、これらに流入する河川においては、その地形的改変は沿岸部に比べて小さかったが、流量規模の増大のための河川改修が進み、河口周辺部の干潟などの自然地形が失われることもあった。しかしながら、近年では河川でもより自然に近い形で改修を進めるべきとの声が急速に高まっている。全国各地で実施されている多自然工法の適用はそのよい一例である。

木曾三川の河口部でも、1970年頃までは干潮時には広大な干潟が現れ、これらの干潟にはヨシが繁茂するとともに野鳥や魚が集まり、多様で豊かな生態系が保たれていた。しかし1965年頃以降濃尾平野一帯で著しく進んだ地盤沈下により干潟の面積は急速に減少し、さらに地盤沈下に伴う高潮対策として進められてきている高潮堤防の補強により、残された貴重な水辺もコンクリート護岸に変わりつつある。こうした状況下において、失われた干潟を治水上支障のない範囲で復元し、多様な水辺空間を創造することができれば、環境改善上大きな効果があると考えられる。そこで、河岸に水制（突堤）を設置して護岸前面に土砂を投入し、波の作用により安定な砂浜を形成させる計画を立て、揖斐川右岸の城南地区においてこの現地実験を実施した。本報はこの現地実験の結果について報告する。

2. 実験地域の地形・気象特性

伊勢湾湾奥に流入する揖斐川および長良川河口部の位置図を図-1に示す。揖斐川と長良川は河口の基準点より約3.0 km上流で合流しており、右川が揖斐川、左川が

長良川である。また、長良川の河口基準点から5.4 km地点では長良川河口堰が建設されている。本研究でなぎさ造成の現地実験を行ったのは、揖斐川右岸の1.6 km付近の城南地区である。揖斐川右岸の河口には延長約2,800 mの導流堤が伸びている。この導流堤の天端高はT.P.+1.4 mである。

城南地区は河口近傍に位置するため、大きな潮位変動を受ける。河口から4.2 kmに位置する吉之丸水位観測所のデータによると、朔望平均満潮位はT.P.+1.2 mに、平均潮位はT.P.+0.2 mに、そして朔望平均干潮位はT.P.-0.9 mにある。木曾三川下流部では、1965年以降の広域地盤沈下のため周辺の地盤高はT.P.-1.0~-2.0 mと低く、これを守るため河口部には高潮堤防が建設されてきている。

実験地の城南地区の地形特性から、伊勢湾で発達する高波浪は作用しにくく、通常時には河口部および河道内で発達した風波の作用が主となる。こうした場合、宇多ほか（1994）にも示したように水域の形状と風向風速との関係が重要となる。そこで河口の右岸に位置する城南

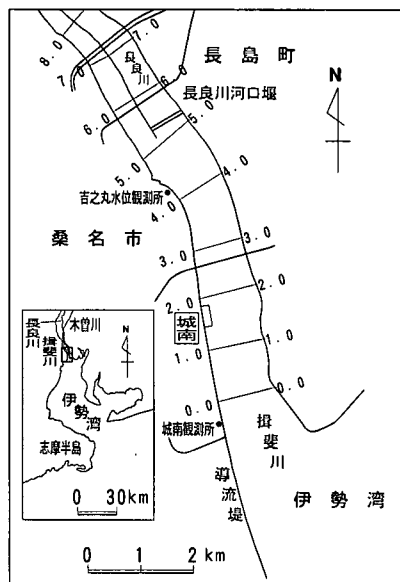


図-1 揖斐川右岸城南地区の位置図

* 正会員 前建設省中部地方建設局木曾川下流工事事務所長
** 正会員 工博 建設省土木研究所河川研究室長
*** 前建設省中部地方建設局木曾川下流工事事務所調査課
**** 正会員 工博 日本建設コンサルタント(株)

