

江戸川河口デルタ・三番瀬周辺の掘削穴の地形復元による 波・流れ・土砂環境の修復

清野聡子* ・ 古池 鋼** ・ 芹沢真澄***
渡辺宗介**** ・ 宮武晃司*****

東京湾奥の三番瀬周辺は、江戸川河口デルタ沿岸にあり、開発前は沖合 4 km の広大な干潟と連続する緩斜面の海岸・海底地形であった。大規模埋立工事で造成地前面の海底に掘削穴が形成され、青潮や貧酸素水塊の発生源として問題になっている。掘削穴の埋め戻しが提言されたが、その効果や環境再生上意義を精査する必要がある。本研究では海底地形を数値的に「仮想修復」し、開発前・現況・地形復元の 3 段階の波・流れ環境を比較した。特に干潟の海底勾配の連続性、沿岸方向の連続性について計算結果に基づき検証した。その結果、掘削穴の埋め戻しなど地形復元を行うと碎波帯や海浜流場などの干潟環境を一部修復できる可能性があることがわかった。

1. はじめに

東京湾奥で再生計画が進んでいる三番瀬周辺は、江戸川河口デルタ沿岸にあり、開発前は沖合 4 km の広大な干潟と連続する緩斜面の海岸・海底地形であった。開発時の大規模埋立工事で造成地前面の海底を掘削した際に掘削穴ができ、青潮や貧酸素水塊の発生源として沿岸環境上問題になっている。「千葉県三番瀬再生計画」では、この掘削穴の埋め戻しが提言されたが、その効果や環境再生上意義を精査する必要がある。清野ら (2003) では、江戸川河口デルタの地形改变前後の波・流れ環境の変化を明らかにした。本研究では当地の海底地形を数値的に「仮想修復」し、開発前・現況・地形復元の 3 段階の波・流れ環境を、波高と海浜流を中心に比較した。特に前浜～干潟面～前置斜面にかけての海底勾配の連続性、河口域からの袖ヶ浦に至る沿岸方向の連続性に着目し、土砂動態や生態環境の修復の可能性について考察した。

2. 掘削穴の地形復元 (埋め戻し) の概要

江戸川河口東側の海底地形を図-1 に示す。a) 1948 年の海底地形は、大規模な人為改变前である。b) 2000 年は現在の状況であり、日の出埋立地前面及び船橋航路東側には水深 15 m 規模の深掘が判読される。c) 復元地形は、2000 年地形において掘削穴と判読される深掘 2 箇所に対し、修復の目標とした 1948 年の地形データを参考に深掘の外側の等深線を延長することで、掘削穴の埋め戻しを行い、1948 年当時の地形を復元したものである。以上の開発前・現況・地形復元の 3 段階について波浪、海浜流の数値計算を行った。計算手法・計算条件は清野ら

(2003) と同様である。波浪変形計算モデルは磯部 (1986) の放物型波動方程式モデル、海浜流計算モデルは堀川 (1985) の平面 2 次元の運動方程式と連続式に拠った。その他の計算条件を表-1 にまとめて示す。

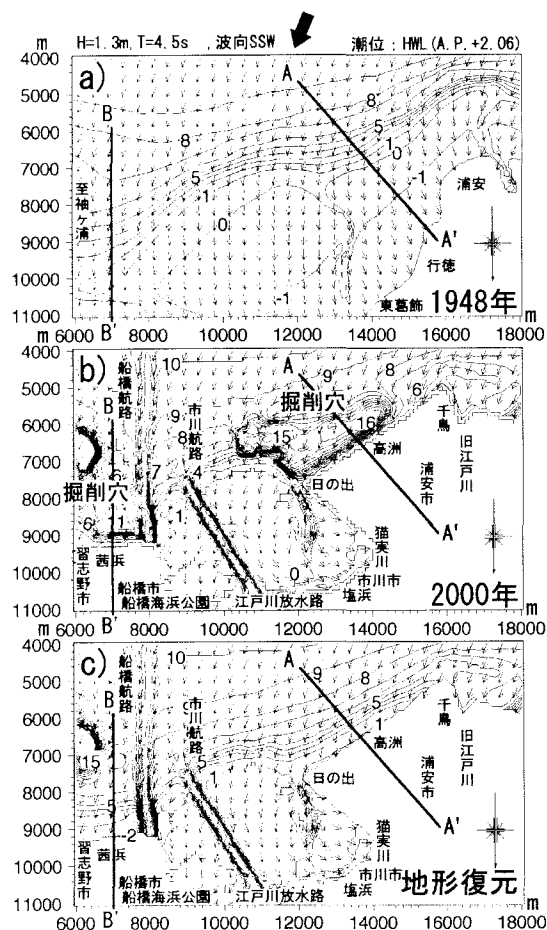


図-1 海底地形の修復前後の地形と波向の分布

* 正会員 工博 東京大学大学院総合文化研究科
** 海岸研究室(有)
*** 正会員 海岸研究室(有)
**** 千葉大学 医学部
***** 工修 国土交通省 大臣官房 技術調査課

