

# 締切堤の建設と干潟の発達・消滅に関する研究

西田 渉\*・野口 正人\*  
柳本 諭\*\*・久保 達也\*\*\*

## Influences of an Enclosure of Bay on the Tidal Flat

by

Wataru NISHIDA\*, Masato NOGUCHI\*  
Satoshi YANAMOTO\*\* and Tatsuya KUBO\*\*\*

As the finish of a sea dyke construction on April 14, 1997, the 35.5 km<sup>2</sup> area of original Isahaya Bay has been divided from sea, and will be changed to field land in near future. The spatial distribution of tidal flat around the Isahaya Bay is considered to be affected severely. Thus, numerical simulations were carried out to examine and evaluate the influence of this action. Calculated results show that the shoreline in the Isahaya Bay varies as the decrease of water exchange between inside and outside of the sea dyke. Moreover, because of the slowdown of the current, sedimentation is occurred in front of the dyke, which implies the possibility of an appearance of tidal flat even since the area and thickness of the sediment controlled by the gate. It consequently indicates that adequate attention should be paid to preserve or produce the tidal flat.

### 1. はじめに

干潟は河口部周辺や湾奥部等に見られ、水域から陸域へと遷移する領域である。干潟については、多くの生物の生息地であることから生態学的に重要な場所であると同時に、水質の浄化に対しても大きく貢献しているものと考えられている<sup>1,2)</sup>。

長崎県内でも、有明海の一部である諫早湾において、干潮時に広大な干潟が現れる。諫早湾の干潟は、前浜干潟に分類されるものであり、底質はシルト・粘土質の非常に微細な粒子で構成されている。ところで、現在諫早湾では、Fig. 1に示されているように、防災機能の強化と農地の造成とを主な目的とした諫早湾干拓事業が進められており、平成9年4月14日に湾奥部の約3,550haが締め切られた。このため、今後、諫早湾を始めとする周辺水域での流れは大きく変化するものと思われ、同時に湾内の干潟の空間分布にも変化が現

れるものと予想される。干拓事業終了後、当該水域での水環境管理が適切に進められるために、事業の周辺水域への影響評価は、物理学的、化学的、生物学的側面等から十分になされなければならない。

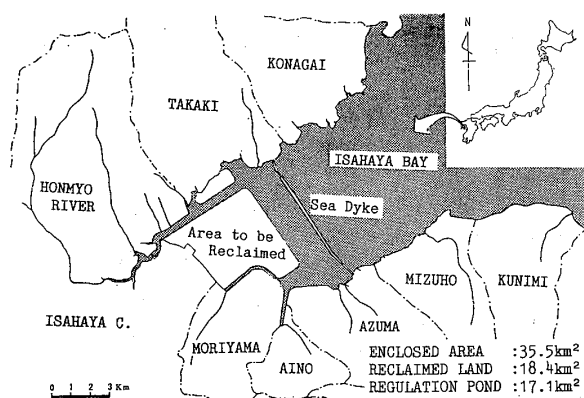


Fig. 1 The schematic view of the Isahaya Bay.

平成9年4月25日受理

\*社会開発工学科 (Department of Civil Engineering)

\*\*大学院修士課程社会開発工学専攻 (Graduate student, Department of Civil Engineering)

\*\*\*(株) 松本組 (Matsumoto, Co.)

以上の問題について、著者らは、これまでも締切堤の建設による湾内の水環境の変化を明らかにしようと試みてきた<sup>3,4)</sup>。本研究では、締切堤の建設による干潟の空間分布の変化を数値モデルを用いて予測、評価することにした。

2. 数値予測モデル

ここで、干潟は海域の潮汐変化に伴って満潮時に海面下に没し、干潮時に再び海面上に露出する領域と仮定する。すると、締切堤の建設で海水の諫早湾内へ流入量が抑えられ汀線の分布が変化することで干潟の空間分布は変化するものと思われる。一方で、流送土砂量の変化により新たに干潟が発達することも十分に予想される。そのため、干潟の発達、消滅を評価するためには、湾内の流れの変化と底質の堆積厚さの変化とが予測されなければならない。即ち、底質の堆積厚さについては、Fig. 2に示されるように、主に底質を構成する土粒子の巻き上げ、堆積の効果によって変化するものとされた。底泥土粒子は、諫早湾の底質の表層は微細粒子であることから浮遊砂(SS)として流送されるものと仮定された。

