

三番瀬における埋立地近傍の地形と底質変化の実態

呉 海 鍾* ・磯 部 雅 彦**・鯉 渕 幸 生***
佐 藤 慎 司****・渡 辺 晃*****

近年, 三番瀬では, 環境再生が大きな社会的関心事となっている。その際, 地形・底質の変化を正確に把握することは, 再生の基礎として重要であるために, 海底表層や柱状コア試料を合計 43 地点で採取し, 粒度分布や, 炭素量, 電気伝導度測定などの底質分析, ならびに放射線強度の測定を行い, 最近 30 年間程度の堆積過程を推定した。その結果, 浦安市埋立地近傍の猫実川河口付近のみならず, 中央付近も埋立後にシルト堆積域に変化し, 浦安市埋立地突端付近においては粗砂の堆積によって砂州が形成されており, 底質の堆積環境変化が明らかになった。特に突端付近の砂州形成は, 三番瀬に入射する波浪を減衰させて, より静穏な海域にしていると考えられる。

1. はじめに

三番瀬は千葉県市川, 船橋, 浦安の 3 市に囲まれた東京湾最奥部の地先に位置する, 東京湾にわずかに残された干潟・浅海域である。1980 年代から埋立計画が検討されてきたが, 2001 年に白紙撤回された。これまで, 埋立地造成, 地盤沈下, 汚濁負荷の流入などによる環境悪化が問題となってきたため, その環境再生が大きな社会的関心事となっている。その際, 底質環境は底生生物を始めとする生物の生息を左右する重要な環境条件となるため, 三番瀬の地形・底質の変化を正確に把握することは, 三番瀬再生の基礎として非常に重要である。しかし, 表層に限っても底質調査は最近になってからしか行われていないため, 過去から現在に至る地形・底質環境の変遷の把握は十分行われていないのが現状である。三番瀬の再生については関係各所で様々な議論が行われており, 特に猫実川河口域の取り扱いについては, 底質環境の現況とこれまでの履歴を十分に把握した上で検討する必要がある。呉ら (2003) は, ヘドロ化した猫実川河口周辺を人工干潟に造成した方がいいとの考えと, 三番瀬全体の生態系に重要な役割を果たしているのを手を入れるべきではないという考えが対立点の一つとなっていることに着目した。この対立を解決するためには, 環境条件の過去からの変化傾向を理解する必要があるが, 猫実川河口周辺の数点のコア試料を底質分析した。

その結果, 埋立前にも現在と同程度に粘土・シルト分の多い細粒子の土砂が堆積していたこと, また近年の堆積土砂も強熱減量が高くはないことなどを明らかにした。しかし, 三番瀬の底質環境に大きな影響を及ぼして

いる三番瀬浦安市側の埋め立ての影響などについては, 未だ十分な検討がなされていない。

そこで, 本研究においては, 浦安市埋立地の造成により, 静穏域が形成され, 底質環境が変化している埋立地近傍に着目し採取した。底質コア試料を種々の方法によって分析することにより, 三番瀬の地形や底質の時間的变化を明らかにすることを目的とした。

2. 三番瀬における物理環境の変遷

図-1 は, 三番瀬の変遷を示す既存資料を収集し, とりまとめたものである。三番瀬の浦安と市川側では, 1960 年代から 1970 年代後半にかけて大規模な埋立地造成が行われ, 多くの干潟域が消失した。それと同時に, 地下水の汲み上げに伴う地盤沈下の影響は三番瀬にも及んだものと思われる。その結果, 現在は海底面が沈下し, 三番瀬全体で約 1,600 ha の海域が常時水没している。また, 埋立工事に伴う深堀れ形成は, 浦安側の前置斜面周辺の侵食作用を促したと見られる。

埋立地造成後には, 三番瀬の流況が変化しただけでなく, 市川沖のアサリ場造成や市川航路の開設工事などが行われた。また, 1981 年から 1990 年までに江戸川第 2 終末処理場から猫実川河口へ処理水の暫定放流が行われ, 一時的に最大 135,000 m³/日の淡水が猫実川河口より流入していた。従って現在の三番瀬は, このように現在に

年		1965	1970	1975	1980	1985	1990
埋立面積と工期	浦安Ⅰ期	←→		874ha			
	浦安Ⅱ期		←→	563ha			
	市川		←→	195ha			
地盤沈下	市川・浦安	←→		1~2m			
流入負荷	猫実川河口	処理水暫定放流					
深堀れの形成	浦安	←→					
航路浚渫	市川			←→	航路開設		
埋砂	市川沖				←→	アサリ場	

