

関西国際空港周辺海域での底質の現地観測と変遷

白石修章* ・伊藤弘樹**・宮本六男***
雑賀修一****・中辻啓二*****

1. はじめに

関西国際空港は周辺環境を保全する観点から、建設工事中、供用開始後において、水質、底質、海生生物、大気質、騒音等の監視調査を行ってきた。

その監視調査の一環として 17 年間にわたり実施された空港島周辺海域における底質の調査結果をとりまとめたところ、興味深い変化が認められた。すなわち、空港島 I 期工事着工前の 1986 年 8 月に空港島周辺の底質においてシルト分の増加・粘土分の減少の粗粒化がみられ、その後 7, 8 年をかけて緩やかに微粒化していることが明らかになった。

本報告は、大阪湾を場とした様々な人為的・自然的要因の中からこの粗粒化現象を惹起し得る要因について、種々のデータ等を基に検討を行うものである。

2. 底質の変動状況

2.1 調査方法

大阪湾泉州沖に位置する関西国際空港周辺海域における、底質の経時変化を把握するために、工事着手前の 1983 年 8 月から 1985 年 1 月の間の計 4 回の事前調査と、環境監視として 1986 年 8 月以降 2000 年 2 月まで約 3 ヶ月毎に実施された調査結果を整理した。

環境監視調査における底質の調査点は、図-1 に示す空港島護岸から約 1 km 離れた 4 点である。但し、工事着手前の事前調査及び 1999 年 5 月以降はこの 4 点と厳密には一致しないが、最近傍の調査点を対応させた。

底質の採取方法は調査期間を通じて統一されており、調査船上からスミス・マッキングタイヤ型採泥器（採泥面積約 0.05 m²、採取深さ 0.2~0.3 m）を用いて 3 回採泥を行い、分析試料とした。分析項目は、含水率、粒度組成、強熱減量、硫化物、COD、T-N、T-P 等であり、それぞれ所定の分析方法に従って分析を行った。

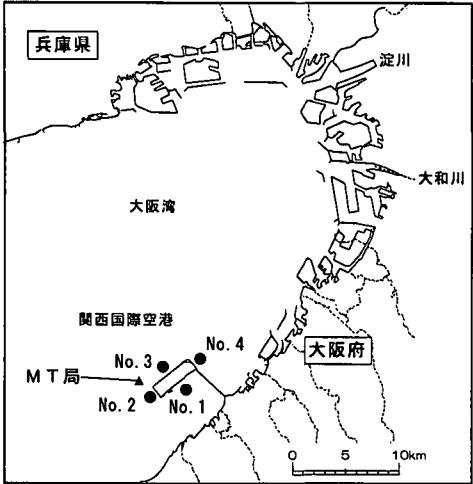


図-1 調査地点位置図

2.2 調査結果

a) 粒度組成：1985 年 1 月以前は、粘土分とシルト分の比率が約 50% とほぼ等しい状態であったが、1986 年 8 月には、シルト分が 80% 前後、粘土分が 20% 前後と急激な粗粒化が起こった。その後 1993 年までの 7 年間は、緩やかな微粒化が認められた。また、1993 年から 1995 年 2 月にかけては、1985 年 1 月以前と同様にシルトと粘土の比率がほぼ等しい状態にあったが、1999 年 5 月に、再びシルトの増加がみられる（図-5 参照）。

b) COD：1985 年 1 月以前は、20 mg/g 乾泥前後であったが、粗粒化と同時期の 1986 年 8 月に 35 mg/g 乾泥前後と急激に増加している。1986 年 11 月以降 1993 年にかけては、変動はあるものの、相対的に漸減傾向を示している。その後、1993 年から 1998 年 2 月にかけては明確な傾向はみられないが、1998 年 8 月に 30 mg/g 乾泥と高い値を示している（図-2 参照）。

c) 硫化物：粒度組成や COD とは異なり 1986 年 8 月までの 0.7 mg/g 乾泥前後から 1986 年 11 月~1987 年 2 月の短期間で 0.2 mg/g 乾泥程度まで低下し、それ以後 1992 年頃までの 6 年間かけてやや増加している。

d) 強熱減量：1987 年 11 月にやや高い値を示しているが調査期間を通して、変化が小さかった。

* 正会員 工修 関西国際空港(株) 建設事務所 次長
.. 関西国際空港(株) 建設事務所 調査課 係長
*** 正会員 (株)パスコ 総合環境センター 副所長
**** (株)パスコ 総合環境センター 技術二課 専門課長
***** 正会員 工博 大阪大学教授 大学院工学研究科 土木工学専攻