計算に用いられた基礎方程式は、流れの連続方程式、運動方程式、SSの収支式である。以下にはSSの収支式を示すに止める。

[SSの収支式]

$$\frac{DC_{SS}}{Dt} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left( k_{xj} \frac{\partial C_{SS}}{\partial x_j} \right) + \frac{\partial F_d}{\partial x_3} - \frac{\partial F_c}{\partial x_3} \quad (1)$$

[巻き上げフラックス ( $F_c$ ) の評価式]

$$F_c = \begin{cases} 0 & \dots\dots\dots \tau_* \leq \tau_{*c} \\ \sigma \cdot v_s \cdot P_s \cdot P_l \cdot / a_s & \dots\dots\dots \tau_* \geq \tau_{*c} \end{cases} \quad (2)$$

[底泥粒子の離脱の容易さを表す係数 ( $P_l$ ) ]

$$P_l = \exp \left\{ -\gamma (1 - D/D_{ini}) \right\} \quad (3)$$

[沈降フラックス ( $F_d$ ) の評価式]

$$F_d = C_b \cdot w_0 \cdot \exp(-V^2/V_c^2) \quad (4)$$

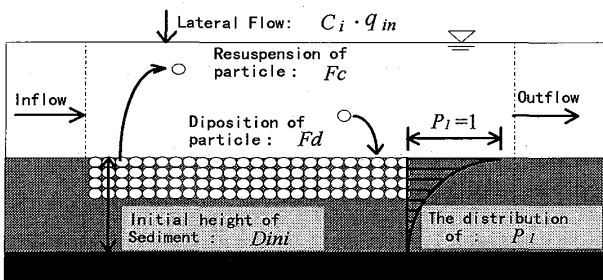


Fig. 2 The definition sketch.

ここに、 $\tau_*$ :次元掃流力、 $\tau_{*c}$ :土粒子の移動限界時の無次元掃流力、 $\sigma$ :土粒子の密度、 $v_s$ :土粒子の体積、 $P_s$ :底泥粒子のPick-up rate<sup>5)</sup>、 $a_s$ :土粒子の断面積、 $d$ :土粒子の粒径、 $D_{ini}$ :底泥粒子の初期堆積厚さ、 $D$ :底泥粒子の堆積厚さ、 $C_b$ :河床近傍のSS濃度、 $w_0$ :沈降速度、 $V_c$ :懸濁粒子の重量と流体力の釣り合い式から評価される浮遊限界流速である。

計算を行うに当たり、河川と海域との底質の収支を考慮する必要があること、これまでの計算結果から、締切堤建設の流れに及ぼす影響が諫早湾の湾口部まで及ぶと予想されたこと等の理由から、Fig. 3に示される領域が計算対象領域とされた。そのため、基礎方程式は河道区間及び海域に対してそれぞれ1次元解析法、2次元解析法が適用された。体積積分された基礎方程式は、陽形式の有限差分法を適用して離散化される。空間差分間隔は、1次元解析領域で $\delta s = 52 \sim 147$  m、2次元解析領域で200, 400, 800, 1600mの各格子網で覆われた。時間差分間隔は、計算の安定条件であるC.F.L条件を十分に満たすように2.0sec.とされた。境界条件について、上流端条件は現地観測の結果を基に与えられ、下流端条件は潮位表から得られたデータを基に潮位変化を与えられた。水底に堆積した土粒子は、比重2.60、粒径 $50 \mu\text{m}$ の球体として取り扱われ、河道及び海域での初期堆積厚さは0.03m、0.01 mとされた。

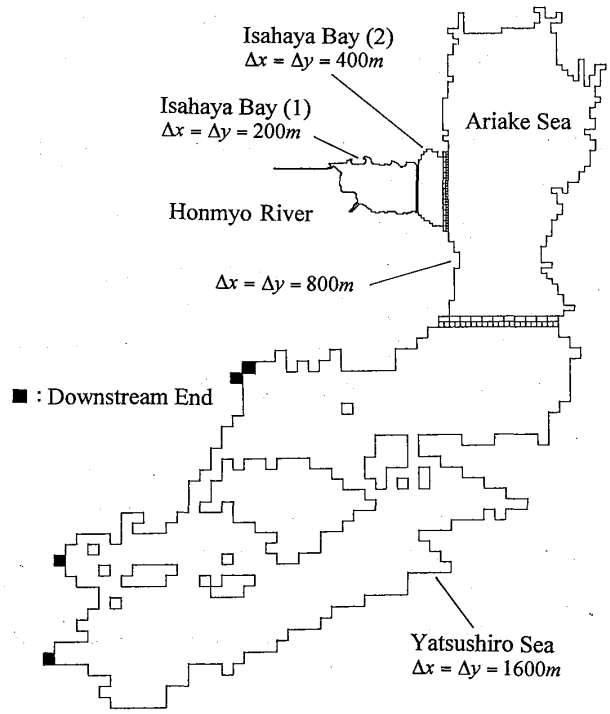


Fig. 3 The calculated area.