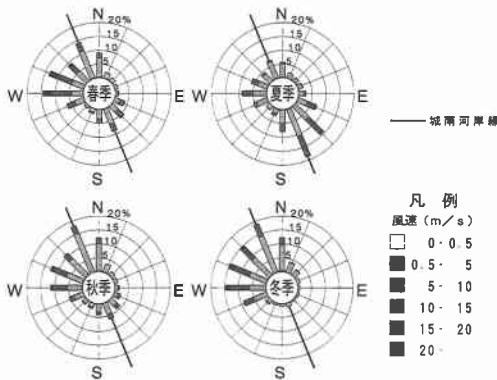


図-2 城南観測所における季節別風配図

観測所における1987年～1993年の気象データをもとに、風向風速をまとめると図-2となる。図中には、城南地区の河岸線の方角も示す。まず全体的な気象特性として、春および秋にはW, WNWおよびNNWが卓越するが、夏にはSSEまたはSE方向が著しい発達をみる。また冬にはW～NNW方向の風向が卓越する。これらの風向風速と河岸線の方角とを考え併せてみる。城南ではほぼNNW～SSE方向に走る河岸線の右半平面に水域があることから春、秋、冬に卓越するW～NNW方向の風は陸風となり、河岸への風波の作用は無視できる。一方、河口は城南から見てSE～SSE方向に開いているため、吹送距離もこの方向に長い。以上の点より、全シーズンを通じてNNE～E方向の風は非常に弱いから、城南地区では夏季に卓越するSEまたはSSE方向の風による風波が重要となる。

図-3には1993年～1994年測量による揖斐川・長良川の河床形状を示す。河床掘削に伴い、河道のみお筋は長良川より緩やかに右に蛇行したあと、河口から2.8 kmにある揖斐長良大橋付近より右岸側へと移る。養浜実施箇所の城南地区では、下流部の0.0 km～1.4 kmに水衝部があるが、養浜箇所はちょうど三角形の浅瀬が上流方向に広がる位置にあり、当該地区は洪水流に対しては水裏に位置するから洪水流の作用は弱い。

試験地周辺の川幅は1.1 kmと非常に広い。また、試験区間の直上流の1.8 km地点には大規模なヨシ原が残されており、この中には明治改修で設置された水制(延長約260 m)が埋もれている。

3. 試験施工の概要

養浜の現地実験では、約2,000 m³の土砂を投入し、養浜形状の変化を追跡するとともに、底質粒径調査や生物調査を実施した。城南地区において現況では低水護岸が造られているが、ここで養浜工を実施する利点は次のよ

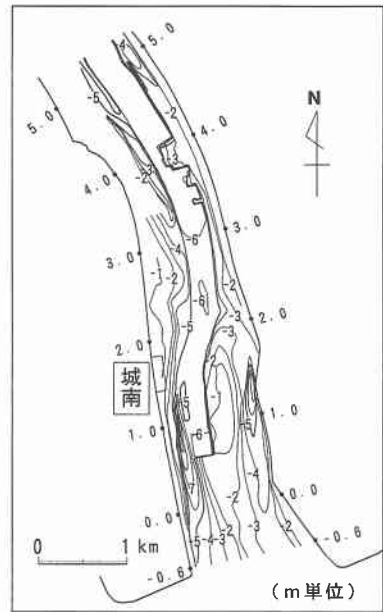


図-3 揖斐・長良川の河床コンター図



写真-1 城南地区の空中写真(1994年5月撮影)

うである。

- ① 砂浜の造成により堤防と水面につながりができ、親水性が向上すること。そして潮干狩りや水遊びなど多目的なレクリエーションの場ともなること。
- ② シラウオやシジミなどの魚貝類や鳥類の生殖、繁殖の場となること。
- ③ 干潟に集まる鳥や干潟の環境に巧みに適応した生物、植物を観察し、自然の営みを知る上で身近な自然教育の場となること。
- ④ 定量的評価は困難としても、河川水の浄化の場となる可能性があること。

1993年12月8日～12月10日の間に河口部での浚渫土砂約2,000 m³の土砂が1.6 km+10 mより下流100 m区間に投入された。写真-1には、土砂投入後5カ月が経過した1994年5月における城南地区の空中写真を示す。写真中河岸線に沿って白く写されているのが砂浜である。

