事例研究 CASE STUDY

揖斐川における干潟再生「なぎさプラン」の評価

鈴木信広^{1)*}・宇多高明²⁾・島谷幸宏³⁾・宮本高行¹⁾・大塚康司¹⁾・小林一士¹⁾・日下部千津子¹⁾・
加藤憲一⁴⁾・平山禎之⁴⁾・風間崇宏⁵⁾・山本一生⁵⁾

- 1) 国土交通省中部地方整備局木曽川下流工事事務所 〒511-0862 三重県桑名市大字播磨字沢南 81
- 2) (財) 土木研究センター 〒110-0016 東京都台東区台東1-6-4
- 3) 国土交通省九州地方整備局武雄工事事務所 〒843-0023 佐賀県武雄市武雄町大字昭和 745
- 4) 日本建設コンサルタント株式会社 〒105-0004 東京都港区新橋6-17-19
- 5) 国土環境株式会社 〒455-0032 愛知県名古屋市中区入船1-7-15

Nobuhiro SUZUKI¹⁾, Takaaki UDA²⁾, Yukihiro SHIMATANI³⁾, Takayuki MIYAMOTO¹⁾, Kouji OTSUKA¹⁾, Kazushi KOBAYASHI¹⁾, Chizuko KUSAKABE¹⁾, Ken-ichi KATO¹⁾, Yoshiyuki HIRAYAMA⁴⁾, Takahiro KAZAMA⁵⁾ and Kazuo YAMAMOTO⁵⁾: Evaluation of Rehabilitation of Tidal Flat System at the Ibi River Mouth. *Ecol. Civil Eng.* 5(2), 241-255, 2003.

- 1) Kiso River Lower Reaches Works Office, Chubu Regional Bureau, Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Sawaminami, Harima, Kuwana, Mie 511-0862, Japan
- 2) Public Works Research Center, Takara Building, 1-6-4, Taito, Tokyo 110-0016, Japan
- 3) Takeo Works Office, Kyushu Regional Bureau, Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 745 Showa, Takeo-cho, Takeo, Saga 843-0023, Japan
- 4) Nikken Consultants, Inc., 6-17-19 Shinbashi, Minato, Tokyo 105-0004, Japan
- 5) National Land Environment Inc., 1-7-15, Irifune, Minato, Nagoya, Aichi 455-0032, Japan

Abstract: Wide-spread ebb tidal flat has been lost around the river mouth area of the Kiso, Nagara and Ibi Rivers due to the ground subsidence in the Nobi Plains since 1965. Recovery of ebb tidal flat once lost to create the waterfront with a variety of lives without hindrance in river rehabilitation can contribute rehabilitation of river environment. To this purpose, beach nourishment by using sand dredged from the river channel was planned and carried out in front of the river revetment in the regions separated by groins. As a result, the intertidal zone with much biodiversity between mean tide level and mean low water level was widened due to the action of wind waves. Stable beach was formed by the construction of groins and river environment with a variety of lives was recovered corresponding to the distribution of well-sorted bed materials and water depth of the intertidal zone.

Key words: beach nourishment, benthos, Ibi river mouth, intertidal zone, wind waves

はじめに

木曾三川下流部では、かつて干潮時には広大な干潟が現れ、これらの干潟にはヨシ *Phragmites australis* が繁茂し野鳥、魚が集まる多様で豊かな生態系が保たれていた。しかし、1965 年頃から濃尾平野一帯で著しく進んだ地盤沈下や、これに対応するための高潮堤防の補強工事、流下能力確保のための河道浚渫等により干潟は急速に減少した。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、多様な水辺空間を再生することは環境改善上大きな意味を持つと考えられる。そこで、河岸に水制（突堤）を設置して護岸前面に河道内の浚渫土砂を投入し、波の作用により安定した砂浜を形成させる「なぎさ造り」を計画した。

「なぎさ造り」計画は 1990 年に検討が始まり、1993 年に試験施工が行われ、さらに 1994、1995 年には、Fig. 1 に示す 2 地区（城南：右岸 1.3～1.5 km、白鷄：左岸 2.0

～2.4 km）で本施工が行われた。施工後、追跡調査として横断測量、水質、底質、生物調査等が実施された。これら 2 地区で造成された干潟は、土砂投入直後は河川の横断方向を主体にやや大きく変動したが、その後水制の設置により土砂流出が収束し、安定した物理環境が再生された。また、干潟が地形的に安定してきた施工後 3 年目頃から、底生生物や魚類の種類・個体数が増加した。これは波浪などの外力によって地形の安定化が進むと同時に、外力に応じた地形・底質条件へと変化し、結果として地盤高や底質に応じた多様な生物の生息・生育空間が再生されたものと推測される。干潟の生物多様性の確保の観点から多様な水辺空間を創造することができれば、今後の重要な事業となりえる。海岸での干潟再生事業は各地で実施されているが、河口域での実施例は稀である。

本報では、城南および白鷄地区を対象に、事例の限られる河道内の浚渫土砂を用いた「なぎさプラン」による干潟再生の可能性について評価する。

Fig. 1. Location of Jonan and Hakkei Areas in the vicinity of the Ibi River mouth.

なぎさプランの背景

干潟の経年的な変化

城南観測所での朔望平均干潮位が T.P. -1.2 m、平均潮位が T.P. ±0.0 m、朔望平均満潮位が T.P. +1.1 m であることから、本稿においては、揖斐川・長良川の河口部の地盤高が T.P. -1.0 m～T.P. +1.0 m の範囲を干潟と定義することとする。

Fig. 2 に河口から 6.0 km 区間の干潟面積の経年変化を、中央部、右岸部、左岸部に分けて示す。この区間には、1960 年代前半に約 160 ha の干潟が存在したが、1960 年代後半から 1970 年代前半にかけて約 40 ha が消滅した。その後 1980 年代後半まで干潟面積の減少は緩やかであったが、1980 年代後半から 1990 年代の前半にかけて再び大きく減少し、現在では横ばい傾向にあるものの、その面

Fig. 2. Change of the tidal flat area from 1962 to 1999. The tidal flat area became 25% from 1962 to 1999.

Fig. 3. Change of river bed contours in the Ibi River mouth from 1962 to 1994. The tidal flat decreased in the center of the river channel.

Fig. 4. Change of the total land subsidence (A), and volume of dredged sand from 1962 to 1999 (B). The land subsidence was remarkable for the first half of 1970's. Dredging was carried out extensively in the latter half of 1980's.

