

吉野川河口砂州の後退・縮小原因について

宇多高明*・川崎俊太**・加藤憲一**

1. ま え が き

昭和30～40年代において、全国各地の大河川では建設骨材を得るための砂利採取が広範に行われ、河床低下が生じたことは記憶に新しい。その後河川での砂利採取は禁止され、あるいは行われている場合にもその量は大きく減少した。この結果河床の低下速度は大きく減じたものの、河川流域が大きく変貌し流出土砂量も全般に減少しているために、河床掘削の影響がそのまま残されている場合も多い。特に河床勾配の緩い河川で河口部の掘削が行われた場合、河口砂州が消失したりあるいは大きく上流へ遡った事例がしばしば見られる。一方、最近では環境問題に関連して河口部に形成された干潟の保護が重要視されることも多くなったが、そのような干潟の存在は河口砂州の形成と密接に係わっている。また、河口部が深くなることは河口からの波浪や塩分の侵入増大を招く。このようなことから、河口部の地形変化には今後とも十分な注意を払う必要がある。本研究では、徳島県において紀伊水道に流入する吉野川を代表例として選び、砂利採取に伴う河道の変化について特に河口砂州の縮小・後退との関係を明らかにすることに主眼を置いて検討するものである。

2. 吉野川の河道特性と砂利採取

吉野川は四国の中央構造線に沿って西から東へ縦断し、徳島市において紀伊水道へ流入する計画流量が20,000 m³/s、平均年最大流量が約6,600 m³/sの一般河川である。図-1には河口付近の地形を示す。吉野川下流部の1955年～1990年における平均河床高の縦断分布を図-2に示す。ここに基準標高はA. P. 0 m (T. P. -0.83 m)としている。図示するように砂利採取が主な原因となって河口部の平均河床高は著しく低下した。河床低下は特に河口より約15 kmに位置する第十堰より下流の約7 km～13 km区間で著しく、最大で約4.0 mに達した。しかし1975年以降になると河床低下はおさまリ、河床はほぼ安定状態を保っている。平均河床は第十堰の上流に対

し下流では約3.5 m低下しているが、これは堰が床止めの効果を有しているためである。この堰より下流では、河床勾配がほぼ0の区間が1955年には河口より約4 km地点までであったが、その後河床勾配の急変点が1965年には約8 km地点へ、そして1975年には12 km地点へと次々と上流へ移動した。この結果、1990年には河口～12