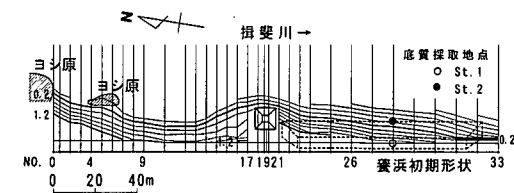


図-4 城南地区における養浜形状と投入7ヶ月後の砂浜形状

4. 養浜土砂の移動状況

図-4には城南地区における養浜工の初期形状を太い破線で、また投入7ヵ月後の1994年7月の実測河岸形状を実線で示す。養浜は既設護岸ののり面の外側に天端高約T.P. +3.0m、天端幅約5m、初期勾配1/2で行われた。養浜区域の直上流には長さ13m、天端高T.P. +1.5~2.0mの取水塔があり、河口方向からの入射波に対して水制（突堤）の効果を発揮している。養浜砂の中央粒径は0.37mm、均等係数は2.91であり、河口部で浚渫された土砂であるために1mm以下の細粒分を90%含んでいる。図-4に示す投入7ヵ月後の砂浜形状によると、風波に伴う沿岸漂砂により上流方向へ移動した投入土砂は取水塔（不透過構造物）で阻止されたため、その先端の隅角部を一つの頂点として三角形に堆積したことがわかる。また、取水塔の先端の地盤高はT.P. -0.1mであり、これは朔望平均満潮位（T.P. +1.2m）よりも低いことから、満潮時には取水塔の先端を沿岸漂砂が回り込みうる条件にある。このため一部の土砂はさらに上流側へ移動し、取水塔の上流約100mにあるヨシ原まで移動して堆積し、ヨシ原の下流側に三角形の前浜が形成された。取水塔下流側ではT.P. +1.2m~0.2mの等高線がその直上流と比較して密に平行に並んでいる。これに対して取水塔の直上流ではT.P. +0.6m以浅の等高線の間隔が広く開いているが、T.P. +0.4m~-0.2mの等高線はほぼ滑らかに伸びている。このことは、不透過構造物である取水塔によりT.P. +0.6m以浅の部分での沿岸漂砂が阻止されており、構造物の漂砂下手側（河川の上流側）では供給土砂量が不足するために等高線間隔が広がったことを示している。一方、沿岸漂砂の阻止能力を持つヨシ原の直下流では再びT.P. +1.2m~0.0mの間の等高線が密にしかもほぼ平行に並んでいる。このヨシ原では沿岸漂砂は現在完全に阻止されている。

図-5には河岸横断面形の変化を示す。養浜はほぼNo. 22~No. 32の間で行われ、この区間の断面変化の代表例はNo. 26に示されている。1/2勾配で養浜された土砂は浜崖を形成しつつ流出し、流出土砂は上流側のNo.

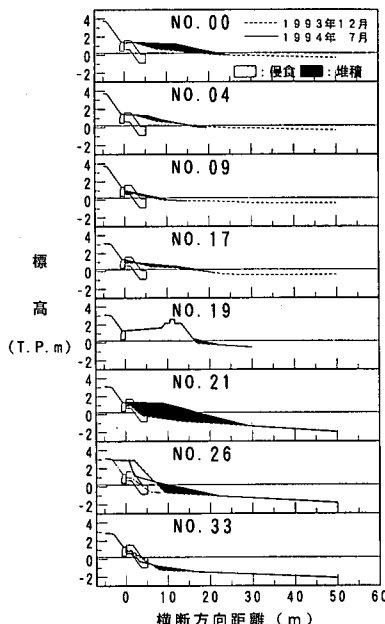


図-5 城南地区における砂浜断面形状の変化（1993年 vs. 1994年7月）

21に典型的に見られるようにT.P. +1.3mに平坦面を形成しつつ、T.P. -1.3mまでの間、1/7勾配で堆積している。これと対照的に養浜区間の直下流のNo. 33では河岸近傍にごく一部堆積が見られるものの、堆積量はごくわずかである。このことは養浜土砂のほとんど全部が上流側へと廻ったことを示している。取水塔の先端では0.5~-0.3mの間にごく一部の堆積が見られる。その隣りのNo. 21ではT.P. +1.3m~-1.3mの間で地形変化が生じていたが、取水塔前面では全体的に水深が小さいから、養浜砂は-0.3m以浅で動くことになる。このため、取水塔はT.P. +1.3m~-0.3mまでの間の漂砂量分布のうち、0.5m~-0.3mの分布量のみが通過する条件となっている。全投入土砂量2,000m³に対し、7ヵ月間で投入地点に残存する土砂量は1,062m³ (53.1%)、取水塔の下流および上流での堆砂量は、それぞれ588m³ (29.4%)と268m³ (13.4%)であった。またヨシ原の南側での堆積土砂量は82m³ (4.1%)であった。

断面図にも示したように、砂浜と沖合の干潟とは明確な勾配変化点をもって区分され、波による地形変化はこの変化点でのみ著しかった。そこで以下ではこの点を波による地形変化の限界点と定義する。図-6には調査区域における汀線位置、波による地形変化の限界点の地盤高と前浜勾配の沿岸分布を示す。汀線としてはT.P. +0.2mの等高線を選んだ。これによると、地形変化の限界点は下流側のNo. 30付近のT.P. -0.8mより上流方向に次第に浅くなり、No. 0ではほぼT.P. 0mとなってい