積は約 40 ha と 1960 年代前半の約 1/4 にまで減少している。

1962, 1982, 1994 年における河床形状を Fig. 3 に示す。1962 年には 0.8~2.0 km, 5.0 km 付近の河道中央, 1.4~3.4 km の右岸沿いに大きな干潟が, また両岸に沿っても干潟が見られた。1982 年になると, 下流河道中央部の干潟は大きく縮小し, 河岸沿いの干潟も縮小したことが分かる。さらに 1994 年には, 左岸沿いの干潟が高潮堤の整備により縮小した。また, 1982 年まで存在した 5.0 km 付近の河道中央の干潟も浚渫等により消滅している。

Fig. 4 には, (A) 地盤沈下の状況と (B) 砂利掘削と河道浚渫の経緯を示す。ただし, (A) の 5.0 km 地点の地盤沈下量については, 1989 年から 1990 年にかけて高潮堤高上げによる再設置を実施したため, 1990 年以降は示していない。地盤沈下は 1970 年代前半に顕著であり, 特に河口部で進行している。河口部干潟の大幅な減少と対応していることより, 河口中央部の干潟の減少は地盤沈下によるものと推定される。また, 1980 年代後半からの干潟の減少は, 地盤沈下が進行していないことを考えると, 流下能力確保のための浚渫, 砂利採取(特に 1988 年から採取量が多くなった)や高潮堤防の整備などが原因と考えられる。このように, 河岸沿いの干潟と河道中央部の干潟の減少に関わる要因は異なると考えられる。

過去の生物相

1) 魚類

1964~1965 年にかけて実施された「木曾三川河口部付近水域の底棲性魚類実態調査」(鈴木・森 1965)によると, 魚類調査として, 小型底曳網を用いた調査が 10 地点で全 8 回, 底刺網を用いた調査が 5 地点で全 4 回行われた。それぞれの操業時間は, 投網後 30 分, 網設置後 1 時間と規定されたものであった。その結果, 小型底曳網 8 回の調査を通じて漁獲された魚類は 38 種類であった。これらの魚種の中から干潟への依存度が高いと考えられる魚種に注目すると, マハゼ *Acanthogobius flavimanus*, スジハゼ *Acentrogobius pflaumii* が多く見られた。特に, マハゼは冬から春にかけて干潟のある潮間帯および河口域に生息することが知られている(落合・田中 1986)。

また, 底刺網 4 回の調査を通じて漁獲されたのは 6 種類で, 各回ともに多かったのはイシガレイ *Kareius bicoloratus* であった。イシガレイは 11 月下旬から 3 月にかけて湾奥部の干潟に隣接する浅海域で産卵するとされ, 孵化仔魚は干潟上に出現し, そこで一定の大きさに成長したのち深場へ移動して成魚になることが知られている(遊佐 1979)。採取した個体の中にはかなり発達した卵

巢を有するものが認められたため、①イシガレイはなぎさプランの実施地区周辺の浅海域で産卵し、②かつての干潟はイシガレイの稚魚の成長の場等として利用されていたこと、などが推測される。

2) 底生生物

貝類に関しては、1964年に実施された「木曾三川河口部の貝類現況調査」(辻井 1964)がある。調査は、船上より幅0.5mのジョレンによって長さ3m区間で採貝されている。この方法では、船上から目測によって採貝しており、採貝者・地形・水流によって採貝量に変動があると考えられるため、予め同一場所で数回採貝して比較検討し、結果の誤差が10%前後であることを確認している。有用貝類については、城南・白鷄地区周辺では、ハマグリ *Meretrix lusoria*, アサリ *Ruditapes philippinarum*, シジミ類 *Corbiculidae*, イソシジミ *Nuttallia japonica*, ホトトギスガイ *Musculista senhousia* が採取され、そのうち、ハマグリ、シジミ類が多く確認された。特に河口域全体を通じてシジミ類が多く、ハマグリは海域に近い調査点で多く確認された。

河口域という環境を考えると、その塩分濃度への適応から考えて、ここで挙げられているシジミ類はヤマトシジミ *Corbicula japonica* であると推測される。また、ヤマトシジミは水産上重要な種類で、「汽水域にヤマトシジミが多いのは長良川だけでなく隣接する揖斐川および木曾川においても同様で、いずれもこれらの地域がシジミの漁場となっている」(川合・谷 1967)という記述から、なぎさプラン実施地区においてもヤマトシジミの生息が多かったことが推測される。

底生生物については、1964年に実施された「長良川流域の底生生物(1)長良川下流域の底生動物相」(津田・北川 1965)がある。陸地からの調査は干潮時に行うようにし、50cm×50cmのコドラート採集を4回行い、河川中央部からの調査の場合は、船上からエクマンバージ採泥器により5回採集している。その結果、城南地区、白鷄地区周辺では、多毛類が4種類(ゴカイ *Neanthes japonica* など)、甲殻類が6種類(トゲメリタヨコエビ *Melita dentata* など)、貝類が3種類(ヤマトシジミなど)、ヒモムシ類が1種類出現していた。いずれの種類も汽水域から海水域に分布することが知られる種類である。

3) 植生

1964～1965年にかけて調査された「木曾三川河口部付近における水生植物のフロラと生態」(清水 1965)によると、河口部では、汽水域・淡水域を問わずほとんど全ての州(干潟)では、主にヨシが優占していた。

なぎさ造成の手法

なぎさプランは、河岸沿いの干潟の修復を対象とするものである。この地域全体で生じた地盤沈下や、浚渫により減少した河道中央部の干潟を修復することは現状では困難なので、ここでは対象としない。

目標とする干潟は、なるべく自然の形状(過去の形状)に近く、修復後の安定性が高く、干潟の減少以前に見られた生物が生息・生育する干潟とする。

対象範囲の選定

地形・波浪・底質条件等に基づいて適地を選定した。とくに、河岸付近の勾配が過度に急なことにより養浜土砂の不安定化が起こりやすい深掘れ部や水衝部を除くと同時に、現在干潟が残されている箇所は対象範囲から除いた。この結果、揖斐川右岸0.0～1.4km(城南)、左岸1.8～5.0km(白鷄)をなぎさ復元対象地区として選定した(Fig.1参照)。

試験施工

わが国においては、河口部での干潟造成は実施例が少なく、設計・施工後のなぎさの安定・維持についての知見が不足している現状から、本施工に先立って養浜土砂の移動状況を把握するため1993、1994年に城南地区(右岸1.4km付近)で試験養浜を行った。この結果、養浜区域では河口からの入射波に起因する沿岸漂砂等によって養浜砂が移動し、なぎさが不安定となったことから、砂移動を抑止し、干潟を安定させるための水制の設置を考えた。

本施工

1994、1995年には水制と養浜工の本格的工事を2箇所で行った。水制は、対象域が河口部であるため波浪の影響を強く受けることを考慮し、海岸保全施設築造基準における「突堤工」の設計基準に基づいて設計した。水制長はほぼ移動限界水深までの長さとして約30～40m、天端高は朔望平均満潮位+波の遡上高相当とし、水制間

Fig. 5. Schematic view of sand fill in front of river revetment. Nourished sand was carried away in front of the river revetment and the ebb tidal flat was gradually formed by the action of wind waves.

Fig. 6. River bank view during restoration process of tidal flat at Jonan area.