図-1 三番瀬周辺海域における環境変化の変遷

* 学生会員 修(環) 東京大学大学院 新領域創成科学研究科環境工学専攻

** フェロー 工 博 東京大学教授 大学院新領域創成科学研究科環境工学専攻

*** 正 会 員 博(工) 東京大学講師 大学院新領域創成科学研究科環境工学専攻

**** 正 会 員 工 博 東京大学教授 大学院工学系研究科社会基盤工学専攻

***** 正 会 員 工 博 (株)アイ・エヌ・エー

至るまで埋立、地盤沈下、汚濁負荷の流入などによる様々な影響を受けており、その変遷は底質コアに履歴として記録されているものと考えられる。

3. 底質コア試料採取および分析法

(1) コア試料採取

図-2は、底質のコア試料採取地点を示したものである。まず、地形・底質環境の変遷と変化傾向を調べるために、●点のSt.1~St.5におけるコア試料採取を2002年4月と5月に実施した。また、○点は参照地点とした浦安市埋立地に沿う20地点(No.1~No.20)で、同年11月にコア採取した。2003年(9, 10, 12月)には、現況の表層の中央粒径分布を調べるために▲で示した18地点において表層試料を採取した。

底質試料採取には、内径5cm、長さ2mのポリカーボネイト製パイプとエクマンバージ型採泥器(グラブサンブラー、採泥面積0.05m²、離合社製)を用いた。これらによって柱状コア試料と表層約2cmの試料を採取した。これを実験室に持ち帰って、以下のような種々の分析を行った。

(2) 分析方法

中央粒径と含水率は、底質の性質を特徴付ける基礎的な要素である。中央粒径の測定にはレーザ回折式粒度分析測定装置(島津製作所製、SALD-3000S)を用いた。含水率は、底質試料を105°Cの乾燥機で24時間以上乾燥し、堆積物中の土粒子に対する水の質量比を百分率で示したものである。自然状態での含水比には、底質の状態や種類と密接な相関性があり、概略的に圧密沈下などを知ることも可能である。

堆積年代推定を行うために、放出率84%の622 keVのγ線を検出することによりセシウム-137(¹³⁷Cs)を測定した。セシウム-137は半減期30年の放射性核種であり、核実験の影響で東京湾では1986年と1963年に降下量のピークがあったことがわかっており、鉛直分布のピークにより年代推定に利用できる。測定器は、γ線検出

器(米国ORTEC社製、GMX 29 P HP-Ge)とSEIKO EG&G社製のSpectrum Navigatorを用いた。

堆積物から猫実川河口における下水道処理水の暫定放流の影響を調べるため、強熱減量と全炭素量の測定を行った。海洋堆積物中の有機物総量を知る方法として、強熱減量があるが、これは簡便法であり、より確実な方法は有機物の燃焼によって生じる二酸化炭素を測定するCN分析が一般的である。本研究では、MT型CNコーダー(ヤナコ製)を用い、全有機炭素量を測定した。この値は堆積物に含まれている有機物の起源を論ずる場合に有用である。(日本海洋学会編, 1986)

猫実川からの淡水流入の履歴調査には、粘土混濁水中の電気伝導度測定を用いた。電気伝導度は、物質の電気伝導性を表す量で、水溶液中の溶存イオン量にほぼ比例し、電気伝導度により無機イオンの総量を推定することができる。一般に水質の性格を決めるには陽イオンよりも陰イオンを分析する方が有利である。特に、自然水に含まれている陰イオン量は淡水に比べて海水の方が多いことから、本研究では粘土に含まれる陰イオンの量に着目した。粘土混濁水中の電気伝導度測定値は硫酸イオンに依存していることから、その定量の結果によって古堆積環境推定に有効であることが実証されている。(例えば、日本第4紀学会編, 1998)

測定手順は、まず、試料を乾燥した後、純水を加える。次に、攪拌した試料を静かな場所で一時間以上放置し、粘土粒子を沈殿させる。そして、上澄み液の電気伝導度を測定する。測定は攪拌後1時間経過後と5日経過後の2回行い、値の変化がなければ後者を測定結果として採用し、大きく変化した場合は再測定を行う。

さらに底質環境を生物からも分析するために、堆積物中の貝殻質量を測定した。生物は様々な環境に対して生息可能な範囲を持っており、海域の底質が堆積した当時の環境を推定できる。