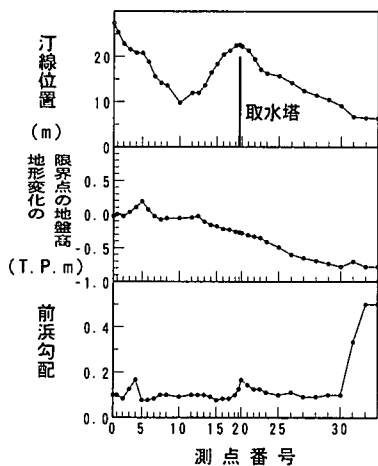


図-6 城南地区における汀線形状、地形変化の限界点の地盤高および前浜勾配の沿岸分布

る。これは城南地区がもともと古い水制とヨシ原の区間の下流側に形成された浅瀬であることを反映している。一方、前浜勾配は No. 30 より上流側でほぼ 1/10 となっている。また、詳細に見ると取水塔の直下流では急勾配、直上流では緩勾配になっている。

5. 粒径特性の変化

図-7 は、養浜区間で 1994 年 6 月 8 日に実施した底質調査の結果を示す。調査位置は、図-4 の平面図において、長方形の養浜区間の下流端より 35 m 上流の地点であり、養浜工の天端上 (St. 1)、平均汀線 (St. 2) である。これによると、養浜砂には 0.1 mm 以下の細粒分が約 8 %含まれていたが、汀線上では 0.1 mm 以下の細粒分はほぼ 0 である。このことは、0.1 mm 以下の細粒分は波による分級の結果沖合へと流出し、汀線付近には止まらなかったことを示している。

さらに、城南地区の取水塔上流の図-8 に示す既存の干潟上で 1994 年 10 月 19 日に底質調査を実施した。粒度分析結果を図-9 に示す。ここに、測点 St. 3 は満潮時に初めて水没する地点、St. 4 は平均潮位付近、そして St. 5 は干潮時にも水面下に没している地点である。これによ

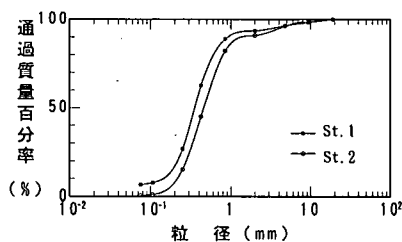


図-7 養浜区間の 2 地点における粒径加積曲線

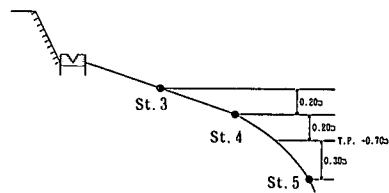
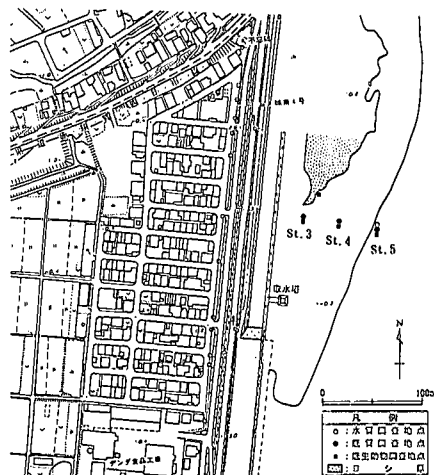


図-8 底生動物の調査点

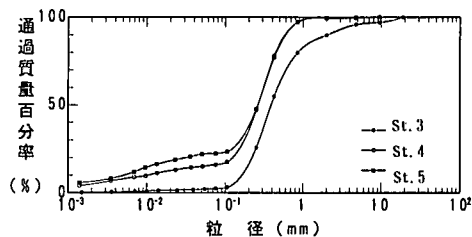


図-9 城南地区の既存干潟上の 3 地点における粒径加積曲線

ると、波の作用によって上流方向へ土砂が運ばれ、ヨシ原の直下流で堆積して形成された砂浜の前浜 (St. 3) は 0.1 mm 以上の砂で構成されている。これに対して沖合になるほど 0.1 mm 以下の細粒の割合が増加し、St. 5 ではその割合は 23 % にまで増加している。以上の底質特性は、前浜付近に投入された養浜砂のうち 0.1 mm 以下の細粒分は沖合の干潟へと流出し、逆に砂浜には 0.1 mm 以上の粒径が堆積するような分級作用が生じたことを示している。

7. 底生動物調査の結果

城南地区の取水塔の直上流では図-4, 5 に示すように干潟がよく発達している。そこでこの区域の前浜～干潟の間で 1994 年 10 月 19 日に底生動物調査を実施した。河岸に対し横断方向に配置された測線上の T.P. -0.3