隔は形成される干潟形状，水制長，漁船の利用状況等を考慮し，約 200 m とした．水制は波浪に対する安定性を考慮し 1 トブロックを層状に積み上げ，表面には景観と親水性に配慮し鉄平石を張った．

養浜方法は，人工的に地盤を造成するのではなく，風波等の自然の営力によって河岸前面において盛土がくずれ，その土砂が護岸前面に移動することによって徐々に干潟が形成されるという手法を採用した．河岸前面に生息する底生生物への影響を緩和するため，土砂投入は 2 ～ 4 回に分けて 2 年間行った (Figs. 5, 6)．城南地区では 1994 年 7 ～ 9 月に，河口部での浚渫土砂約 10,000 m³ を 1.3 ～ 1.5 km 区間に投入した．白鷺地区では 1994 年 9 月に 2.03 ～ 2.13 km と 2.25 ～ 2.35 km 区間でそれぞれ 2,500 m³ の土砂を護岸線と平行に養浜し，1995 年 8 月には 2.15 ～ 2.25 km と 2.35 ～ 2.50 km 区間でそれぞれ 3,500 m³ の土砂を同様に養浜した．養浜砂の中央粒径 d_{50} は城南が 0.46 mm，白鷺が 0.32 mm である (Fig. 7)．養浜前の河床材料調査によれば揖斐川 2 km 付近（城南地区上流の既存の干潟）の現地材料の d_{50} は 0.72 mm であったことから，城南地区での養浜材の d_{50} は現地の d_{50} の

1/1.6，白鷺地区の養浜材の d_{50} は現地の d_{50} の 1/2.3 であった．

評価

評価の視点

本研究では，なぎさプランを以下の観点から評価する．

1) 工学的観点

①形成された干潟の平面・横断形状を自然に形成される干潟と比較し評価する．

②干潟の安定性，持続性について評価する．

2) 生物的観点

干潟は植物，底生生物，魚類，鳥類等の多様な生物が生息・生育する場所である．生物的観点からの評価は，「干潟造成によって期待される多様な生物の出現」を基準に行うこととし，具体的に各生物群から次のように評価対象種を選定した．なお，本検討では，植物，底生生物，魚類について評価した．

・植物

河口干潟ではヨシ原が干潟の景観を代表する植物群落として挙げられ，その存在は鳥類の営巣やカニ類の生息等にとって重要である．このことから植物の評価対象種としてはヨシを選定した．

・底生生物

底生生物の代表的な分類群として，ゴカイ類，貝類，カニ類が挙げられる．評価対象種は広く各分類群の生物からかつて存在した干潟で出現が確認できたヤマトシジミ，ゴカイ，コメツキガニを抽出し，造成される干潟が「河口に存在する砂質干潟」であることを考慮して選定した．

・魚類

干潟を利用する魚類には様々な種類があるが，「干潟に依存する種類」と「稚魚期に干潟を利用する種類」が干潟という環境に対して依存性が高いと考えられる．

Fig. 7. Grain size distribution curve of fill sand at Jonan and Hakkei areas. Grain size at Jonan area was coarser than that at Hakkei area.

魚類の評価対象種としては干潟に定住する代表的な魚類であるハゼ類 *Gobiidae*, 稚魚期に干潟を利用する代表的な魚類であるイシガレイを選定した。

工学的観点 (養浜地形の追跡調査)

1) 城南地区

Fig. 8 は城南地区における養浜後 2 年 4 ヶ月と 5 年 5 ヶ月経過後の 1997 年 1 月と 2000 年 2 月の深浅図である。2 基の水制間で約 10,000 m³ の養浜が行われた。養浜時および養浜直後に沖向きに土砂が落ち込んだ結果, T.P. -1 m から T.P. -2 m の間には約 1/6 という急な斜面が形成された。ここでとくに T.P. -1 m 付近の等深線形状に着目すると, 1997 年には水制①の近傍を除いて上・下流の水制間でほぼ三角形に伸びていたが, 2000 年には水制①の上流 1.3~1.4 km 区間で岸向きに凹状となった。これと同時に 1997 年には T.P. ±0 m 以深で密な等深線であったが, 2000 年には T.P. -1.4 m 以浅の等深線の間隔が広がり勾配が緩くなった。水制①の上流側の浅い場所で等深線が凹状になったことを考慮すると, これらの変化は下流側から卓越波浪が作用した結果上流方向への沿岸漂砂が生じ, これによって投入土砂が移動したことによると推定できる。

Fig. 9 は Fig. 8 に示す代表 4 測線の横断形変化である。1.38 km 断面では T.P. 0 m から T.P. -1.6 m 間が侵食され, 平均勾配が約 1/15 の斜面が形成された。しかし T.P. -2.0 m 以深ではほぼ初期断面形が保たれている。1.44 km 断面も同じく侵食傾向にあるが 1.38 km 断面と比較して侵食量が小さい。ここでは T.P. -1.0 m 以深では初期断面形状が保存されている。侵食量が小さい理由は, この測線が水制②に近接し, それによる沿岸漂砂の阻止効果が顕著に現れているためと考えられる。これに対して水制②の上流側の 1.54 km 断面では全体に上方に凹な断面

形であり, ほぼ T.P. -1.0 m の平坦面が形成され, 維持されている。このように, 断面形状が維持されているのは, 水制が上流方向への沿岸漂砂を阻止しているためと考えられる。調査区域の最上流端に位置するのが 1.78 km 断面である。ここでは密生したヨシ帯が沿岸漂砂の上流方向への移動を阻止したため大量の堆砂 (1.75~1.78 km 間で 700 m³ 程度) が生じていると考えられる。ヨシ帯が水制と同様な効果を発揮していると考えられる。以上のように城南地区では緩やかな地形変化は生じているが, 全体としては緩勾配の干潟面が再生された。

2) 白鷄地区

Fig. 10 は白鷄地区における養浜後の 1995 年 9 月, 1997 年 2 月と 2000 年 2 月の深浅図である。水制周辺で矩形に養浜された砂浜は, 主に風波の作用によって大きく変形したと考えられる。第 2 回目の養浜が行われた 1995 年 8 月以降 18 カ月が経過した 1997 年 2 月時点で, すでに矩形の砂浜は沿岸方向に広がり, ならかな砂浜河岸が形成された。水制②の両側の等深線形状を比較すると, 等深線形状は左右非対称であり, 上流側の等深線が下流側よりも大きく突出している。これは養浜砂が白鷄地区で卓越する北西からの入射波によって下流方向へと向いた沿岸漂砂が発達したことを示していると考えられる。また水制②の先端部には大きな局所洗掘が見られるが, これは 1999 年 9 月 15 日の洪水 (最大流量 5,900 m³/s) によって形成されたものである。さらに最上流端の水制③の上流側に形成されていた砂浜は養浜直後 (1997 年 2 月) に比べ経時的に狭まっている。これは水制の天端高が低いために, 水制上流側に堆積した土砂の一部が水制を超えて下流側へと流出したためである。

水制間の地形変化の分析において作用外力の方向性を調べるには構造物間で左右対称な位置にある測線同士を

Fig. 8. River bed contours at Jonan area measured in January 1997 and February 2000. The contour line intervals in January 1997 were dense in the riverbed deeper than T.P. ±0 m, whereas they became wider in the bed shallower than T.P. -1.4 m due to erosion in February 2000.