4. 試料分析の結果および考察

(1) 三番瀬の底質現況の把握

図-3は浦安市側三番瀬周辺の埋立の歴史と現在の地形を示し、さらに棒グラフは24地点における表層の中央粒径平均値である。これによれば、三番瀬内でも、猫実川河口周辺のみで中央粒径が小さく13μmから50μm程度であったため、この海域が三番瀬内で唯一泥質環境となっていることがわかる。一方、そのほかの海域は、地形形状が単調で底質は砂質であった。また、浦安市側の中でも岸側と沖側とで粒径の顕著な違いがあることがわかり、それが生物の生息環境に大きな影響を与えていると考えられる。

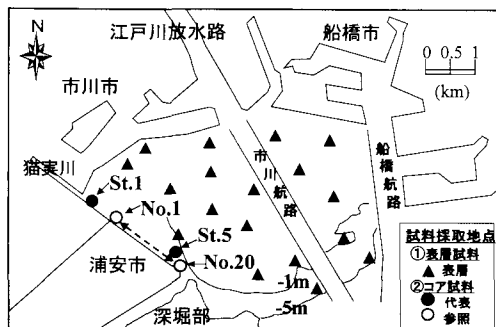


図-2 三番瀬海域および底質試料採取地点

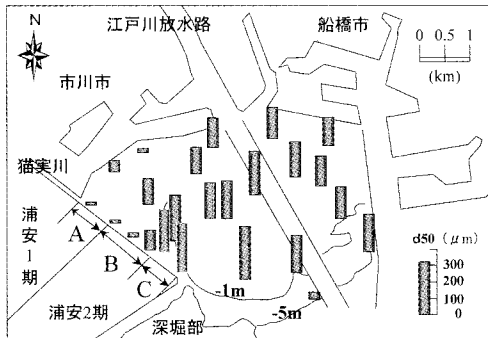


図-3 中央粒径平均値の平面分布

(2) 浦安市側三番瀬の中央粒径及び自然含水率

図-4に示す現在の浦安市側三番瀬の海底地盤高(2003年2月)をみると、全体的にA.P.0m以下の場所が多く、中央部が低い。この地盤に沿う中央粒径の分布は、岸側から沖側にいくほど増大する傾向が見られる。また、表層堆積物を構成する泥層の自然含水率は、猫実川河口および中央の方が浦安市日の出に比べて高い値を示す。この値は、シルト質の底質に分類されるとともに軟弱泥層を意味する。そのため、圧縮性が高く、透水性が低いので、猫実河口・中央付近では圧密沈下がゆっくり進行している可能性がある。

(3) 猫実川河口における処理水影響の比較検証

強熱減量の鉛直変化を見ると図-5に示すように猫実川河口の代表地点 St.1 においては、深さ約 20 cm において大きく、この深度において有機物含有量が高い。このような傾向は、同地点周辺で行った CN コーダーによる炭素量分析結果においても見られる。この強熱減量・炭素量のピークは 1990 年をピークとする下水道処理水の暫定放流により、BOD 値の高い水が入り込んだためと推定される。

一方、粘土混濁水の電気伝導度は、猫実排水機場が完

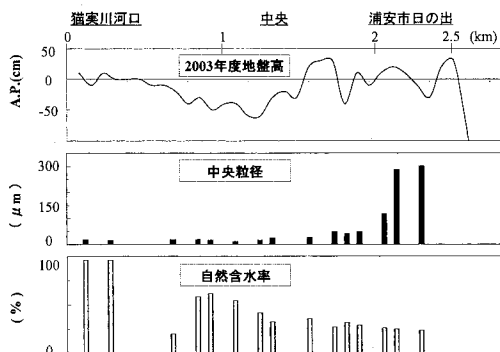


図-4 中央粒径及び自然含水率の分布

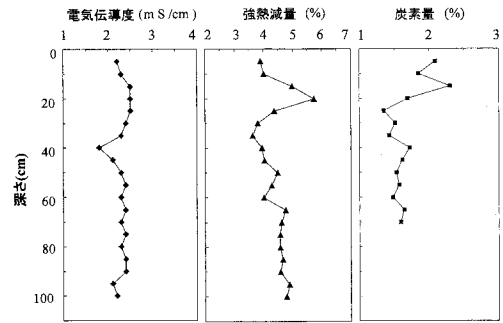


図-5 A 海域代表地点 (St.1) における電気伝導度、強熱減量、炭素量の鉛直分布

成された 1975 年から 1990 年代後半までに、ポンプ水門操作により河川水が海域に流入したことや、1981 年から 1990 年までの処理水の暫定放流により、淡水流入が一時急増した。深さ 40 cm の極小値は、その原因によるものと推測される。

