

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

呉 海 鍾*・磯 部 雅 彦**・佐 藤 慎 司***・渡 辺 晃***

猫実川河口周辺の三番瀬の底質環境に焦点を絞り、底質の堆積過程を明らかにするために、6 点でコア試料を採取し、粒度分布や、強熱減量などの底質分析、ならびに鉛-210 とセシウム-137 の放射線強度分布の測定を行い、最近の 30 年間程度の堆積過程を推定した。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が明らかになった。また、同地域は、過去に地盤沈下が進んでおり、対象海域でも地盤高低下の傾向がみられたが、同時に埋立の後土砂の堆積も進行していることがわかった。

1. はじめに

三番瀬は、東京湾北部の浦安市、市川市および船橋市の地先に位置する浅海域であり、過去には広い干潟であった。この海域では、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いる。1980 年代当初、三番瀬では千葉県によって市川二期地区・京葉港二期地区の埋立 740 ha が検討されたが、1999 年には湾岸道路・下水道終末処理場・新しい街づくりの事業のための埋立計画として 101 ha に縮小した案が提案された。しかし、2001 年に千葉県知事が埋立計画を白紙に戻すことを表明するとともに、三番瀬再生計画検討会議（通称三番瀬円卓会議）を設置し、再生の議論が活発に行われている。

その中で、ヘドロ化した猫実川河口の周辺はますます環境が悪化しているので人工干潟に造成し直すべきだとの考えと、猫実川河口の海域も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は、最も大きな対立点の一つとなっている。この対立を解決するための一助として、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、特に底質環境は底生生物の生息を支えるなどの点で重要な要素である。深淺測量は地形環境を明らかにするための基本的かつ最重要な調査であるが、土砂の堆積・侵食に加えて地盤沈下も起こったこの海域においては、それだけでは底質環境を十分に理解することはできない。そこで、本研究においては、現地コア試料の分析により、各種因子の時間的変化を堆積物中にみることにより、底質環境を明らかにすることを目的とした。そのため粒径分析などの物理試験にとどまらず、強熱減量や放射線強度の測定も行い、結果を総合的に判断することにより、底質の堆積過程を明らかにすることに努めた。

2. 三番瀬の歴史的経緯

まず、三番瀬の変遷を示す既存資料を収集し、これまでの知見をとりまとめた。図-1 と図-2 は三番瀬周辺の埋立の経緯および現在の地形などを示したものである。本海域は、1950 年頃には広い干潟があったが、1960 年代から 1970 年代後半の開発事業が活発に行われた時期に埋立によって多くの干潟域が消失した。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。

その結果、現在の三番瀬ではごく一部が大潮時に干出するだけであり、残りは常時水没している浅海域となっていて、全体で約 1,600 ha の海域である。A.P.-1 m 以浅の範囲が陸岸から沖合 3~4 km まで広がっており、非常に緩やかな勾配であるが、その先に A.P.-5 m に至る相対的に急勾配の前置斜面が続いている。

また図-2 に示すように、三番瀬では、猫実川河口へ下水道処理水の暫定放流を行っていた。1981 年から 1990 年までには、淡水流入および流入負荷が一時的に増加したが、処理水の放流が終了してからは放流前のレベルに戻った（図-3）。ここは近年泥質化したと言われている。

3. 底質コア試料採取および分割法

(1) コア試料採取

図-1 の○点は、底質のコア試料採取点を示したもの

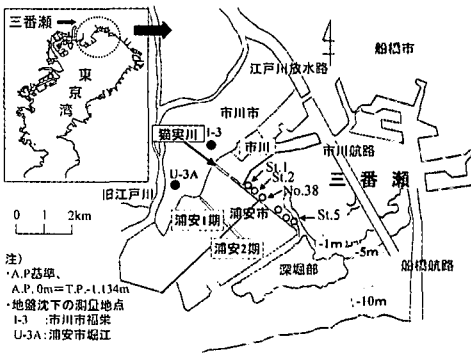


図-1 三番瀬海域およびコア試料採取地点

* 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 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