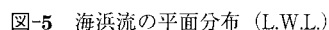
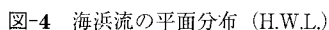
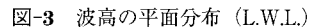
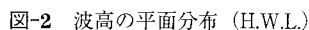


表-1 計算条件

数値計算手法	波浪変形計算モデル：放物型波動方程式モデル、磯部(1986) 海浜流計算モデル：平面2次元の運動方程式と連続式、堀川(1985)
計算対象範囲	波浪変形計算：沿岸方向20 km×岸沖方向14 km 海浜流計算：沿岸方向19 km×岸沖方向13 km
地形条件	■1948年地形： - 旧版海図(No. 1438. 6/1948年) - 旧版地形図の応急修正版で岸線を確認 - 干潟面は海図岸線の「くさむら海岸(Grassy coast)」に分類される岸線位置をD. L.+2 m(H. W. L.)とみなして、その包絡線を海岸線全線に延長した。その岸線とD. L.±0 mとは直線補間した ■2000年地形： - 海図(W1061/2000年、W1088/2000年) - 三番瀬の浅海域は千葉県測量(2000. 8)による - 船橋航路周辺の水深は京葉港2期地区深浅測量(1991. 9)による - 沖合いの深掘りは東京湾河口干潟保全検討会(2002. 3)、東京湾河口干潟の保全の方向性について、p. 5による ■復元地形 2000年地形において掘削穴と判読される場所について、1948地形を参考に掘削穴の外側の等深線を延長して当時の勾配を復元した。
入射波	入射波高 $H_0=1.3$ m、周期 $T=4.5$ sec、波向 SSW
潮位条件	朔望平均干潮位 L. W. L.(A. P.+0.04 m) 最近5年間平均潮位 M. S. L.(A. P.+1.19 m) 朔望平均満潮位 H. W. L.(A. P.+2.06 m)
計算ケース	1948年地形×潮位3ケース 2000年地形×潮位3ケース 日の出の深掘の修復地形×潮位3ケース 船橋の深掘の修復地形×潮位3ケース 日の出+船橋の深掘の修復地形×潮位3ケース
波浪変形計算条件	- 数値計算法：差分法(クラランク・ニコルソン法) - 計算メッシュ：0.1波長 - 不規則波の成分波への分割数：周波数5分割×波向9分割=計45成分波・境界条件：開境界
海浜流計算条件	- 数値計算法：差分法(リープフロッグ法) - 計算メッシュ：$\Delta x=25$ m - タイムステップ：$\Delta t=0.2$ sec・20,000 step - 摩擦係数：$C_f=0.01$・水平拡散係数：$N=0.01$ - 境界：海域は開境界、陸域との境界は固定壁境界

3. 復元地形による計算結果

波高の平面分布を図-2、図-3に示す。海浜流の流速ベクトルの平面分布を図-4、図-5に示す。

計算結果の主な特徴としては、現況では、碎波帯幅はほとんどなく(図-2(b))、掘削穴に向かう海浜流が見られた(図-4(b))。掘削穴の地形復元により浦安埋立地前面から三番瀬の前置斜面にかけて、入射した波が攪乱少なく干潟面上で碎波していくパターンにもどり(図-3(c))、連続的な海浜流が再生された(図-5(c))。

このような掘削穴の地形復元による環境修復は、干潟面での環境勾配の回復にとって有効と考えられる。

平面分布の詳細について考察する。まず波高分布について見る。

1948年では、江戸川河口デルタ先端から連続して干潟が広がる。H. W. L. の波高分布(図-2(a))をみると、入射波は干潟外縁から汀線にかけての干潟面全体でゆっくりと碎波減衰している。干潟外縁から汀線にかけて波高が岸向きに連続的に低減している。L. W. L. (図-3(a))では干潟面が干出して干潟前置斜面で碎波減衰す