計算は、縮切堤の建設前、建設中、建設後①、建設後②の4つの計算条件に対して行われた。即ち、建設中の条件は、湾奥の北部の小江堤防の建設は終了し、縮切堤は中央の1200mが開口している状態（1997年1月相当）である。建設後①の条件は、目下の計画のとおり、縮切堤内部の水位が縮切堤の北部と南部の水門操作により-1.0mに管理された状態である。建設後②の条件は、水門が常に開放されている状態を想定している。

#### 4. 計算結果と考察

Fig. 4 (a)~(d) に、計算から得られた干潮時の流速ベクトルの空間分布が示される。ここでは、縮切堤の影響を受けたと思われる変化の生じた諫早湾と湾口周辺部での結果のみが示されている。

それぞれの結果から、諫早湾湾口部において有明海側から流入してきた水塊は、南部から北部へと緩やかに時計回りの弧を描くようにして流れることが分か

る。またこの時の流速は、湾口南部において速いことが分かる。建設前の結果について、諫早湾の中央での流速ベクトルは小さく、ほぼ一様に湾奥側に向いている。湾奥北部の流速ベクトルが大きくなっているのは、本明川から水塊が湾内に流入してきているためである。建設中の結果では、縮切堤に沿った流れになっており、水塊は縮切堤の中央の開口部を通して移動している。開口部付近の流速は、上げ潮最強時、下げ潮最強時に最も速くなっている。建設後①の結果では、水門が閉じられ、流れが完全に遮られているために、縮切堤周辺の流速は非常に遅くなっている。縮切堤内部では、河川水の流入による水位上昇に伴って、水際での流速が速くなっている。建設後②の結果については、縮切堤の内側や水門の位置する縮切堤の北部と南部で流速が速くなっている。これは、縮切堤の開口部が狭く、湾奥から湾口への流れが抑えられ、縮切堤の内部と外部との水位差が大きくなったためである。