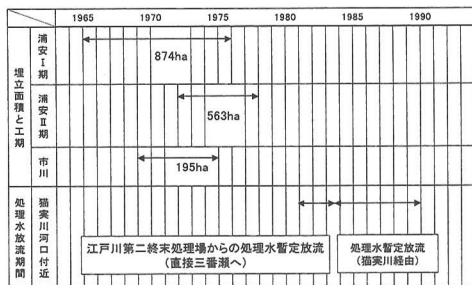
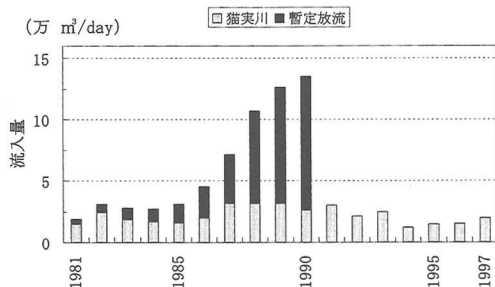


図-2 三番瀬周辺海域における埋立および下水道処理水の放流の推移



注) 暫定放流水は、1981、1982年には三番瀬に直接流入、1983～1990年には猫実川を経由して流入。

図-3 三番瀬猫実川河口部への淡水流入量の変遷

である。猫実川河口のコア試料採取は、2002年4月28日に St.1, St. 2, St.3 の地点、また参照地点とした浦安市の埋立地突端では、2002年5月26日に St.4, St.5 地点と同年8月17日に No.38 地点を実施した。また、猫実川河口の堆積状況を明らかにするために、浦安市の埋立護岸に沿った分布点での採取も行った。

図-4 は、コア試料採取作業とコアの写真である。コア採取には、内径 5 cm、長さ 2 m のポリカーボネイト製パイプを用いた。これを海底に打ち込み、上部にゴム栓をして引き抜くことで負圧により柱状底質を採取した。これを実験室に持ち帰って、分析を行った。

(2) 分割方法

図-5 は、コア試料の分割方法を示す。パイプを鉛直に固定し、上部のゴム栓を取り外すことで、自重により落下する試料を、下のビニール袋に入れた。これを水平台の上でビニール袋ごと切って、厚さ 5 cm のスライス試料を作成した。

その後、試料を約 110°C で十分に乾燥させた後、種々の測定を行った。

(3) 粒度分析

対象海域の底質の基本特性を調べるために、まず、粒度分析を行った。測定には、レーザ回折式粒度分析測定装置 (SALD-3000 S) を用いた。

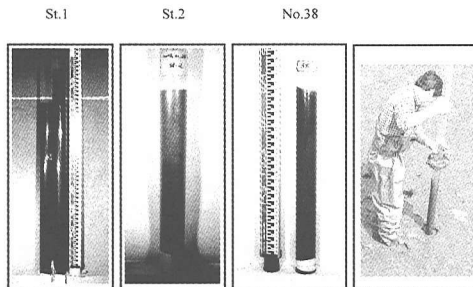


図-4 コア試料および採取作業の写真

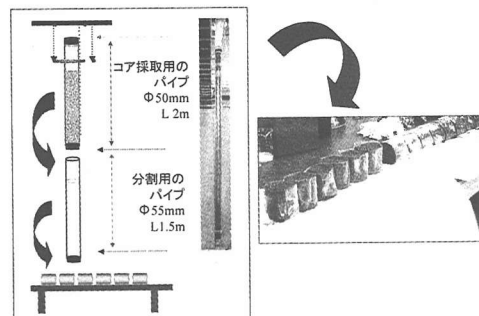


図-5 コア試料の分割方法

(4) 強熱減量

下水道処理水の放流の影響を主に調べるため、強熱減量測定を行った。強熱減量は有機物含有量が多い堆積物を見分ける指標であり、炉乾試料を蒸発皿に入れ、徐々に約 600°C にまで加熱することにより減量した質量を測定した。

(5) 鉛-210

鉛-210 (^{210}Pb) は半減期 22.3 年であり、自然の大気中に一定の割合で存在するため、侵食を含む攪乱が起らずに堆積傾向が続けば、堆積後の崩壊により深さ方向に放射線強度が減衰することになる。本研究では、SEIKO EG&G 社製の Spectrum Navigator を用いた。γ線検出器には、米国 ORTEC 社製の GMX 29 PHP-Ge 検出器を使用している。

測定手順としては、各試料の質量を計測し、その後アクリル製の容器に整形し、γ線スペクトロメータを用いて 1 サンプルにつき 24 時間の測定を行い、単位時間 (1 秒)、単位質量 (1 g) あたりの γ線量を計算した。