るため碎波帯が狭まるが、岸沖方向に連続した分布を示すという特徴は同じである。

現況では、埋立により干潟の大部分が消失している。H. W. L. (図-2(b))、L. W. L. (図-3(b))とも共通して以下の特徴がみられる。

沖の掘削穴に面した高洲と茜浜の埋立地では、波高減衰せずに直接護岸に入射している。これは埋立地の前面水深が深いため碎波しないためである。また、市川・船橋の2つの航路では、航路の掘削穴に沿った波浪の侵入により波高の高い領域ができています。埋立地の隅角部は波の遮蔽域が形成されて波高が低い。以上、1948年と比較して、沿岸方向に連続的に伸びていた碎波帯は分断され、干潟の波高分布は、複雑な分布へと変化した。

修復後(図-2(c)、図-3(c))では、修復した掘削穴に面する高洲と茜浜の埋立地の前面で、波高が低減するようになった。特にL. W. L. の方(図-3(c))は、波浪減衰帯の幅(碎波帯)が広いが、これはL. W. L. に碎波帯となる前置斜面が修復された結果である。このように修復により碎波帯の一部が復活した。

つぎに海浜流について見る。

1948年(図-4(a)、図-5(a))では、江戸川河口(浦安)から船橋にかけて干潟外縁に沿ってNE方向に流れる連続的な沿岸流が見られた。特にL. W. L. (図-5(a))は流れが強く顕著である。

現況では、H. W. L. (図-4(b))、L. W. L. (図-5(b))とも、干潟前縁を連続して流れていた沿岸流が埋立地で分断されている。埋立地間に残された干潟の外縁、現在の三番瀬干潟では沿岸流はあるが、途中、市川航路・船橋航路で沿岸流が分断されている。

修復後は、H. W. L. (図-4(c))はほとんど変化していないが、L. W. L. (図-5(c))では、高洲と茜浜の埋立地の前面で沿岸流が復元されている。ただし江戸川河口付近の千鳥埋立地は沖に張り出していることから、同地点においてはL. W. L. でも沿岸流は復元しておらず、江戸川からの全線の復元は達成されていない。図-1の1948年と2000年の同地点の海底地形の比較によれば、河口テラスの縮小も影響しているものと考えられる。

4. 岸沖方向の連続性

日の出と船橋の2箇所の掘削穴の中央を通る2測線(図-1のA-A'及びB-B'測線)に対して、波高及び海浜流速の岸沖方向分布を、地形復元前後で比較した。図-6(a)、図-7(a)は海浜断面の復元状況である。図-6(b)、図-7(b)、はH. W. L. の波高分布である。波浪減衰が途中埋立地によって分断されており、復元の効果はほとんどでない。図-6(c)、図-7(c)、はL. W. L. の波高分布である。埋立地前面で波高が連続的に減衰して1948年

当時に類似した碎波パターンになっている。図-6(d), 図-7(d), は H. W. L. の流速である。波高と同様, 復元の効果がでていない。図-6(e), 図-7(e), は L. W. L. の流速である。波高と同様に埋立地前面の復元された干潟の前置斜面に海浜流の卓越する環境が復活している。

5. 沿岸方向の海浜流場の連続性

河口域から袖ヶ浦に至る沿岸方向の海浜流場の変化をみるため, 掘削穴の影響が明瞭な潮位 L. W. L. の計算結果について, A. P. -2.0 m の等深線に沿った海浜流速の沿岸方向分布を1948年, 2000年で比較したものを図-8に示す。