縮切堤から湾口に向けて5.80km離れた地点 (St.1),

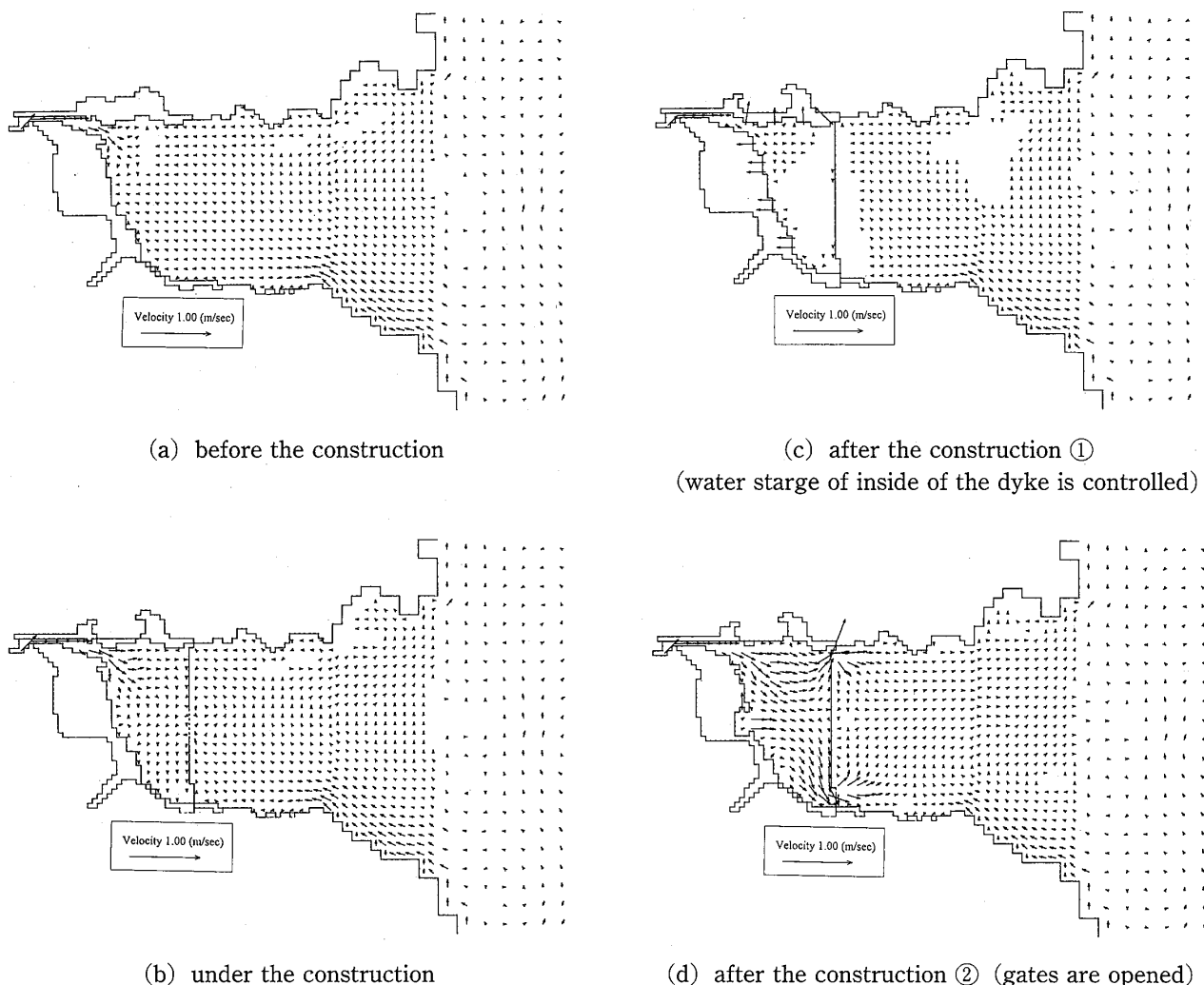


Fig. 4 Velocity distribution in the Isahaya Bay.

縮切堤の建設地点 (St. 2), 本明川の河口部 (St. 3) における水位の時間変化が Fig. 5 (a)~(c) に示されている。

St. 1 での水位の時間変化については、いずれの計算結果においても大きな違いは見られない。一方、St. 2, St. 3 で建設中の水位は、建設前に比べて数分遅れて変化しており、河口部での最大水位は 5 cm 高くなっている。建設後①の水位は、縮切堤内の水位が -1.0m になるように水門操作されているために一定になっている。建設後②の水位は、建設前に比べて 2 時間程度遅れて変化しており、St. 3 での最高水位は建設前に比べて 32cm 低くなるが、最低水位は 12cm 高くなる結果となった。以上の結果は、縮切堤の建設によって湾奥部への水塊の流入量が変化したために生じたものであるが、こうした水量的な変化は満潮時と干潮時の汀線の空間分布にも変化をもたらすと予想される。そこで、各計算結果を基に諫早湾湾奥部の干潟の面積を算出すると、建設中、建設後①、建設後②では建設前に比べて、それぞれ 0.92, 8.76, 2.80 km<sup>2</sup> 減少する結果が得られた。当然のことながら、縮切堤内部