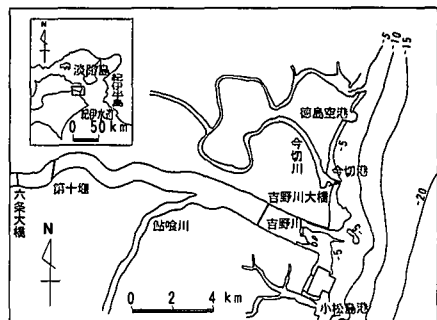


図-1 吉野川河口部の位置図

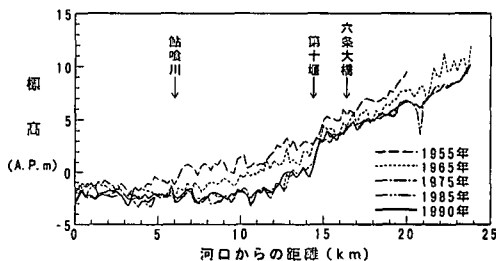


図-2 吉野川下流部における平均河床の縦断形の変化

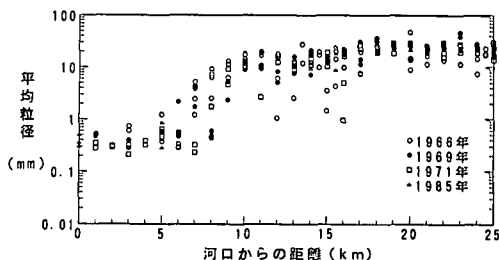


図-3 河床材料の平均粒径の縦断分布

* 正会員 工博 建設省土木研究所河川研究室長

** 正会員 工修 日本建設コンサルタント(株)

km 間はほぼ A. P. -2 m (T. P. 約 -3 m) の一定河床となった。

図-3 には吉野川の河床材料の平均粒径の縦断分布を示す。これによると、平均粒径は 12 km より上流ではほぼ 20 mm を中心としてばらついているが、6 km より下流では平均 0.4 mm と著しく小さくなる。また 6 km ~ 12 km 区間は遷移領域となっている。図-2 において 15 km ~ 20 km 間の河床勾配は約 1/1,400 であるのに対し、6 km より下流では河床勾配はほぼ 0 である。このように平均河床勾配が急な場所では平均粒径が大きく、勾配が緩い所では粒径が小さくなっており、両者はかなりよい対応を示す。このことより、山本 (1988) のセグメント分類によれば、12 km より上流はセグメント 2 に、そして 6 km より下流はセグメント 3 に分類される。

吉野川では過去に大量の河床掘削が行われた。40 km 地点より下流における 1965 年以降の砂利採取量 (許可量) とその累計量の経年変化を図-4 に示す。最盛時、砂利採取量は年間 200 万 m^3 であったが、その後採取が規制され、採取量は 1970 年代初頭に急激な減少を示した。また 1965 年 ~ 1990 年における砂利採取総量は約 1,600 万 m^3 に達したことがわかる。下流域全体での土砂採取量は上述のように明らかにされているが、個々の地点ごとの砂利採取の経緯は明らかではない。しかし、河川での砂利採取は一般に一箇所で集中して行われるというよりも全体的に行われることが多いことを考慮すると、吉野川の場合も図-4 に示す採取量の経年変化は、かなり平均的な傾向を表わしていると考えられる。

3. 空中写真による河口部地形特性の判読

① 1961 年 5 月の空中写真 (写真-1)

この当時河口砂州は右岸側から川の中央付近までほとんど直線的に伸びていた。河口幅約 1.3 km に対して砂州の突出長は約 0.7 km に達した。1961 年段階では河口部が全体的にかなり浅く、河口から約 1.2 km 沖に存在する砂州の沖側に砕波の白濁域が見られることから明

らかなように、入射波が河口よりかなり沖合で減衰する海底地形条件にあった。また、河道内もノリ養殖のためのノリヒビが見られることから、非常に浅い状態にあった。そして河口部の河川流は、横断方向に長く伸びた河口砂州によって縮流されている。また、河口の左岸側の海岸では突堤間に砂が堆積していることから、河川からの土砂供給がかなりあったことを示している。さらに河口右岸側の河口砂州の付け根部分の汀線は、局所的にブク状となっており、その南側に突堤があることから、全体として沿岸漂砂は北向きにやや弱く動いていたことが分かる。

② 1981 年 12 月の空中写真 (写真-2)

写真-1 に示した状況より 20 年後の空中写真である。この間、河口砂州には著しい変化が生じた。河口 0.0 km にあった河口砂州は消失し、上流側 0.5 km 付近へ移動した。しかも河口中心側の砂州が中洲をとり囲むように何百 m にもわたって伸びている。また、沖合にあった砂州も見られなくなった。このような変化は、河口部が全体的に深くなり、そのため河口砂州への作用波高が増大し、土砂が上流へと運ばれたことを意味している。河口砂州が中洲をとり囲むように発達したが、河口砂州の付け根に開口部があるために、左岸寄りの主流と分かれて一部は右岸に沿って流れている。さらに河口砂州が大きく移動したため、ノリの養殖区域も上流へと移動した。一方、河口左岸では汀線が大きく前進したが、これはその北側に建設された今切港の防波堤により北向きの沿岸漂砂が阻止されたためである。