(4) 天然干潟域近傍における底質と堆積構造

図-6は、浦安側天然干潟域における堆積過程を明らかにするために分析した、天然干潟域の St.5 (図-2参照)における中央粒径、セシウム-137、強熱減量、貝殻量の鉛直プロファイルである。

中央粒径には深さ約 40 cm 及び 70 cm に、核実験による 1986 年、1963 年のセシウム-137 のピークが顕著に見られる。また、天然干潟域の St.5 では、明らかに埋立工事 (1965~76 年) の際に形成された泥質層のこん跡が見られ、セシウム-137 のピークによって推定された 1963 年より上の層になるため、セシウム-137 によって推定された年代と整合する。以上のことから、浦安市側天然干潟域近傍における埋立前後の堆積過程が推定可能になった。この際に、埋立前後における中央粒径の差が約 100 μm あるが、その理由としては、主に埋立に伴う潮流や海浜流の流速増大の影響が考えられる。また、生物量と強熱減量および粒径は、相関関係が見られた。このことから、埋立による流況の変化が生物相に対しても大きな影響を及ぼしたことが明らかになった。

(5) 年代推定・中央粒径の結果

図-7は各コアの粒径の鉛直分布と上記の諸指標による推測年を示している。この結果から三番瀬の埋立地近傍は特性の異なる 3 つの海域に区分され、猫実川河口周辺の A 海域では埋立前後ともにシルト質となっている。これは、埋立前後に関わらず、共通に局所波高が小さいためと考えられる。一方、中央付近の B 海域は埋立を境に細砂からシルト質に変化した。これは、埋立地の遮蔽効果により波の外力が小さくなったためと考えられる。また、埋立地突端付近の C 海域では埋立時にシルトが堆

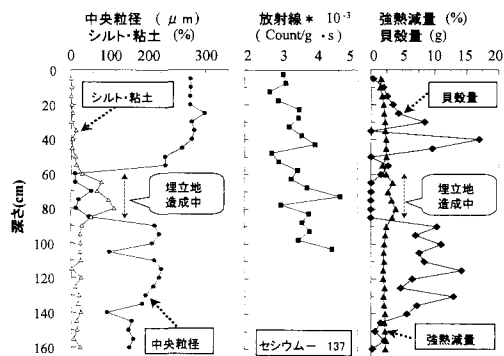


図-6 St.5における中央粒径・セシウム-137・強熱減量・貝殻量の分布

積した後、粗砂が堆積するようになった。これは地盤沈下に伴う水深増加によって外力が増大し、残留する底質粒径が大きくなったためと考えられる。三番瀬の前置斜面が侵食されていることから、前置斜面の底質が選択的にこの海域に堆積している可能性が高い。

(6) 埋立以降の堆積構造

図-8は、埋立直後の1986年から2003年度の海底地盤までの堆積構造を示した。A, B, Cの海域を比べてみると、AとB海域の一部のD海域で堆積変化が小さい。これは、猫実川からの河川流入が遮断され、土砂供給がなくなったことが原因と考えられる。現在の土砂供給は、主に江戸川放水路からの洪水時の出水に依存している。従って、今後D領域は海底地盤の上昇は見込めない。また、C海域で地盤の高い分布が広がり、その背後がより静穏な海域になる可能性がある。

(7) 底質変化

図-9は底質変化を模式的に示したものである。この図からA, B, C海域の埋立前後の底質変化をみると、A, B域は、埋立後からシルト質の範囲が広がった。また、泥質性と砂質性の底生生物の生息環境が変化しており、特にB海域において、底生生物への影響が大きいと考え