(6) セシウム-137

セシウム-137 (^{137}Cs) は半減期 30.07 年で、放出率 84% の 622 keV の γ線を放出する。 ^{137}Cs は、試料の化学処理を行わずに容易に測定でき、 ^{210}Pb と同時測定も可能である。通常 ^{137}Cs が見出される最深の深さは核実験が始まった 1954 年、ピークは 1963 年、さらに最近のピークはチェ

ルノブイリ原子力発電所の事故により ^{137}Cs が放出された1986年となる。したがって、 ^{137}Cs 法は1954年以降の堆積物すなわち比較的表層の堆積物の年代推定のみに適用が可能である。

(7) 生物遺骸測定

生物は種のそれぞれが様々な環境(水温・水深・塩分濃度・溶存酸素量など)に対して生息可能な範囲を持っている。したがって、堆積物中の生物遺骸を調べることで、その海域の底質が堆積した当時の環境を推定できる。

本研究では、堆積物の中の貝殻や根に加えて、生物ではない礫をも対象にし、鉛直分布量を調べることにした。このため、まず乾燥した試料を2mmのふるいにかけて残ったものを水で洗った後に再び乾燥させ、それを貝殻、根、礫に分類してそれぞれの質量を測定した。

4. 試料分析の結果

(1) 中央粒径の分布

図-6はコア試料の中央粒径分布である。猫実川河口のコア試料(St.1)についての粒度分析結果では、滑らかな粒径加積曲線をもつ粒度分布で、特定の粒径に偏することはない。ここでの中央粒径は、周辺の埋立の影響で波・流れが変化したにもかかわらず、深さ方向にほぼ一様である。No.38の地点の試料には、埋立地造成の前の砂質とその後の泥質の堆積層が見られ、その境界は深さ約30cmにある。また、浦安市埋立地の突端に向かっては中央粒径が大きくなる傾向が見られた。このことから、浦安埋立地中央部前面では、埋立前の砂質環境から埋立後には泥質の堆積環境に変化したこと、および埋立地突端付近では埋立中に流出した泥質が沈降してから、埋立後には砂が堆積したことがわかる。

(2) 強熱減量および貝殻・根・礫の分布

図-7にSt.1, St.2およびNo.38における中央粒径、シルト・粘土分、強熱減量、貝殻・根・礫の混入量、鉛-210・

セシウム-137の放射線強度の鉛直分布を示す。調査地点St.1における地層構成は、概ね海底表面0~25cm, 25~45cm, 45~100cmに区別ができる。0~25cmでは、黒色で、臭気は殆ど無く、粘り気が強くてぶよぶよとした状態である。深さ約20cmにおいて強熱減量が高くなっているが、これは1981年から下水道処理水が暫定放流され、1990年に放流量がピークに達したことによると考えられる。25~45cm層では、上層に比べて砂が混入している。含水量は上層ほどではないが高い。45~100cm層では、特に60~80cmにおいて貝殻片の混入量が多い。

St.2でも、St.1と同様にシルト・粘土分が多く、中央粒径は約 $20\mu\text{m}$ で、深さ方向にはほぼ一様である。20~40cmには貝殻片が多い。

No.38では、表層から30cmまでは、黒っぽい臭気強い。30cmよりも深い部分では、中央粒径が $200\mu\text{m}$ と砂質化し、シルト・粘土分は下がる。サンプル中の遺骸を分別したところ、そのほとんどが貝殻である。

(3) 放射線強度の分布

セシウム-137放射線強度は、まず、St.1についてはピークが明確ではないものの、約40cmに最大値が現れている。また、その下層の約50cm, 65cmにも大きな値が見られる。St.2およびNo.38では、それぞれ約25cmおよび20cmにピークが現れている。

一方、鉛-210を見ると、深さ方向にいくつかのセグメントに分割すると各セグメントごとには、下層に向かって減少する。しかし、セグメントを越えると逆に急な増加が見られ、何らかの擾乱が起こったことが推測される。

(4) 海底地盤高の変化

図-8は、深浅測量結果から読み取ったSt.1に最も近い地点(距離 約1.8km)での海底地盤高の変動と、それに近い陸上2地点(図-1参照)での地盤沈下の経緯を示す。I-3地点を見ると、地盤沈下が著しい時期は1981年までであり、地下水の汲み上げ規制によりそれ以降は沈静化した。U-3A地点では、地下水汲み上げによる沈下とともに、埋立後の圧密沈下も起こっていたようである。さて、St.1の地盤沈下量はこれら2地点の中間的なものであったと推測される。この地盤沈下量を考慮して、St.1の海底地盤高の変化を見ると、1971年から1980年にかけて地盤沈下分以上に土砂堆積が起こったと解釈できよう。その後、1986年までに侵食が起こり、さらに2001年まで徐々に堆積した後に、2003年までは若干の侵食が見られる。