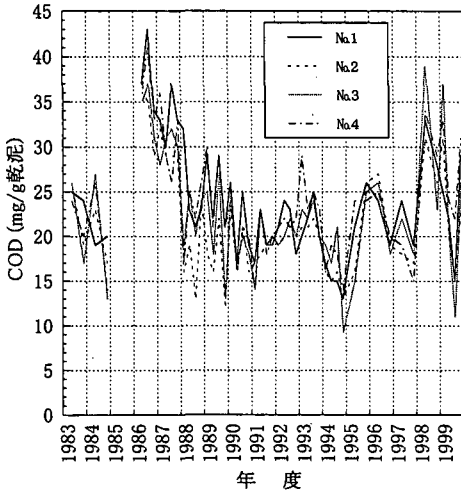


図-2 CODの経年変化

e) 全窒素：1990年2月, 1999年8月にやや高い値, 1998年2月にやや低い値を示しているが, 調査期間を通じて明確な傾向はみられなかった。

f) 全リン：1985年1月以前は0.5 mg/g 乾泥前後であったものが, 1986年8月に0.7~0.8 mg/g 乾泥に変化している。また, 1988年11月~1989年2月にピークがみられ, その後は横ばいまたは低下傾向を示した。

3. 底質変動要因の検討

一般的に浅海域における底質は, 多様な要因に起因する堆積作用や侵食作用の変動により変化している。三村(1990), 栗原(1988)らが浅海域における底質を変化させるとして揚げた要因を再整理すると, 自然的, 人為的なものを含め次のようになる。

a) 堆積作用の要因

- a. 河川からの流入負荷
- b. 沿岸域の工場, 事業所からの負荷

- c. 海域の埋立, 土砂運搬等工事
- d. プラントン等生物の遺骸の沈降
- e. 波浪 f. 流れ(潮流等)
- b) 侵食作用の要因
- g. 波浪 h. 流れ i. 海域の浚渫工事等
- c) 攪乱作用の要因
- j. 漁業操業の影響

これらの要因の中で, b. については, 工場, 事業所等からの排水が一時的に変化することは一般的には考えにくく, また, 今回の測定位置が4~7 kmの沖合であることを考慮すると原因にはなり得ない。

d. については, プラントンの発生状況によっては底質にある程度の影響を与えることは考えられるが, 赤潮の発生件数をみても1986年前後に大きな変化がない(大阪府水試, 1985~1998)ことから, 原因とは考えられない。

以上のことから, 本検討課題の原因となる可能性があると考えられる項目はa, c, e~j. の8項目である。この内, c.とi.は人工的な地形改変の直接的な影響, f, h. は地形改変の間接的な影響により, 底質への影響が考えられる。このため, これら4項目は埋立, 浚渫工事等による影響の1つとして考えることとした。以下に, これらの要因について空港島周辺の状況について検討し, 底質の変化と関連づけて考察する。

j. については大阪湾(泉州海域)において鋼製の爪のついた石桁網が用いられているが, 当該空港着工前に石桁網漁が平常時より頻繁に周辺海域で行われたか否かを確認するデータはない。

3.1 海域の埋立, 浚渫工事の影響

関西国際空港は大阪湾泉州沖5 km, 平均水深約18 mの海域において, 1987年1月護岸築造から着手された。着工前は測量槽の建設等の小規模な工事と試験工事が行われたのみである(図-3参照)。