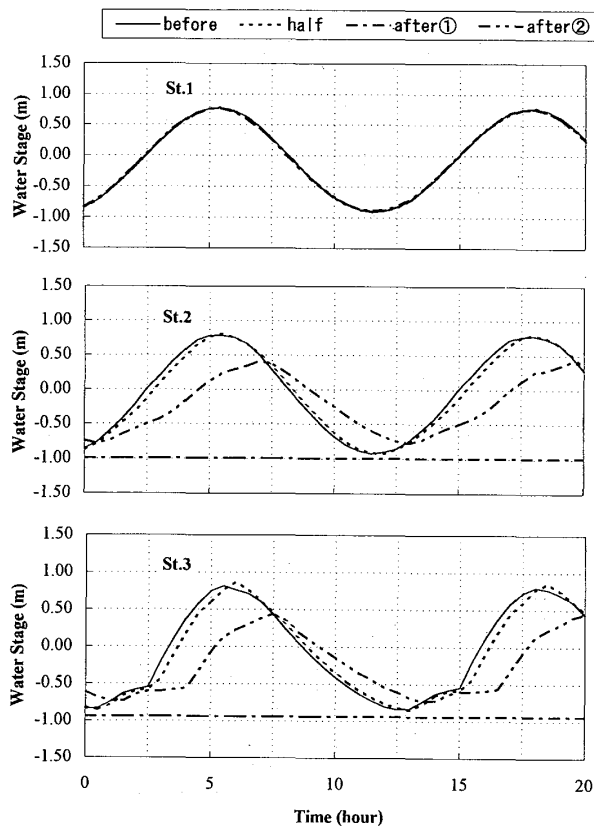


Fig. 5 Temporal variation of water stage.

の水位が管理されている建設後①の計算条件で、減少した干潟の面積は最も広い。建設中、建設後②での干潟の面積が減少する理由は、先に考察されたように、縮切堤の開口部が狭く、縮切堤内部への水塊の流入量が減少したためと考えられる。

つぎに、干潟の発達・消滅の要因の一つである底質の堆積厚さの変化について考察する。Fig. 6 (a)~(d) に、底質の初期堆積厚さに対する 1 潮汐変化時間中の平均堆積厚さの割合 ( $D/D_{ini}$ ) の計算結果が示されている。なお  $D/D_{ini}$  の値については、1 より小さいと初期堆積厚さから洗掘されたことを示し、1 より大きいと流送されてきた土粒子が堆積した領域であることを示す。

建設前の計算結果において、諫早湾の殆どの領域で底質の巻き上げが生じたために、堆積厚さは減少している。巻き上げられた底質の一部は湾口の北部の様に流速の遅い場所に堆積するが、残りについては海水中に懸濁態として存在している。建設中の結果では、縮切堤の中央部の開口部で流速が速く、底質は洗掘される傾向にある。一方、縮切堤の周辺で流速が減少しているために流送されてきた土粒子は沈降し、堆積する傾向にある。また堆積する場所は、縮切堤の外側に、沿岸に沿って現れている。建設後①の結果において、縮切堤の内部では、濤筋上と汀線付近での流速が速くなっているために洗掘の傾向にある。ただし、縮切堤内に流入してきた河川水の流速は河口付近で遅くなるために、河川から流送されてきた土砂が堆積する場所も見られる。縮切堤の外側では、流速が建設前に比べて減少しているために、湾口の一部を除き顕著な底質の洗掘は見られない。建設後②の結果では、縮切堤の中央部の外側に堆積を生じる場所がある。潮汐変化に伴って引き起こされる湾内の流れは、堆積の傾向にある領域を挟んで水門付近に集中するような形で生じるが、縮切堤の中央部での流れは北部南部の水門へ向かう遅い流れしか生じないためである。

現在のところ、縮切堤建設後の水門操作は建設後①のようになされる計画である。今回の計算条件では、湾中央の南部と本明川の河口付近で新たに堆積の生じる場所が現れており、十分な土砂供給のある場合には、今後、干潟に発達することも考えられる。ただし、建設後②の結果に示されたように、水門操作次第では別の場所に堆積が進むことも予想される。