Fig. 9. Change in cross-sections at Jonan area between January 1997 and February 2000. At 1.38 km post, riverbed was eroded forming flat bed between T.P. ± 0 m to T.P. -1.6 m, while the erosion was small at 1.44 km post. Flat bed of T.P. -1.0 m was formed at 1.54 km post. At 1.78 km post, sand accumulated due to the depositional effect of longshore sand transport.

比較し、非対称的地形変化が起きているかどうかを確認することが有効である(田中ら 1996)。そこで水制から同一距離にある測線の横断形を比較した。この場合水制から同一距離にある下流側測線を a, b で、上流側測線を a', b' と表す水制から 10 m 離れた測線 a, a' の比較結果が Fig. 11(A) である。これを見ると初期の急勾配断面は浜崖を形成しつつ緩勾配化した。上流側測線 a' に比べ

下流側測線 a で流出土砂量が少ない。ネットの流出量は 4.0 m^2 (測線 a), 35.0 m^2 (測線 a') である。同様に水制から 20 m 離れた測線 b, b' の比較結果が Fig. 11(B) である。水制から 10 m 離れた測線と比較して、これらの測線では初期に投入した土砂量の多くがこの断面内から消失している。特に上流側測線 (b') では侵食量が多い。以上のように白鷺地区では、水制間の上流側部分での侵食量が多く、城南地区と逆に冬季の風浪の作用によって全体として下流へと向かう沿岸漂砂が発達したことが推測される。

Fig. 12 は、干潟の主要部である T.P. $-1.0 \text{ m} \sim \text{T.P.} + 1.0 \text{ m}$ 付近の緩勾配区域の面積変化と土量変化をまとめたものである。城南地区 (A) と白鷺地区 (B) の結果を示しているが、城南では T.P. $\pm 0 \text{ m}$ 以深において干潟面積が若干広がっているものの、経年的にはほぼ安定している。これに対して白鷺地区では、1995～1998 年にかけて T.P. $\pm 0 \text{ m}$ 以上の面積が減少し、逆に水深の大きな部分での面積が増大している。また 1998～2000 年ではわずかなではあるが水深によらず全体的に侵食傾向が認められる。粒径が小さい土砂の方が移動しやすいことを考えると、この侵食の原因は、養浜砂が城南では d_{50} が 0.45 mm であったのに対し、白鷺では 0.32 mm と小さかったことによると考えられる (Fig. 7 参照)。

3) 評価

以上より、本研究で造成された干潟は、養浜後、浜崖を形成しつつ緩勾配化し、その勾配は $1/10$ 前後であった。本研究の干潟再生は、波が打ち寄せる河岸前面を対象としているが、上述の結果は従来の河岸前面に広がっていた干潟の安定勾配と一致しているため、目標は達成されたと言える。また、形成された干潟の粒径については、城南地区上流の干潟と同程度となっている (Fig. 7 参照)。安定性についても城南地区および白鷺地区において、わずかに侵食傾向にあるが、当初の目標はほぼ達成されたといえる。

生物的観点 (環境条件の追跡調査)

1) 調査方法

1995 年より底質・底生生物・魚類・鳥類の各調査を行った。調査位置を Fig. 13 に示す。城南地区では、水制間および水制上流側に 5 定点 (1993 年施工地は水制②の上流側 3 測点, 1994 年施工地は水制間の 2 測点)、白鷺地区においては下流側の水制間の干潟上に 4 定点を設定し、年 4 回の底質調査と底生生物調査を実施した。調査方法は、 0.25 m^2 の面積の砂を深さ約 10 cm 程度採取し、 1 mm 目のフルイをかけ、フルイ上に残った生物を試料

Fig. 10. River bed contours at Hakkei area measured in January 1997 and February 2000. The distribution of contour lines on both sides of the groin ② is asymmetrical. Contour lines on the upstream side protrude more greatly than those on the downstream side.

Fig. 11. Comparison of cross-sections (a) and (a'), and (b) and (b'). Initial steep slope of the section (a) and (a') became milder forming a scarp. Most of fill sand of the section (b) and (b') disappeared out of these sections.

とし、種類別に個体数、湿重量を測定した。有用二枚貝類（アサリ、ヤマトシジミ等）については、50個体を上限として殻長を測定した。

魚類調査は、干潮時に曳網（間口約5m、袋網目合2mm）30mを1回と投網（網丈3.1m、目合12mm）10回を行った。採取した魚介類は種類別に個体数と重量を測定し、魚類は1種につき20個体を上限として全長、体長、体重を測定した。さらに、底質と底生生物との関係を把握するために、底質と底生生物の面的分布を2001年8、9月に調査し、城南、白鷄地区の環境マップを作成した（Fig. 14）。

2) 結果

魚類調査の結果（Tables 1, 2）、①城南地区と白鷄地区では種類数・個体数ともに大きな違いはなく、②500個体以上採集されたのは5月または8月だけであったが、各地点で採集された魚種の中での優占種に大きな違いはなかったこと、③魚種の優占種は、過去に行われた調査結果（1964-65年）と大きな違いはないこと、④注目すべき生物として挙げたハゼ類は、2、5、8月調査で優占的であり、イシガレイは2月調査で優占的であった。などの点が明らかになった。

また、底生動物については、種類数は調査時期によっ

Fig. 12. Change in the area of tidal flat at Jonan and Hakkei areas. In Jonan area, the tidal flat below T.P. ± 0.0 m was widened.

てばらつきがみられ、城南地区では、砂泥底に好んで生息するといわれるイトゴカイ科 *Capitellidae* とゴカイの優占率が高かったが、1997 年頃からヤマトシジミの優占率が高くなる傾向がみられた。白鷄地区においては、種類数は調査時期によってばらつきがみられたが、個体数では、ゴカイの優占率が高く、1997 年頃からヤマトシジミの優占率が高くなった (Tables 3, 4)。なお、殻長を測定した結果、生殖可能な 20 mm 前後のもの (吉田 1964) も確認された。また、城南地区において植物調査を行ったが植物は確認されなかった。

底生動物の空間的な生息状況を把握するため相観底生動物調査を実施した。底質の粒径分布に注目し、区域を移動しながら目視で大まかな底質区分を行い、何点かで底生動物の主たる種構成を現地を確認して先の区分を修

Fig. 13. Locations of the biological survey at Jonan and Hakkei areas.