空港島工事の工程と粒度組成の変化とを対比すると,

工事の分類	工 種	1985年	1986年	1987年	1988年	1989年	1990年	1991年
護 岸	①敷砂							
	②サンドドレーン							
	③サンドコンパクション							
	④敷砂, 盛砂(山砂投入)							
	⑤捨石							
造 成	⑥直投							
	⑦揚土							
連絡橋	⑧床掘							
	⑨敷砂, 埋戻(海砂投入)							
粒度組成の傾向		急激な粗粒化		緩やかな微粒化(1993まで)				
工事の状況		測量槽設置試験工事等			1期工事着工		人工島造成終了	

図-3 空港島1期工事の工程の概略及び粒度組成の傾向

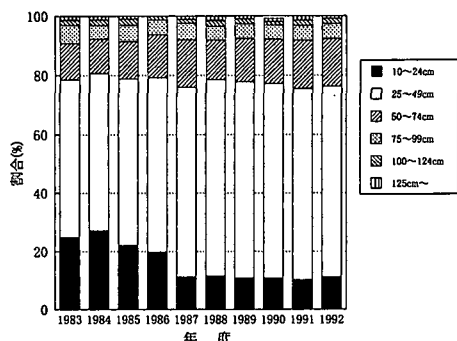


図-4 MT局における有義波の波高別出現頻度

いずれの工事でも着工時期は、粒度組成に大きな変化が認められた1986年8月以後であることが判る。従って、少なくとも1985年1月～1986年8月に生じた急激な底質変化（すなわち粗粒化）の要因にはなり得ない。

その他、埋立、浚渫を伴う大規模工事は行われていないことを考慮すると、当該底質変化が埋立、浚渫工事に起因している可能性は低いと考えられる。

3.2 波浪の影響

a) 年次別波高別発生状況

波浪状況の年による違いを比較するため、空港島南西側に設置された観測局（MT局）における有義波高の波高別出現頻度の年間集計値を図-4に示す。底質を移動させ得る波高の高い方の波浪については、1983年以降大きな変化はなく、粒度組成の変化の大きい1985～86年も出現状況に著しい違いは認められなかった。

b) 波浪による底泥の巻き上げ

波浪による底泥の巻き上げについては、発生することが確認されている（白石ら、2000）。しかし、その発生の頻度が非常に低いことからその影響は小さいものと考えられる。

以上の考察から、空港島周辺の水深、底泥含水量のもとで高波浪時には底泥の巻き上げが生じ得るが、I期工事着工直前における周辺海域の底質粗粒化の原因が波による巻き上げ現象である可能性は低いと考えられる。

3.3 河川からの流入負荷について

空港島は大阪湾の南東部に位置する。大阪湾に流入する河川では、空港島から約30kmの位置にある1級河川淀川からの淡水流入量が最も大きい（日本河川協会、1985～1999）。

ここで、淀川流量、周辺海域の上層濁度、ならびに粒度組成との関係を図-5に示す。

a) 流量の比較

淀川の枚方流量観測所における1983年から1997年の日平均流量観測値を整理すると、最も出現頻度の高い平均流量は100～200 m³/sで、200 m³/s以下の出現日が約

63%を占めている。一方、日平均流量が1000 m³/sを超える日は全体の2.6%となっており、1000 m³/sを超える日をここでの出水日と定義し、出水状況の比較を行った。

図-5の上段に示すように1983年から1997年の間で日平均流量が1000 m³/sを超える日は、延べ132日間もあり、出水期としては19回あった。出水日数、出水日の総流量ともに、1985年6～7月には最も大きな値を示し、対象期間中で最大規模の出水があったものと考えられる。ついで、1997年7～8月、1993年6月～7月、1995年5月における規模が大きくなっていた。

b) 出水時の海域の水質変化

海域の濁度について、1983年～1998年3月における大阪湾内の公共用水域水質測定点の測定値（大阪府、1985～1998）より、空港島周辺海域での経時変化をみたところ、図-5の中段に示すように1985年7月に上層で、15度と著しく高く、1983年から1998年3月までの15年間における最高の値となっていた。