1948年当時は, 江戸川から東に向う連続した流れが存

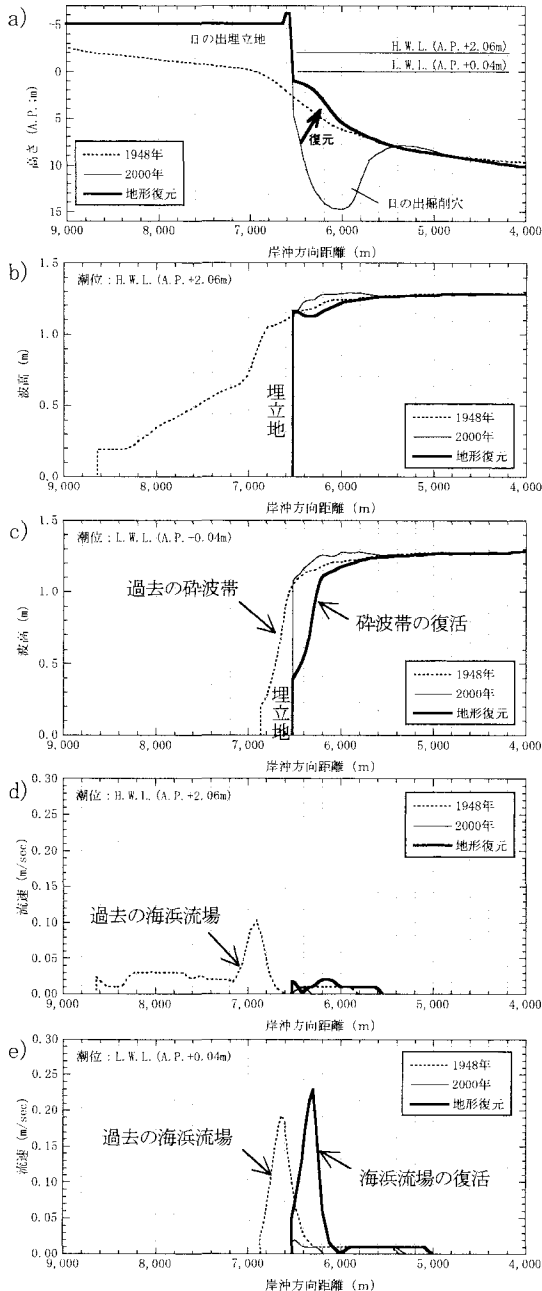


図-6 日の出の掘削穴の復元 (A-A' 断面)

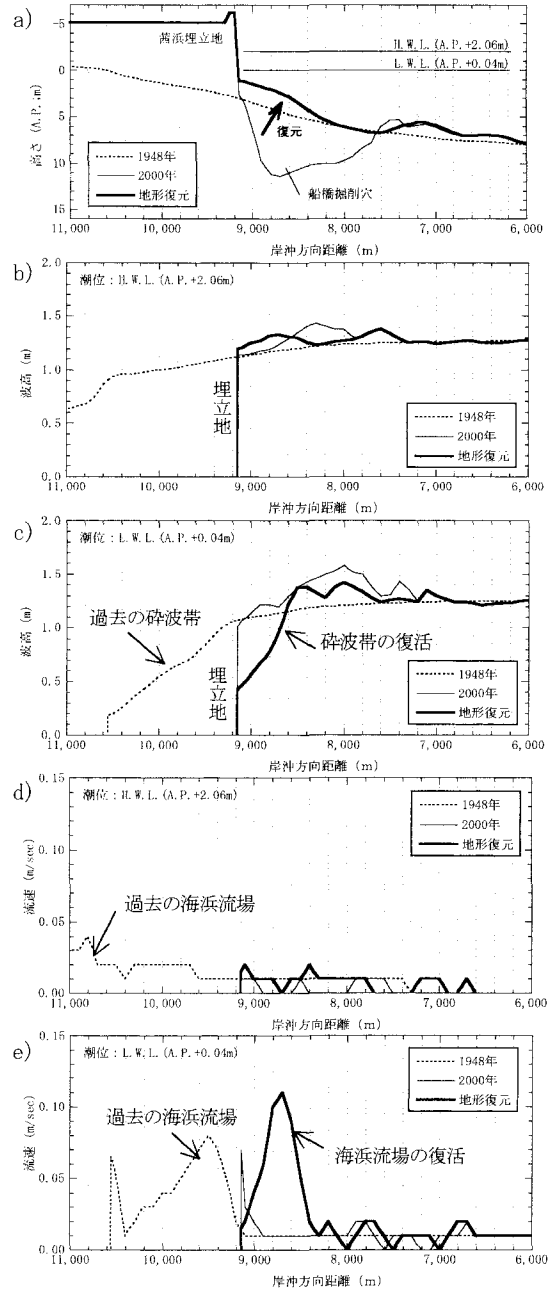


図-7 船橋の掘削穴の復元 (B-B' 断面)

在したが、2000年では掘削穴や埋立地造成により消失した。

また、市川航路、船橋航路についてもそれぞれ海浜流場が不連続になっている。

図-9は、地形復元後の流速分布を加えたものである。掘削穴を埋め戻した場所では、流れが回復し、沿岸方向の連続性が復活している。1948年当時と同程度の流速が得られている。