正し、相観底生動物図を作成した。その結果、城南地区では細砂や礫が卓越したやや粗い粒径の底質が一様に確認される場所で、ヤマトシジミ、ゴカイが多く造成直後より増加していた (Fig. 15)。既設揚水口付近では、護岸から流心方向へ約 30 m 付近までの間と、約 50 m 付近からは細砂が、約 30~50 m 付近の表層から深さ 10 cm まではシルト・粘土が堆積しており、細砂の場所ではヤマトシジミが多く、シルト・粘土分が多い場所ではイトゴカイ科やソトオリガイ *Laternula marilina* などの生物が確認された。また、イトゴカイ科のような小型のゴカイ類を採餌するシギ・チドリ類が確認された。

白鷄地区は、細砂や礫が卓越したやや粗い粒径の底質が一様に確認される場所でヤマトシジミ、ゴカイが多く、造成直後より増加している (Fig. 15)。水制直上流側では細砂がより卓越しており、水制①の先端部上流側においては表層 10 cm 程度にシルト・粘土分が堆積しており、ヤマトシジミやゴカイが多くサイズも大きかった。

3) 評価

6 種類の追跡調査を行った結果を Fig. 15 に示す。ただし、城南地区については、1998 年 9 月以降の調査は実施していない。干潟で生息しているゴカイ・シジミは干潟が安定し始めた施工後 3 年目 (1996 年) から増加傾向にあり、コメツキガニは活動期の春~秋に、ハゼ・カレイ類は産卵や稚魚の生育の場とするため冬~春に出現が見られた。

調査中にはイトゴカイ等を摂食するシギ・チドリ類が確認できた。調査結果より、注目した生物のうち、底生生物 (ゴカイ・ヤマトシジミ・コメツキガニ) と底質、地盤高との関係について整理した。造成した干潟では、

Table 1. The result of fishes survey. *Gobiidae* was predominant in February, May and August. *Kareius bicoloratus* was predominant in February.

Jonan Area (study area in 1993)																						
		1994				1995				1996				1997				1998				
		28, Feb.	29, May	22, Aug.	1, Nor.	2, Feb.	31, May	1, Aug.	8, Nor.	6, Feb.	20, May	1, Aug.	13, Nor.	10, Feb.	20, May	4, Aug.	14, Nor.	12, Feb.	29, May	10, Jul.	10, Aug.	7, Sep
Species (種類数)		11	11	8	6	4	16	10	8	4	8	4	7	6	13	9	5	9	10	13	12	12
Individuals (個体数 [個体/m ²])		73	234	48	90	27	2,089	41	86	19	303	26	10	115	346	65	37	57	138	115	3,404	65
Wet Weight (g/m ²)		26.0	53.9	128.0	271.1	17.7	550.8	120.1	428.8	15.2	530.0	158.0	93.4	20.3	225.5	105.2	9.0	16.6	993.6	270.1	153.1	139.0
Individuals ratio (%)	<i>Sardinella zunasi</i> (サツバ)	—	—	—	—	—	—	4.9	4.7	—	—	—	20.0	—	—	—	—	—	—	—	64.5	—
	<i>Plecoglossus altivelis</i> (アユ)	11.0	0.4	—	—	—	—	—	2.3	—	0.3	—	—	0.9	0.9	—	43.2	—	1.4	—	—	—
	<i>Leucopsarion petersi</i> (シラウオ)	—	40.2	4.2	55.6	—	74.5	—	40.7	47.4	—	—	10.0	—	—	—	37.8	—	1.4	—	—	—
	<i>Leuciscus hakonensis</i> (ウグイ)	—	0.9	—	2.2	—	3.5	12.2	1.2	—	28.7	3.8	—	—	6.1	7.7	—	—	8.7	2.6	0.1	3.1
	<i>Mugil cephaous cephalus</i> (ボラ)	—	14.5	—	—	—	0.7	9.8	—	—	0.3	30.8	30.0	—	0.6	1.5	—	—	—	22.6	—	—
	<i>Lateolabrax japonicus</i> (スズキ)	—	—	—	—	—	—	4.9	—	—	7.3	50.0	—	0.9	9.8	10.8	—	17.5	10.9	4.3	0.1	7.7
	<i>Leiognathus nuchalis</i> (ヒイラギ)	—	—	4.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	34.5	—
	<i>Favonigobius gymnauchen</i> (ヒメハゼ)	9.6	0.9	4.2	—	—	0.1	4.9	—	—	—	—	—	—	0.3	—	5.4	1.8	0.7	14.8	0.3	3.1
	<i>Chaenogobius castaneus</i> (ビリンゴ)	—	30.8	—	1.1	3.7	12.5	2.4	—	—	48.5	—	—	—	56.6	1.5	—	—	—	0.9	—	—
	<i>Chaenogobius macrognathus</i> (エドハゼ)	20.5	4.3	—	—	88.9	0.1	36.6	—	15.8	1.7	—	—	37.4	—	46.2	8.1	15.8	30.4	7.0	—	4.6
	<i>Acanthogobius flavimanus</i> (マハゼ)	6.8	—	41.7	—	3.7	3.0	9.8	1.2	—	12.9	15.4	10.0	—	4.9	20.0	—	—	39.1	33.0	0.3	9.2
	<i>Pholis nebulosa</i> (ギンボ)	1.4	—	—	—	3.7	—	—	—	—	—	—	—	10.4	—	—	—	38.6	—	—	—	—
	<i>Kareius bicoloratus</i> (イシガレイ)	26.0	0.4	—	—	—	0.3	—	—	31.6	—	—	—	48.7	0.6	—	—	17.5	—	—	—	—
	<i>others</i>	24.7	7.7	45.8	41.1	—	5.1	14.6	50.0	5.3	0.3	—	30.0	1.7	20.2	12.3	5.4	8.8	7.2	14.8	0.3	72.3

JonanArea (study area in 1994)																
		1995			1996			1997				1998				
		31, May	1, Aug.	8, Nor.	6, Feb.	20, May	1, Aug.	13, Nor.	20, May	4, Aug.	14, Nor.	12, Feb.	29, May	10, Jul.	10, Aug.	7, Sep.
Species (種類数)		19	10	10	3	12	7	4	13	7	7	10	11	13	14	13
Individuals (個体数 [個体/m ²])		2,012	151	57	22	6,088	105	17	1,007	54	44	120	68	166	567	44
Wet Weight (g/m ²)		741.9	649.4	344.6	2.3	591.4	362.1	349.0	399.0	175.5	81.3	33.8	140.3	616.1	332.9	254.1
Individuals ratio (%)	<i>Sardinella zunasi</i> (サツバ)	—	57.0	1.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	67.7	6.8	—
	<i>Plecoglossus altivelis</i> (アユ)	—	—	—	—	0.5	—	—	0.6	—	18.2	4.2	2.9	—	—	—
	<i>Leucopsarion petersi</i> (シラウオ)	74.8	—	71.9	4.5	5.3	—	—	—	—	—	—	1.5	0.6	0.2	—
	<i>Leuciscus hakonensis</i> (ウグイ)	0.6	7.3	—	—	—	1.0	11.8	0.9	20.4	—	—	16.2	18.1	0.7	13.6
	<i>Mugil cephaous cephalus</i> (ボラ)	9.0	1.3	5.3	—	0.2	1.9	41.2	0.7	3.7	—	—	4.4	24.1	0.5	—
	<i>Lateolabrax japonicus</i> (スズキ)	—	2.6	—	—	0.4	84.8	—	7.1	31.5	—	26.7	4.4	15.7	6.7	25.0
	<i>Leivognathus nuchalis</i> (ヒイラギ)	0.1	—	3.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20.8	—	—
	<i>Favonigobius gymnauchen</i> (ヒメハゼ)	0.4	5.3	—	—	—	—	41.2	0.6	18.5	50.0	4.2	38.2	17.5	0.4	4.5
	<i>Chaenogobius castaneus</i> (ビリンゴ)	10.3	—	—	—	92.4	—	—	74.6	—	2.3	—	1.5	—	0.2	—
	<i>Chaenogobius macrognathus</i> (エドハゼ)	1.8	—	—	—	0.4	—	—	—	—	20.5	4.2	—	0.6	—	—
	<i>Acanthogobius flavimanus</i> (マハゼ)	0.3	10.6	3.5	—	0.2	5.7	5.9	0.4	11.1	4.5	0.8	17.6	12.7	1.6	13.6
	<i>Pholis nebulosa</i> (ギンボ)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	16.7	—	—	—	—	—
	<i>Kareius bicoloratus</i> (イシガレイ)	—	—	—	90.9	—	—	—	—	—	30.8	—	0.6	—	—	—
	<i>others</i>	2.6	15.9	14.0	4.5	0.5	6.7	—	15.2	14.8	4.5	12.5	13.2	10.2	1.2	36.4