③ 1986 年 4 月の空中写真 (写真-3)

1981 年 12 月 (写真-2) からこの時期までには、表-1 に示すように 1982 年 8 月に 9,583 m^3/s 、9 月に 6,838 m^3/s 、1983 年 9 月に 5,572 m^3/s の洪水を記録している。1981 年 12 月には、中洲の最も発達した位置 (狹窄部) は河口から約 0.8 km の箇所であり、横断方向への張り出しは約 0.7 km であったが、1986 年 4 月には中洲の最も発達した位置は河口から約 1.1 km の箇所であり、横断方向への張り出しは約 0.8 km となった。したがって、上流に約 0.3 km 遡るとともに横断方向には約 0.1 km 砂州が伸びたことになる。写真-3 において砂州の形状が上流側に向かって突出した形となっているのは、漂砂が上流側に遡っていることを表わし、しかも 1981 年 12 月より上流側に移ったということは、河口部の海域がさらに深くなったことを意味している。

一方、右岸側からの砂州が伸びているため、これがバリアーとなって中洲はかなり安定な状態にある。さらに、河口右岸より細長い砂嘴が斜め上流方向に伸びていることもまた、河口付近の水深が深いことを意味する。なぜなら、一般に、砂嘴はその形成海域が浅い場合にはその

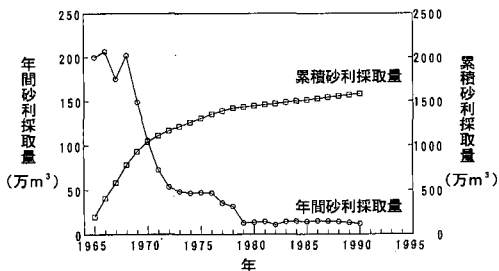


図-4 吉野川の砂利採取量 (許可量) 及び累積採取量の経年変化

浅海域の外縁に沿って直線的に伸び、深ければ大きく湾曲してそれ以上発達することができなくなるからである (宇多・山本, 1992)。また、河口右岸より上流方向に伸びる砂嘴の汀線に沿っては、白濁した碎波線がいく筋も見られることから、現況では砂嘴の汀線に沿って上流側へと砂が運ばれていたことがわかる。漂砂は上流側へと移動してしまうために、この砂嘴と旧河口砂州の間にはラグーンがとり残されている。

④ 1991年2月の空中写真 (写真-4)

1986年4月 (写真-3) からこの時期までには、1986年10月に $7,250 \text{ m}^3/\text{s}$ 、1989年9月に $6,215 \text{ m}^3/\text{s}$ 、1990年9月に $11,349 \text{ m}^3/\text{s}$ の洪水を記録している。1986年4月に見られた砂州はその先端部が大洪水による側方侵食で削られた。その後、浅瀬や中州の外縁を取り囲むような形で砂州が残されているが、海側からの砂の供給が断たれたために右岸に沿って再びみお筋が形成されている。しかも、砂州は2カ所で切れている。1986年4月には、中州の最も発達した位置 (狭搾部) は河口から約 1.1 km の箇所にあり、横断方向への張り出しは約 0.8 km であったが、1991年2月には、中州の最も発達した位置は河口から約 0.9 km 、横断方向への張り出しは約 0.7 km となった。したがって、下流側へ約 0.2 km 移動し、横断方向に約 0.1 km だけ砂州が縮小したことになる。この変化は主として洪水流の作用によって生じたと考えられる。また、この間海岸の状況も大きく変化した。左岸側には大きな突堤が伸ばされ、右岸側では大規模な埋立地ができ、その背後に規模の大きなトンボロが形成された。このため河口の南側隣接部が侵食され、侵食土砂が南側へ移動した。

4. 河口砂州の汀線変化

吉野川河口部では写真-1~4以外にも何回かの空中写真撮影が行われてきている。そこで、これらの空中写真を用いて前後する2時期ごとの汀線変化について調べてみる。汀線変化比較を図-5に示す。