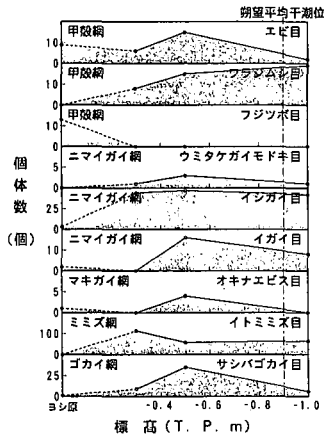


図-10 網・目で分類した底生生物の個体数の水深方向分布

m, -0.5 m, -1.0 m 地点で 50 cm×50 cm のコドラートを設置し、表層より 10 cm 程度まで底質を採取し、1 mm 目のフルイに残された生物を採取した。また、No.0 付近にあるヨシ原の T.P.0.0 m 付近で生物採取を行った。調査結果を網・目により分類したのが図-10 である。図中には、期望平均干潮位 (T.P.-0.9 m) も示した。これによると、エビ目、ウミタケガイモドキ目、イガイ目、オキナエビス目、サシバゴカイ目などは水深の増加とともに増大して T.P.-0.5 m でピーク値を示したあと、それ以深では減少傾向を示し、平均干潮位より 20 cm 程度浅く、シルト質の底質からなる海底面の存在がこれらの生息に重要な場となっていることが推測される。一方、ワラジムシ目は水深とともに単調増加し、イシガイ目やイトミミズ目は水深の増加により急速に個体数が増加し、T.P.-0.5 m でほぼ飽和状態となる。これとは逆に、フジツボ目は T.P.-0.5 m 以浅でのみ見られる。以上のように期望平均干潮位～平均潮位間の潮間帯でその生息が活発であって、その部分が緩勾配の斜面であればそこは水鳥や他の動物の非常によい生息地になりうるであろう。

8. 考 察

城南地区では、養浜砂は風特性に応じて河口方面からの風により発達する風波により上流方向へ移動し、既存のヨシ原付近に堆積することが判明した。城南地区よりわずかに上流の揖斐長良大橋付近では図-1 に示す河道形状から判断すると左岸河口部により波浪の発達が抑え

られるため城南側では上流方向へ移動した漂砂は堆積し易い環境にある。そこにはまた明治改修で造られた水制があるため堆砂が助長された。

地形変化の限界点の地盤高は城南地区の最下流で最深の T.P.-0.8 m と得られた。平均潮位は T.P.+0.2 m にあるので、平均水深は 1.0 m となる。また期望平均干潮位が T.P.-0.9 m であることを考慮すると、波により顕著な地形変化が生ずるのはほぼ平均干潮位までであって、それ以深では河川流の作用が著しくない限りほぼ砂の安息角を保って土砂が堆積すると推定される。

本研究では風波に伴う砂浜の変形について述べたが、城南地区は河道のみお筋から離れた河岸のごく近傍での砂移動のため河川流の作用はあまり大きくないと想定された。実際、1994 年 9 月 30 日には台風 26 号に伴って流量約 4,400 m³/s (約 39 km 地点の墨俣水位測量観測所における観測値) の洪水が発生したが、この洪水においても目立った変形は認められなかった。

9. ま と め

本研究の主要な成果は以下のようである。

- ① 揖斐川・長良川河口部での養浜実験によれば、河岸線近傍に砂浜を復活でき、また養浜砂のうちの細粒分は沖合へ移動して干潟形成に役立つことがわかった。
- ② 城南地区での投入土砂は河口・河道内で発達する風浪により上流方向へ移動し、河道法線形から波の侵入が遮蔽される部分で堆積することが確認された。そしてこの位置は従来よりヨシ原と干潟の発達している位置と一致していることから、このヨシ原と干潟の発達自体が、河道内を上流方向へ遡る漂砂と密接に関連していたことがわかった。
- ③ 城南地区での波による地形変化の限界は T.P.-0.8 m にあり、これはほぼ平均干潮位に相当する。
- ④ 河道浚渫土砂を利用して養浜工を行うことにより、平均潮位～平均干潮位の間で生物活動が非常に活発な潮間帯の面積 (干潟) を広げることが可能になった。これは本試験における重要な成果の一つである。

参 考 文 献

- 宇多高明・堀越信雄・林 順一 (1994): 入り組んだ湾奥部での人工海浜計画上の留意点—東京湾を例として—, 海岸工学論文集, 第 41 巻, pp. 591-595.