Table 2. The result of fishes survey. *Gobiidae* was predominant in February, May and August. *Kareius bicoloratus* was predominant in February.

Hakkei Area (study area in 1994)																				
	1995			1996				1997				1998				1999				2000
	1, Jun	25, Sep.	10, Nor.	5, Feb.	21, May	2, Aug.	14, Nor.	11, Feb.	21, May	4, Aug.	15, Nor.	13, Feb.	28, May	11, Aug.	18, Nor.	5, Feb.	28, May	13, Aug.	22, Nor.	4, Feb.
Species (種類数)	17	8	4	7	17	6	6	7	14	10	9	8	15	10	6	7	15	18	10	7
Individuals (個体数 [個体/m ²])	719	77	30	19	498	72	27	180	655	2,165	29	188	549	142	111	79	1,225	707	58	140
Wet Weight (g/m ²)	208.7	79.2	45.1	69.8	342.1	402.9	323.5	22.1	198.9	141.9	24.2	11.9	487.0	228.3	122.1	18.6	611.7	606.4	59.2	90.0
Individuals ratio (%)	<i>Sardinella zunasi</i> (サツバ)	—	—	—	—	—	7.4	—	—	0.1	—	—	—	47.9	—	—	—	30.6	—	—
	<i>Plecoglossus altivelis</i> (アユ)	0.1	—	—	10.5	3.8	—	1.7	0.8	—	58.6	6.9	—	0.7	35.1	7.6	0.2	—	19.0	0.7
	<i>Leucopsarion petersi</i> (シラウオ)	62.2	—	66.7	15.8	0.4	—	14.8	0.6	—	—	—	—	—	0.9	—	63.9	—	—	—
	<i>Leuciscus hakonensis</i> (ウグイ)	3.6	—	—	—	0.2	2.8	11.1	—	2.4	0.6	3.4	—	2.9	2.1	11.7	—	0.8	5.9	—
	<i>Mugil cephalus cephalus</i> (ボラ)	0.1	37.7	—	—	—	5.6	—	—	—	—	—	—	2.1	—	—	—	—	—	—
	<i>Lateolabrax japonicus</i> (スズキ)	—	—	—	—	2.8	2.8	37.0	—	1.5	—	—	—	0.9	0.7	—	—	2.4	0.6	34.5
	<i>Leiognathus nuchalis</i> (ヒイラギ)	0.3	—	—	—	18.3	83.3	—	—	1.7	0.2	—	63.8	3.8	16.9	—	2.5	1.0	1.8	—
	<i>Favonigobius gymnauchen</i> (ヒメハゼ)	—	9.1	—	—	—	—	—	—	98.5	—	—	0.2	25.4	—	—	—	44.8	—	—
	<i>Chaenogobius castaneus</i> (ビリンゴ)	0.8	1.3	—	—	0.2	—	18.5	0.6	0.3	—	17.2	0.5	2.4	—	9.9	11.4	20.3	4.2	6.9
	<i>Chaenogobius macrognathus</i> (エドハゼ)	27.0	—	20.0	—	53.2	—	—	—	74.8	—	—	—	29.0	—	0.9	—	—	—	—
	<i>Acanthogobius flavimanus</i> (マハゼ)	1.1	—	—	—	1.2	—	—	4.4	—	—	—	—	0.2	—	—	1.3	—	—	—
	<i>Photis nebulosa</i> (ギンボ)	1.8	5.2	10.0	—	15.1	4.2	—	—	15.1	0.2	3.4	—	57.0	2.1	—	—	6.9	1.8	—
	<i>Kareius bicoloratus</i> (イシガレイ)	0.1	—	—	52.6	0.4	—	—	83.3	—	—	—	8.0	—	—	—	74.7	0.4	—	95.0
	others	2.8	46.8	3.3	21.1	4.4	1.4	11.1	9.4	3.4	0.3	17.2	20.7	3.6	2.1	41.4	2.5	4.1	10.2	2.9

Table 3. The result of benthos survey. In Jonan and Hakkei areas, the predominance rate of *Corbicula japonica* showed a tendency of increase from 1997.

Jonan Area (study area in 1993)																						
		1994				1995				1996				1997				1998				
		28, Feb.	29, May	21, Aug.	2, Nor.	2, Feb.	31, May	1, Aug.	8, Nor.	8, Feb.	20, May	1, Aug.	13, Nor.	10, Feb.	20, May	4, Aug.	14, Nor.	12, Feb.	29, May	10, Jul.	10, Aug.	7, Sep.
Species (種類数)		9	10	23	15	19	14	11	15	25	19	13	11	19	12	12	21	14	16	11	11	19
Individuals (個体数 [個体/m ²])		521	204	1,345	393	1,419	929	695	949	1,469	2,851	1,687	612	4,535	1,593	567	961	1,753	708	917	1,475	771
Wet Weight (g/m ²)		46.6	20.5	33.6	24.9	33.8	42.0	60.4	54.7	77.6	88.4	156.6	35.9	69.8	58.6	62.6	65.8	69.7	72.1	183.0	130.4	118.8
Individuals ratio (%)	<i>Stenothyra edogawaensis</i> (エドガワミズゴマツボ)	—	—	—	—	—	—	—	5.4	16.3	3.1	—	—	—	—	—	—	—	0.7	—	—	6.1
	<i>Corbicula japonica</i> (ヤマトシジミ)	7.1	5.9	1.7	4.1	1.6	2.7	13.4	15.5	13.3	7.7	14.8	10.0	2.1	4.5	15.5	7.0	3.0	41.7	51.4	20.4	48.8
	<i>Neanthes japonica</i> (ゴカイ)	0.8	16.2	39.6	34.9	11.3	38.9	37.6	5.9	3.5	33.5	65.4	39.7	1.7	22.6	24.0	27.6	7.8	13.1	38.4	31.4	28.4
	<i>Prionospio japonicus</i> (ヤマトスビオ)	11.7	31.4	0.9	—	0.4	15.1	0.1	—	0.1	0.2	—	—	4.2	23.4	3.7	5.7	10.2	11.9	0.1	2.6	0.6
	<i>Armandia</i> sp. (アルマンディア属)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.3	—	—	—	—	—
	<i>Capitellidae</i> gen.sp. (イトゴカイカ科)	67.6	32.8	39.3	48.9	75.9	36.5	38.7	64.9	58.1	47.7	12.9	29.9	87.7	40.2	24.9	39.2	72.6	18.8	5.7	34.7	3.5
	<i>Cyathura</i> sp. (スナウミナナフシ属)	10.2	3.4	3.2	3.8	0.4	2.7	5.9	3.1	2.7	1.1	5.7	17.8	2.6	7.5	23.8	6.2	4.6	8.5	2.9	6.5	5.7
	<i>Eurydice akiyamae</i> (ヒメハゼ)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.8	0.2	—	4.9	5.4	0.2	—	—	—	0.6
	<i>Gnorimosphaeroma rayi</i> (イソコツブムシ)	—	6.4	0.1	0.8	1.2	1.2	0.1	—	—	—	0.1	—	—	—	—	—	0.1	—	0.3	—	—
	<i>Scopimera globosa</i> (コメツキガニ)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.4	—	—	—	0.2	—	—	—	—	—
others		2.6	3.9	15.2	7.5	9.2	2.9	4.2	5.2	6.0	6.7	0.7	1.8	1.5	1.8	3.0	8.6	1.5	5.3	1.2	4.4	6.2