5. 考 察

(1) No.28における地形変化過程

No.38においては、深さ約30cmを境にして、粒径が大

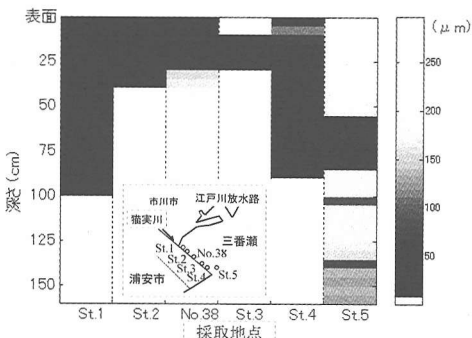


図-6 コア試料の中央粒径の鉛直分布
(下層の白色部分は試料がない)

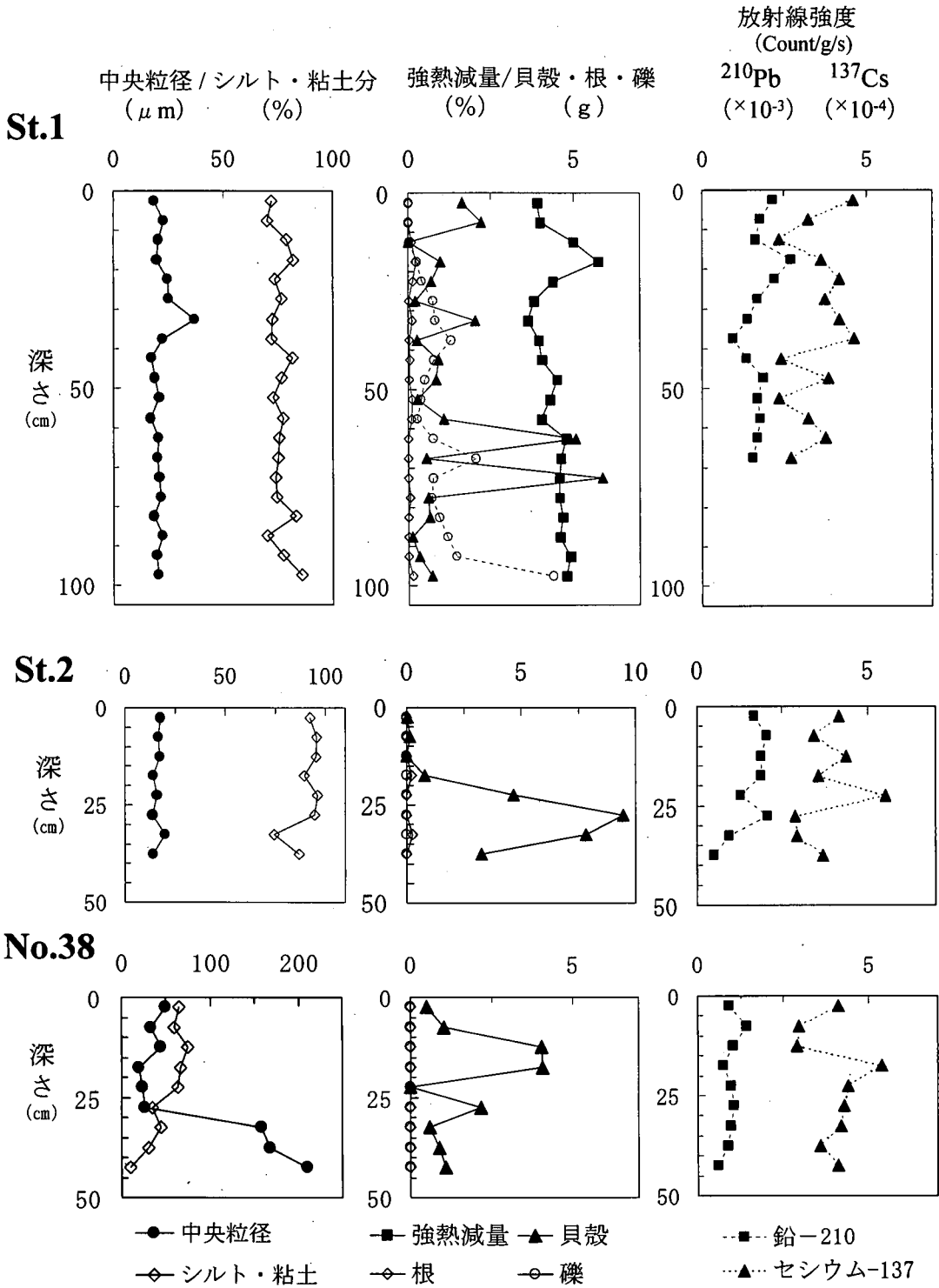


図-7 測定結果

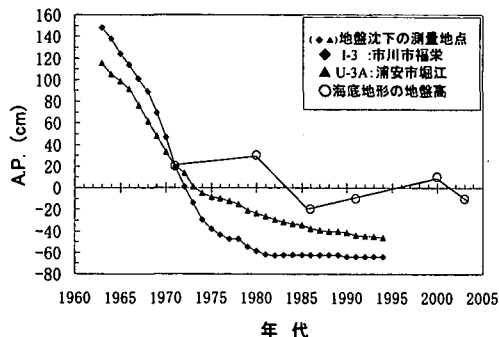


図-8 地盤沈下と海底地盤高の比較

きく変わっており、土砂堆積の環境が変わったことは明らかである。この地点は埋立II期の埋立地前であるから、表面から約30 cmの土砂が、埋立工事が完了した1978年前後以降に堆積したことは確実である。一方、約20 cmにセシウム-137放射線強度のピークが見られる。これは、チェルノブイリ事故があった1986年に対応するものであろう。鉛-210については、30 cm以深で単調に減少しているが、これは、過去に徐々に堆積が進んだことによるものと推定される。20 cm～30 cmに見られる増大は、埋立による擾乱と関係している可能性があるが、因果関係は不明である。また、約20 cmのセシウム-137のピークは鉛-210の極小と一致している。同じ現象が、St.1の約40 cmとSt.2の約25 cmでも見られ、何らかの共通性を示唆していると思われるが、具体的には不明である。

(2) St.1 および St.2 における地形変化過程

St.1 および St.2 では、深さ方向の中央粒径変化が顕著ではなく、埋立前の干潟環境においてもシルト・粘土分の多い底質であったと判断される。したがって、粒径だけでは地形変化過程を推測することができない。

そこで、セシウム-137放射線強度がピークとなるSt.1の約40 cmとSt.2の約25 cmに着目する。特にSt.2のピークは明確であり、これをSt.1の分布と比較すると、約40 cmが対応するピークと見られる。そこで、これを1986年に相当すると考えると、1976年に完了した浦安I