なお、濁度の測定は1回/月の頻度で行われているが、1985年、1995年、1997年の出水時は出水期間中での測定、1993年の出水時は出水期間後の測定であった。

c) 河川の流入量、海域水質および粒度組成の関係

河川流量および海域の濁度の変化から推察すると、空港島周辺海域の底質調査が開始された1983年以降1997年まででは、1985年6～7月、1997年7～8月に河川から大量の出水があった。1985年の出水時期は、粒度組成の変化が顕著な1985年1月と1986年8月の間にあたる。また、1997年の出水後の1998年5月調査結果も、やや粗粒化したことが示されている。以上のことから、流入負荷の増大期と底質の大きな変化の時期が対応していることが分かる。

3.4 内湾の長期的変動について

1984～1986年の急激な底質の粗粒化の後には、1986～1994年までの8年間で粘土分が20%弱から60%弱まで増大する（図-5参照）という緩やかな微粒化が続いている。この間、4回あった200,000万 m³以下の洪水で緩やかな微粒化が一時的に若干粗粒化する短期変動が見られる。

調査休止中の1997年に流量250,000万 m³（1985年の洪水と同程度）の洪水があり、調査再開後の1999年には粘土分が30%程度へと粗粒化している。

一方、淀川の流量データを見ると、本調査開始以前の1972年までの10年間では、150,000～200,000万 m³の洪水が4回記録されている。

よって、本調査海域の底質は、10年に1回程度の規模の河川流入負荷等による大撹乱により一旦粗粒化しても、大阪湾における波、流れ、新生堆積物等他の要因により安定化の方向へ向かう傾向が認められる。