Jonan Area (study area in 1994)																		
		1994		1995		1996				1997				1998				
		21, Aug.	31, May	1, Aug.	8, Nor.	8, Feb.	20, May	1, Aug.	13, Nor.	10, Feb.	20, May	4, Aug.	14, Nor.	12, Feb.	29, May	10, Jul.	10, Aug.	7, Sep.
Species (種類数)		12	4	5	6	10	11	9	12	18	9	8	18	15	10	9	13	15
Individuals (個体数 [個体/m ²])		1,000	66	348	836	782	484	894	532	2,670	792	718	2,534	1,844	1,520	2,024	1,730	2,320
Wet Weight (g/m ²)		288.2	0.6	4.9	51.2	13.0	25.3	31.9	21.1	35.9	33.7	51.6	65.4	89.9	62.4	115.8	244.5	378.1
Individuals ratio (%)	<i>Stenothyra edogawaensis</i> (エドガワミズゴマツボ)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.4	—	—	—	—	2.8
	<i>Corbicula japonica</i> (ヤマトシジミ)	26.8	2.9	17.8	3.8	0.3	4.5	12.3	4.1	1.7	4.8	20.6	17.0	20.4	50.8	47.0	35.1	53.8
	<i>Neanthes japonica</i> (ゴカイ)	24.2	75.8	74.1	85.2	84.7	84.3	78.1	84.6	52.3	75.3	54.0	36.9	41.9	19.2	42.2	43.8	21.3
	<i>Prionospio japonicus</i> (ヤマトスビオ)	0.8	15.2	0.6	—	—	—	—	0.8	23.9	7.6	0.6	7.0	23.9	24.9	4.2	6.0	0.6
	<i>Armandia</i> sp. (アルマンディア属)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	22.2	—	—	—	—	—
	<i>Capitellidae</i> gen.sp. (イトゴカイカ科)	21.4	—	—	—	1.0	1.2	0.2	0.8	1.4	0.3	—	0.2	1.7	—	0.8	0.2	0.9
	<i>Cyathura</i> sp. (スナウミナナフシ属)	16.6	—	3.4	1.4	0.8	0.8	2.5	2.3	2.2	8.8	13.9	4.6	7.5	3.3	3.5	11.0	6.4
	<i>Eurydice akiyamae</i> (ヒメハゼ)	—	6.1	4.0	1.0	6.9	5.4	1.3	1.9	1.3	0.8	1.1	0.1	0.1	—	—	—	—
	<i>Gnorimosphaeroma rayi</i> (イソコツブムシ)	—	—	—	—	2.3	0.4	1.3	0.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	<i>Scopimera globosa</i> (コメツキガニ)	—	—	—	—	—	—	2.9	—	—	—	4.7	—	—	—	—	0.2	0.3
others		10.2	0.0	0.1	8.6	4.0	3.4	1.4	4.7	17.2	2.4	5.1	11.6	4.5	1.8	2.3	3.7	13.9

Table 4. The result of benthos survey. In Jonan and Hakkei areas, the predominance rate of *Corbicula japonica* showed a tendency of increase from 1997.

Hakkei Area (study area in 1994)																					
		1995			1996				1997				1998				1999				2000
		1, Jun	1, Sep.	10, Nor.	5, Feb.	21, May	2, Aug.	14, Nor.	11, Feb.	21, May	4, Aug.	15, Nor.	12, Feb.	28, May	11, Aug.	18, Nor.	5, Feb.	28, May	13, Aug.	22, Nor.	4, Feb.
Species (種類数)		8	16	7	7	9	13	18	14	12	9	21	17	19	12	8	19	11	9	19	16
Individuals (個体数 [個体/m ²])		81	483	75	53	232	1,510	1,261	608	394	756	2,445	1,566	2,402	2,342	437	1,080	1,114	2,278	2,945	2,333
Wet Weight (g/m ²)		5.6	245.7	3.2	3.9	12.5	34.9	90.5	32.6	45.5	69.9	194.4	190.7	205.3	693.0	134.0	299.4	460.6	811.0	468.7	279.3
Individuals ratio (%)	<i>Stenothyra edogawaensis</i> (エドガワミズゴマツボ)	—	—	—	—	—	0.1	0.1	—	—	—	0.1	0.1	0.1	—	—	0.1	—	0.2	0.1	0.3
	<i>Corbicula japonica</i> (ヤマトシジミ)	6.2	50.5	1.3	7.5	3.4	17.1	15.3	8.2	14.7	21.7	44.3	55.1	62.1	54.4	36.6	44.8	38.9	39.9	46.4	33.3
	<i>Neanthes japonica</i> (ゴカイ)	55.6	30.6	57.3	43.4	55.6	53.4	49.6	58.4	59.6	52.5	32.1	28.4	27.1	34.8	33.4	23.9	30.5	53.6	23.0	22.8
	<i>Prionospio japonicus</i> (ヤマトスビオ)	1.2	—	8.0	1.9	0.4	0.1	—	0.8	4.1	—	1.4	—	2.8	4.5	1.4	3.8	11.6	0.0	12.8	4.2
	<i>Armandia</i> sp. (アルマンディア属)	—	—	—	—	—	—	0.2	—	—	—	4.7	—	—	—	—	—	—	0.0	0.0	0.0
	<i>Capitellidae</i> gen.sp. (イトゴカイカ科)	8.6	3.3	2.7	9.4	1.3	0.1	0.2	1.6	0.3	0.1	0.4	1.5	0.6	0.9	14.9	8.8	11.6	3.5	10.2	16.5
	<i>Cyathura</i> sp. (スナウミナナフシ属)	1.2	7.2	1.3	—	0.9	3.4	3.1	3.3	3.3	5.8	1.8	2.5	1.5	3.2	1.8	3.5	1.1	2.3	0.8	1.1
	<i>Eurydice akiyamai</i> (ヒメハゼ)	24.7	2.3	26.7	34.0	36.2	20.1	23.4	17.4	—	14.9	5.7	6.8	1.0	0.4	1.6	3.3	0.7	0.2	0.5	0.4
	<i>Gnorimosphaeroma rayi</i> (イソコツブムシ)	—	—	—	—	—	—	—	—	15.5	—	—	0.4	0.1	—	—	—	—	0.0	0.0	0.0
	<i>Scopimera globosa</i> (コメツキガニ)	—	0.4	—	—	—	0.1	0.2	0.5	0.3	1.3	—	0.1	0.3	0.1	—	—	0.1	0.0	0.0	0.0
	<i>others</i>	2.5	5.7	2.7	3.8	2.2	5.6	7.9	9.8	2.2	3.7	9.5	5.1	4.4	1.7	10.3	11.8	5.6	0.4	6.2	21.4