期の埋立時の地盤は、それより下にある。St.1の60 cm～80 cmには貝殻の多い層があり、また、セシウム-137放射線強度が若干高くなっていることから、このあたりが埋立前の地盤ではなかったかと推測される。また、約20 cmには、強熱減量のピークがあり、これは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考えられる。また、図-8に示す地盤高と地盤沈下との相対関係から見られる堆積・侵食により、1971～2003年に1 m弱の堆積があったと推定される。このようなことから、60～80 cmを埋立前の海底地盤面、40 cmを1986年前後、20 cmを1990年前後とし、埋立前から現在までに、60～80 cmの堆積があったと推定するのが、現在のところ自然であると思われる。

6. 結論および今後の課題

猫実川河口では、埋立前後を通じてシルト・粘土分が堆積していた。これらの堆積物質の中央粒径は小さいが、必ずしも有機物が多いというわけではなく、ヘドロ化しているとは言えない。埋立時と現在との間での堆積層厚は、60～80 cm程度と推定される。

堆積年代の推定にセシウム-137放射線強度測定を用いるのがある程度有効であることがわかったが、堆積年代を判定するには根拠となる情報がまだ不足している。今後、多くの点でより深くまでの分析を進めるなどして、検証を行っていく必要がある。

謝辞：この研究は科学研究費（基盤S）を用いて行った。また、No.38地点のコア試料の提供で、千葉県庁の三番瀬担当の小倉氏にご協力を頂いた。ここに記してお礼申し上げます。

参考文献

- 三番瀬再生計画検討会議 (2002): 三番瀬の再生に向けての中間とりまとめ, 16 p.
- 千葉県土木本部・千葉県企業庁 (1999): 三番瀬の環境の推移, 29 p, pp. 33-37.
- 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. 91-95.