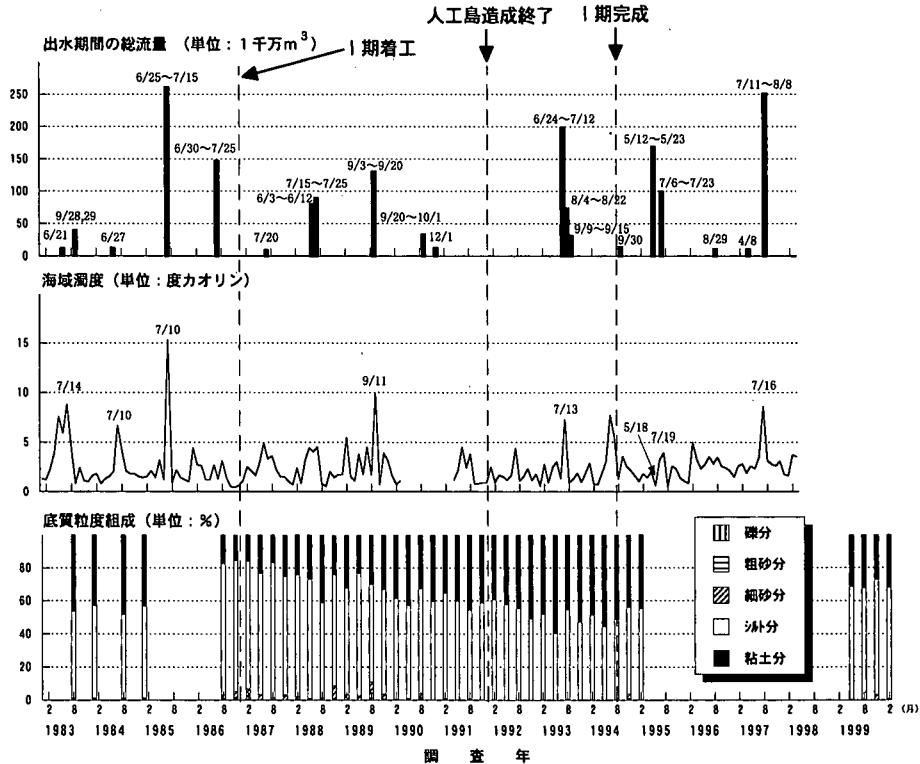


図-5 出水期間の総流量、濁度及び粒度組成の経時変化

4. 実測結果とその考察

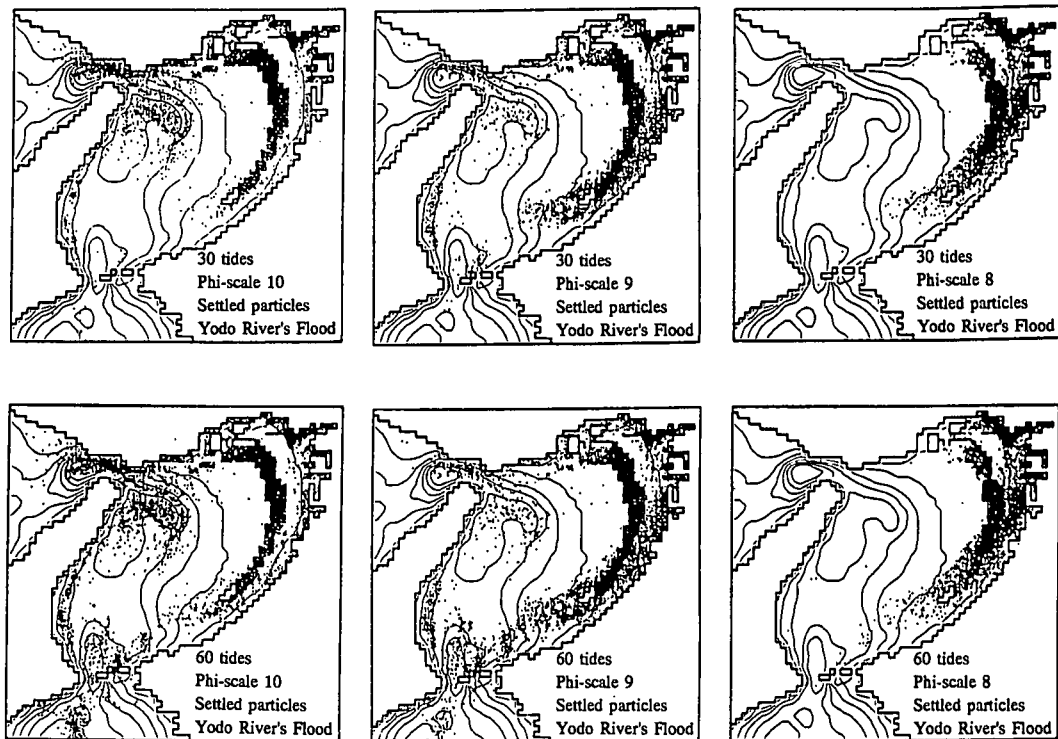
空港島周辺海域で観測された底質の一時的粗粒化の要因を検討したところ、多くの要因は影響が低いと判断された。一方、明確に特定するデータはないものの、淀川等河川からの出水時の流入量の増大が否定できない要因として残った。その根拠として次の5点が挙げられる。

- 粒度組成比率が大きく変化した時期(1985年1月～1986年8月)と、河川流入土砂量増大の時期(1985年6月～7月)が一致する。
- 1985年6月～7月の流入物質質量増大の規模は、河川における流量等からみて極めて大きく、底質調査の始まった1983年以降1997年までの15年間では最大規模のものと考えられる。
- 河川の洪水時には、一般的に浮遊・掃流物質の粒径が平水時より大きくなることが知られている。
- 粒度組成の変化と対応して、底質のCODも同時期に増加しており、底質中の有機物量増大についても、同時に生じたことがうかがえる。
- 星加ら(1994)は、大阪湾に流入する懸濁物質質量の中で約77%に達する大量の物質が洪水時の短期間に流入することを指摘している。後に炭素同位体を指標にして、懸濁物質の堆積速度を調べた結果、堆積速度は供給

源がある淀川河口付近海域よりも、湾中央部が高いことを見つけた。つまり、大阪湾を南北に分断する潮汐フロントを挟んで東西に二つの極があるような堆積速度の分布を示した。前者は、堆積速度は湾奥部で速く、湾奥部から離れるにしたがって遅くなり、堆積物の粒径も小さくなる結果である。