Fig. 14. Distribution of bottom materials and animals at Jonan and Hakkei areas. At Jonan area where fine sand and gravel were predominant, many *Corbicula japonica* and *Neanthes japonica* were found. At Hakkei area, in the upstream side of the groin ①, silt and clay accumulated between 10cm from the surface, there were many *Corbicula japonica* and *Neanthes japonica* of big size.

Fig. 15. Recovery of some fish and benthos. *Neanthes japonica* and *Corbiculidae* 2 increased from the third year after construction when the ebb tidal flat became stable, and *Scopimera globosa*, *Gobiidae* and *Pleuronectidae* appeared seasonally.

物理的条件の違いによって様々な粒径の底質となり、その底質に応じた底生生物が生息していることが確認できた。細砂が卓越している場所ではコメツキガニが多く見られ、シルト・粘土が卓越している箇所では、イトゴカイやソトオリガイなどが確認でき、特に平均潮位 (T.P. 0.0 m) より低い地盤高 (T.P. -1.2 m ~ T.P. ± 0.0 m)

を生息域とするゴカイ・ヤマトシジミ・コメツキガニが確認できた。

以上のように、評価対象生物であるゴカイ・ヤマトシジミ・コメツキガニ・ハゼ・カレイ類の5種類は確認できたが、ヨシは確認できなかった。理由としては、①調査期間が短く、他の場所からヨシが移入して根付くまで

Fig. 16. Jonan Area observed after restoration of tidal flat. The tidal flat is used as the place of the natural education and recreation.

に至っていないこと、②ヨシの生育に適した地盤高(T.P. $\pm 0.0\text{ m} \sim +1.1\text{ m}$ 程度)の場所が、護岸整備などでコンクリートにより覆われているため、十分な生育範囲が確保できていないこと、などが考えられる。

現在、施工した干潟は、自然教育の場やレクリエーションの場 (Fig. 16) として利用されている。

摘 要

本論文では、護岸前面に河道内の浚渫土砂を投入し、風波等自然の力によって干潟を形成させ、水制によって形成された干潟の安定化を図るという手法で干潟の復元を行い、養浜変形・生物調査の追跡調査によりその評価を試みた。

養浜地形の追跡調査の結果、城南地区では、土砂投入後、河口方向からの入射波によって生じた沿岸漂砂によると考えられる養浜土砂の上流向きの移動が見られた。城南地区の上流端にはヨシ帯が存在するが、このヨシ帯が水制と同様な土砂移動阻止機能を発揮した結果、移動土砂はその周辺に堆積したと考えられる。

一方、白鷺地区では養浜砂の粒径が城南地区と比較して相対的に細粒であったために初期状態において冲向きの土砂移動が顕著に生じ、冬季の風浪によって下流方向への移動が生じたと考えられる。しかしこの場合、水制によって土砂移動がかなり阻止され、流出しにくい物理環境が再生されたと考えられる。

干潟が安定するまでには約2年間を要したが、河岸線近傍に安定した砂浜が復活し、平均潮位～平均干潮位の間で生物活動が活発な潮間帯の面積(干潟)を広げるこ

とができた。造成した干潟では、物理的条件の違いによって様々な粒径の底質となり、その底質に応じた底生生物が生息していることが確認できた。細砂が卓越している場所ではコメツキガニが多く見られ、シルト・粘土が卓越している箇所では、イトゴカイやソトオリガイなどが確認でき、特に平均潮位(T.P. $\pm 0.0\text{ m}$)より低い地盤高(T.P. $-1.2\text{ m} \sim \text{T.P. } \pm 0.0\text{ m}$)を生息域とするゴカイ・ヤマトシジミ・コメツキガニが確認できた。

以上のように、主に干潟に生息していたと考えられる種に注目したが、ヨシを除いては生息が確認され、干潟としての役割をおおむね果たしていると考えられる。

「なぎさプラン」を実施したことにより、①水制によって土砂が流出しにくい物理的環境を再生できたこと。②外力条件(波・風等)によって底質が異なり、その底質と地盤高に適應している底生生物と魚類が生息するようになり、かつて干潟で確認できた種の出現が確認された。

以上より、なぎさプランは当初の目的をほぼ達成したと考えられる。しかし、再生された干潟のさらに長期的な安定性、洪水時の安定性、さらにはヨシ原の再生などのより長期的な問題については今後の課題である。

引用文献

- 藤芳素生・宇多高明・松原充幸・東智徳・前野宗(1996) 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。沿岸海洋研究 **33**(2): 99-111.
- 川合禎次・谷幸三(1967) 長良川河口域のヤマトシジミ。木曾三川河口資源調査報告 3号: 27-32.
- 木曾三川河口資源調査団(1964~1968) 木曾三川河口資源調査報告 1号~5号.
- 落合明・田中克(1986) 新版魚類学(下)。恒星社恒生閣.
- 清水建美(1965) 木曾三川河口部付近における水生植物のフロラと生態。木曾三川河口資源調査報告 **2**号: 537-594.
- 鈴木清・森浩一郎(1965) 木曾三川河口部付近水域の底棲性魚類実態調査。木曾三川河口資源調査報告 **2**号: 264-314.
- 田中慎一郎・宇多高明・山内博・瀬古真一・細野貴司・ペイ義光(1996) 揖斐川河口部における養浜実験・冲向き漂砂と沿岸漂砂による地形変化の分離。海岸工学論文集 **43**: 606-610.
- 津田松苗・北川礼澄(1965) 長良川流域の底生生物(1)。長良川下流域の底生動物相。木曾三川河口資源調査報告 **2**号: 467-496.
- 辻井禎(1964) 木曾三川河口部の貝類現況調査。木曾三川河口資源調査報告 **1**号: 117-144.
- 宇多高明・松原充幸・東智徳・前野宗・ペイ義光(1995) 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。海岸工学論文集 **42**: 631-635.
- 吉田裕(1964) 貝類種苗学。北陸館.
- 遊佐多津雄(1979) ヒラメ・カレイ類の生活史と環境。水産土木 **16**: 33-46.