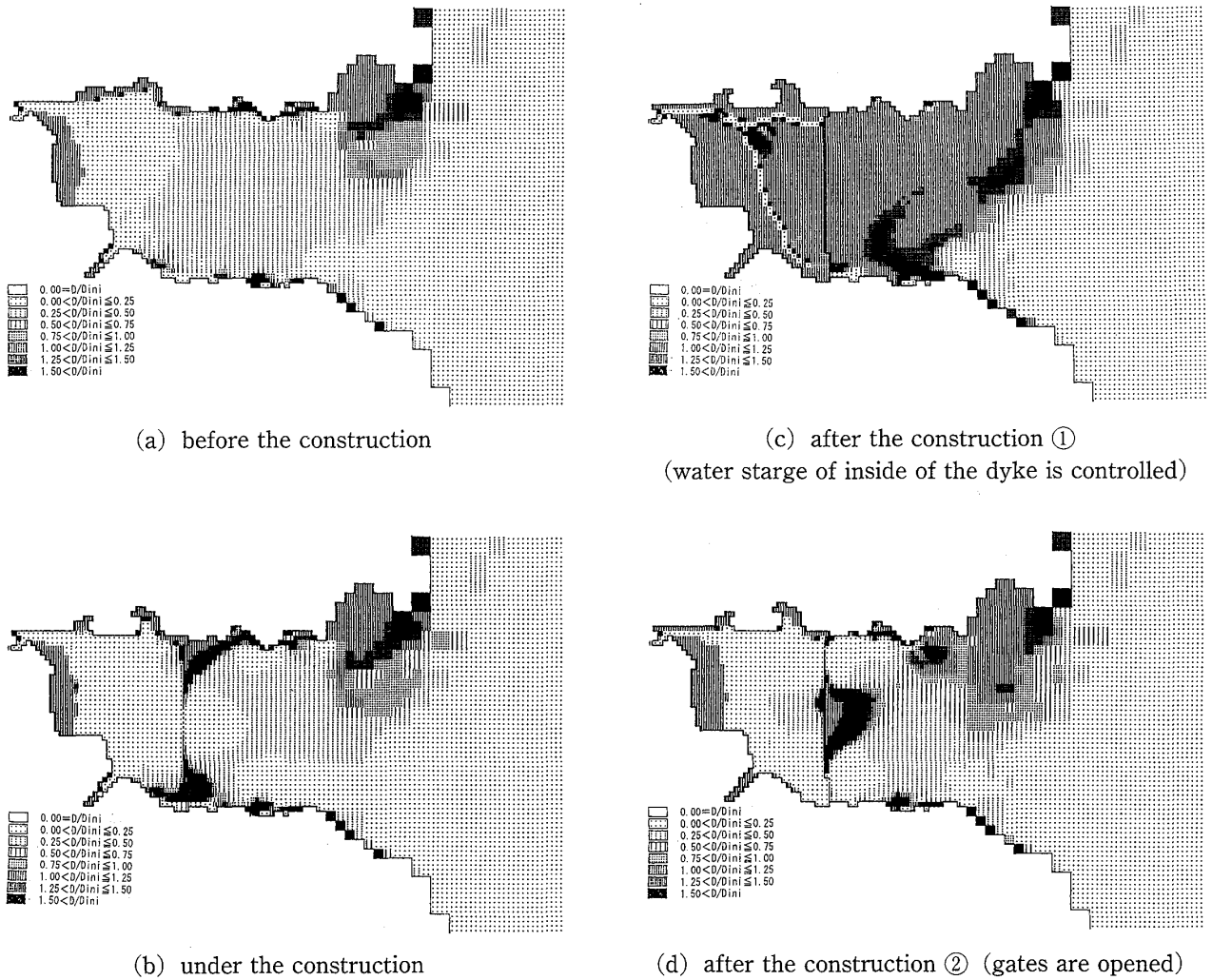


Fig. 6 Spatial distribution of  $D/Dini$  in the Isahaya Bay.

#### 4. 結 論

干潟の重要性については既に冒頭で述べられたが、水辺での社会基盤整備が今後も引き続き適切な形で実施されていくためには十分な環境影響評価がなされておかなければならない。

本研究では、諫早湾干拓事業が湾内に広がる干潟に及ぼす影響を数値シミュレーションを行い評価した。その結果、縮切堤の建設に伴って汀線が変化し、縮切堤内部の干潟の面積に大きな変化が現れることが示された。また、湾内の流れの変化に伴い新たに堆積の進む場所が現れることも予測されたが、縮切堤の水門操作次第では堆積する面積や位置が大きく変化することも併せて示された。今後、諫早湾での現地観測や底質移動のモデルの妥当性の検討を行い、干潟の変化の予測精度の向上を目指すと共に、より精度の高い水環境への影響評価が可能になるように努めたい。

#### 参 考 文 献

- 1) 栗原康：“干潟は生きている”，岩波新書，1980.
- 2) 青木徹，西嶋涉，向井徹雄，瀧本和人，岡田光正：“自然及び人口干潟における水質浄化能”，第30回日本水環境学会年会講演集，p498，1996.
- 3) W. Nishida, M. Noguchi and K. Mitsuahara: "Influence Analysis of a Sea Dyke on Water Environment", Proc. Int'l Conf on Water Resour. & Environ. Res., VII, pp.399-406, 1996.
- 4) 西田涉，野口正人，柳本諭：“縮切堤の建設に伴う湾内の水質変化予測”，水工学論文集，第41巻，pp.457-462，1997.
- 5) 村上正吾，辻本哲郎，中川博次：“河床砂礫のPick-up rate推定式について”，土木学会論文集，NO. 443, II-18, pp.9-16, 1992.