旧江戸川河口付近については埋立地の造成や河口テラスの縮小で河口から約1kmでは海浜流が生じていない。市川航路、船橋航路での海浜流の不連続性も改善されていない。このため江戸川との直接的な連続性は確保できていない。この結果から、掘削穴だけでなく、埋立地の造成、航路の掘削、河口テラスの縮小が、海浜流場の連続性に影響をおよぼしていることがわかる。

6. 主要な結論

干潟は、前浜～干潟面～前置斜面と岸沖方向に連続した各種海底勾配をもち、それぞれの斜面がL. W. L.～H. W. L.の各潮位に応じて様々な碎波形式を連続的に生じさせている。このような環境が埋立てや、掘削穴により分断されることで、碎波帯や海浜流場に影響があること

が数値計算により示された。

干潟は、その構成物質を排出する河川とセットで成立している。河口から供給される河川水や土砂、有機物、栄養塩類などは、干潟自身を構成するとともに各種環境勾配を形成している。

これらの河川供給物質を輸送する海浜流場の連続性に対して、埋立てと掘削穴が大きな影響をおよぼしていることが数値計算により示された。

このようなことから、過去の地形を参考に埋め戻すなど地形復元を行うと碎波帯や海浜流場などの干潟環境を一部修復できる可能性があることがわかった。

7. ま と め

この2箇所の穴は、1960～1970年代に掘削された。掘削した土砂は干潟の埋立に使用した。当時の掘削は、埋立地すぐ前の前置斜面で行われた。現在、埋立地は干潟の外縁部ぎりぎりまで覆い被さり、その前面には掘削穴が形成されて、青潮や貧酸素水塊の発生源となっている。またこれらの掘削穴では、海浜流や壁面崩壊などで穴に土砂がトラップされ、三番瀬周辺の侵食原因になっている可能性もある。

本検討によれば、掘削穴2箇所を埋め戻して修復すると、滞水域がなくなり、土砂の崩落の可能性がなくなると同時に、海浜流の連続性が一部回復する。このことから流動障害による貧酸素や青潮が減少し、海底環境の修復に寄与できる。また、前置斜面付近の物理環境の連続性が向上するため、アサリなど底生生物にとって生育環境は改善されと考えられる。

このように掘削穴の埋め戻しは、干潟そのものの再生ではないものの、前置斜面の地形復元による波・流れ・土砂環境の修復効果が期待できる。いいかえると掘削穴の存在は碎波帯や流砂系を分断し、青潮の発生や生態系の劣化を助長している。なお復元した前置斜面の地形安定性については今後の検討課題である。

沿岸部の自然再生では、河川管理で可能な限り自然な土砂や河川水の流入を確保するだけでなく、海底での土砂移動も含めた流砂系の再生が重要である。

参 考 文 献

- 清野聡子・宮武晃司・芹沢真澄・古池鋼(2003):江戸川河口デルタの人為的改変と波・流れ環境の変化の数値的復元, 海岸工学論文集, 第50巻, pp. 1186-1190.
- 磯辺雅彦(1986):放物型方程式を用いた不規則波の回折・屈折・碎波変形の計算法, 海岸工学講演会論文集, 第33巻, pp. 134-138.
- 堀川清司編(1985):海岸環境工学-海岸過程の理論・観測・予測方法-, 東京大学出版会, pp. 479-552.

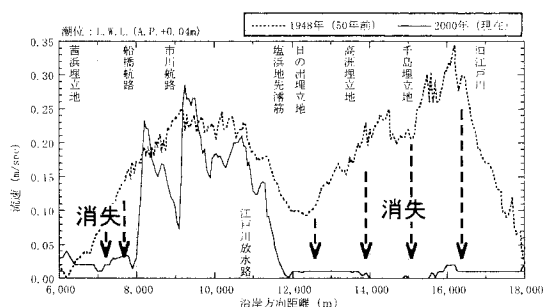


図-8 海浜流場の消失

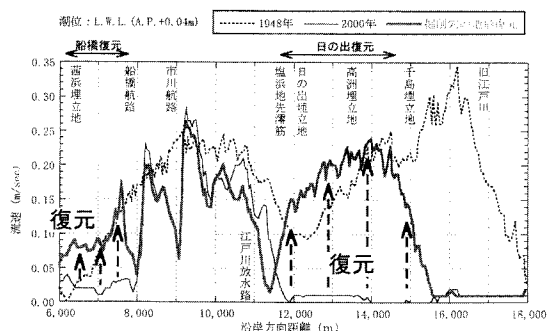


図-9 海浜流場の復元