後者については、『淀川洪水プルームの挙動は成層化と地球自転の影響を受けて神戸沖を幅が約10 kmの川のように流れ、懸濁物質は潮汐フロントを横切って明石海峡に到達する』という中辻ら(1994)の数値シミュレーション結果に基づいて明石海峡に運ばれた懸濁物質が洪水終了時に潮流あるいは残差流系の流れによって湾中央部から湾奥部に運ばれ堆積するという考えを示した。また、金ら(1996)は、湾内への移流、淀川洪水時の湾内の流れを予測し、堆積予測を行った結果、中央粒径(M_d) 0.0015 mmの粒子は、明石海峡や沖ノ瀬近傍、また、六甲アイランドから関西空港島に至る水深10～12 mの海底に円弧帯状に堆積する。一方、 M_d 0.006 mmの粒子は西宮湾奥に拡がらず、六甲アイランド沖から本空港島に至る10～14 m水深の海底に堆積するとしている。

金ら(1996)は、淀川の河川水によって大阪湾に流入する土砂は洪水により河口から遠く離れた海域まで一旦輸送され、沈降するが、その大半は海底近傍の流れによっ



図—6 淀川洪水時の粒径が ϕ 尺度=10, 9, 8 の粒子群の堆積分布 (洪水開始から 30 潮汐, 60 潮汐後) (金, 1997)

て再び湾奥に運搬され、最終的に淀川からの流入土砂が大阪湾東部海域の緩やかな海底地形を形成するとし、この現象を河川流量の多い閉鎖性海域に特徴的に見られるエスチュアリー循環によるものであると説明している(金ら, 1997)。その一例を示したのが図—6 の堆積分布である(金, 1997)。

以上のことから、このような長期にわたる観測により、常に変化する海域の物理・生物環境の状態が特異的であるか否かが解明できるものと考えられる。

最後に、取りまとめにあたって、今回、貴重な御指摘と懇切な御指導を頂いた前運輸省港湾技術研究所海洋環境部 鶴谷広一郎長に対して深謝の意を表します。

参 考 文 献

- 大阪府 (1985~1998): 大阪府下河川等水質調査結果報告書 (昭和 58 年~平成 9 年)。
 大阪府立水産試験場 (1985~1998): 大阪府立水産試験場事業報告 (昭和 58 年度~平成 8 年度)。
 金 稔仁 (1997): 大阪湾における河川からの流入土砂の輸送・

堆積機構に関する研究, 大阪大学学位論文, 132 p.

- 金 稔仁・中辻啓二・村岡浩爾 (1996): 大阪湾の底質特性と淀川洪水時の挙動特性との関連性, 海岸工学論文集, 第 43 巻, pp. 336~340。
 金 稔仁・中辻啓二・村岡浩爾 (1997): 大阪湾の沖ノ瀬の形成機構と残差流系との関連性, 海岸工学論文集, 第 44 巻, pp. 406~410。
 栗原 康 編著 (1988): 河口・沿岸域の生態学とエコテクノロジー, 東海大学出版会, pp. 14~17。
 白石修章・飯島貞治・永野国松・中辻啓二 (2000): 関西国際空港沖における潮流と波による底泥の巻き上げ現象, 海岸工学論文集, 第 47 巻, pp. 1076~1080。
 中辻啓二・末吉寿明・山根伸之・藤原建紀 (1994): 三次元粒子追跡による流動構造の解明, 海岸工学論文集, 第 41 巻, pp. 326~330。
 建設省編 (1985~1999): 流量年表 (昭和 58 年~平成 9 年)。
 藤原建紀・肥後竹彦・高杉由夫 (1989): 大阪湾の恒流と潮流・渦, 海岸工学論文集, 第 36 巻, pp. 209~213。
 星加 章・谷本照巳・三島康史 (1994): 大阪湾における懸濁粒子の堆積過程, 海の研究, 3 巻, 6 号, pp. 419~425。
 三村信男 (1990): 沿岸海域における底泥の堆積・輸送過程, 底質浄化技術セミナー論文報告集, pp. 16~58-16~63。