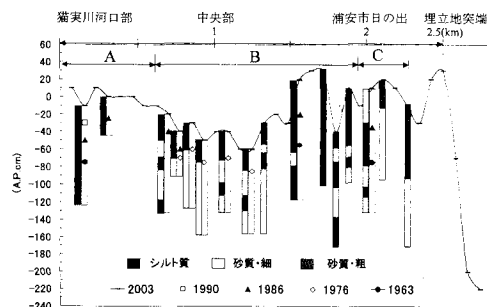


図-7 年代・中央粒径測定結果

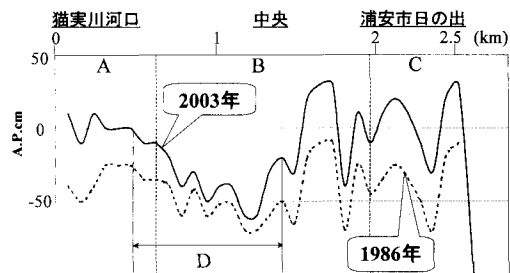


図-8 堆積構造

られる。

(8) 浦安市干出域の地形変化の考察

図-10に浦安市干出域とその周辺の現在と過去の深浅図を示す。深浅測量のデータを比較すると浦安市日の出域付近から東に伸びるA.P.0 mの干出域は、1986年から1991年の間に埋立地の近くから堆積が始まり、2000年には細長い砂洲が形成されるが、2003年には地盤高が低下して干出域の面積が減少している。この干出域を形成している土砂は前置斜面から供給されているものと推測される。また、斜面上部の砂は、深掘部へも崩れ落ちていたため、この部分の侵食によって現在の地盤が後退し、三番瀬の浅海域が狭くなりつつある。また、これからの干出域は、砂洲三番瀬に入射する波浪を減衰させて、三番瀬沖をより静穏な海域にしている。

5. 結論および今後の課題

底質コア試料の分析により、三番瀬における埋立地近傍の底質の堆積過程の変化を明らかにした。猫実川河口部のA海域のみならず、中央部のB海域もシルト堆積域に変化していることから、シルト質の底質に対応した底生生物の生息場が増加し、反対に砂質に対応した生息場は減少していると考えられる。埋立地突端付近のC海域においては粗砂の堆積によって砂洲が形成され、三番瀬に入射する波浪を減衰させてより静穏な海域にしている

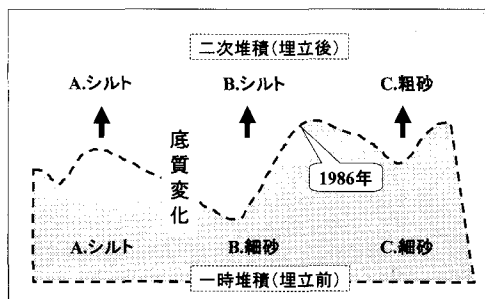


図-9 底質変化の模式図

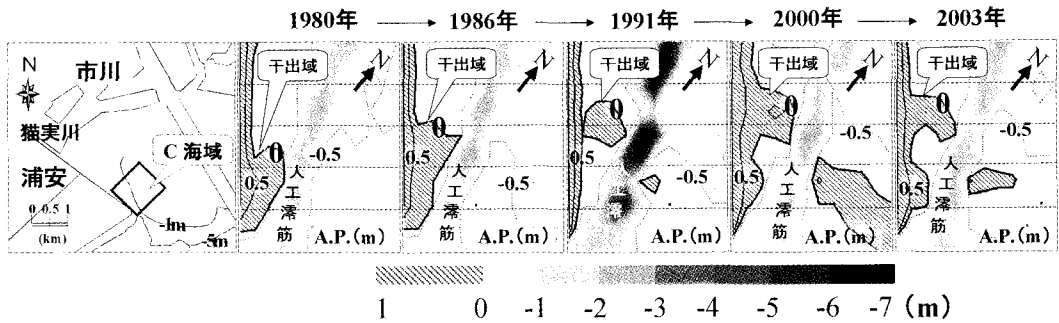


図-10 C 海域の海底の地形変化図

が、この土砂は前置斜面から供給されているものと推測され、この部分の侵食によって三番瀬が狭くなりつつあることが明らかとなった。

一方で、今回の C 海域の深浅測量を詳細にみると、侵食傾向と堆積傾向にある期間が見られるなど、その変化の原因は複雑なものである。また、その変化を引き起こす原因についても、十分に把握できているとはいえない状況であると考ええる。このため、今後とも継続的に調査を続け、三番瀬の地形の変化について常に正確な把握をしておくことが、三番瀬の環境再生の基礎として重要であると考えられる。

謝辞：この研究は日本学術振興会科学研究費基盤 S (14102026) の援助を受けて行った。ここに記してお礼申し上げます。

参 考 文 献

- 呉 海鍾・磯部雅彦・佐藤慎司・渡辺 晃 (2003): 東京湾三番瀬の猫実川河口における底質環境の現地観測, 海岸工学論文集, 第 50 巻, pp. 1046-1048.
- 千葉県土木本部・千葉県企業庁 (1999): 三番瀬の環境の推移, 83 p.
- 日本第 4 紀学会 (1998): 第 4 紀試料分析法 II 研究対象別分析法, (財) 東京大学出版会, pp. 109-112.
- 日本海洋学会編 (1986): 沿岸環境調査マニュアル (底質・生物編), 恒星社厚生閣, pp. 57-58.