図-5a) に示す1961年と1964年の比較では、砂州形状は大きく変わったものの、河口およびその沖合に砂州があることから、河口部はまだ十分浅かった。b) に示す1964年と1969年の比較でもほぼ同様な状況が見られる。また、1961年~1969年の間、全体として河口の右岸側に浅瀬があり、主流はこの浅瀬により縮流されつつ左岸側に沿って流出していた。c) に示す1969年と1975年の比較では、河道内の砂州形状には大きな変化は見られないが、河口沖 1.1 km にあった沖合の砂州が消失し、砂州は河口へと移動した。沖合の砂州は1969年以前は恒常

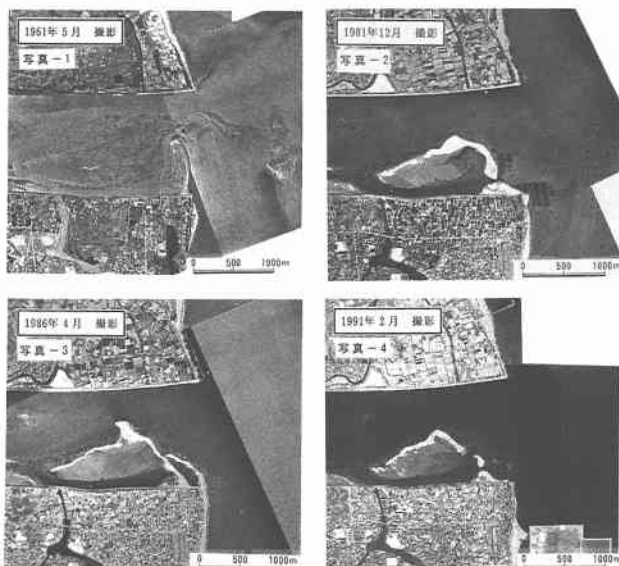


写真-1~4 吉野川河口部の空中写真 (1961年5月~1991年2月)

表-1 昭和36年 (1961) 以降の $Q_F=5000 \text{ m}^3/\text{s}$ 以上の洪水

発生年月日	ピーク流量 Q_F (m^3/s)	発生年月日	ピーク流量 Q_F (m^3/s)
1 昭和36(1961). 9.16	12195	13 昭和50(1975). 8.18	7471
2 10.27	5346	14 8.23	12849
3 38(1963). 8.10	11574	15 51(1976). 9.12	12094
4 39(1964). 9.25	7863	16 54(1979). 10. 1	8960
5 40(1965). 9.15	6820	17 10.19	7340
6 42(1967). 7.10	7540	18 55(1980). 9.11	5948
7 43(1968). 8.29	9312	19 57(1982). 8.27	9583
8 45(1970). 8.21	14304	20 9.25	6838
9 46(1971). 9. 1	5090	21 58(1983). 9.28	5572
10 47(1972). 9. 9	5230	22 62(1987). 10.17	7250
11 9.16	7309	23 平成 1(1989). 9.20	6215
12 49(1974). 9. 9	12558	24 2(1990). 9.20	11349

的に存在していたから、1969年~1975年に沖合での掘削が進み、河口沖が深くなって砂州が上流側へ移動することになったと考えられる。(d) に示す1975年と1981年の比較では、1975年まで河口 0.0 km を含むそれより沖合に必ず存在した砂州が上流方向へ移動し、この時以来 0.0 km 付近の砂州は消失した。その後、(e), (f) に示すように1981年と1986年、および1986年と1991年の比較では河口部内へ入り込んだ砂州の下流端がつぶれるように変形した。以上のように吉野川河口では1961年~1991年の30年間で河口沖の砂州が消失して河口砂州が河道内へと移り、さらに上流方向へと移動していった

ことがわかる。

5. 河口部横断形状の比較と河口部の総変化土砂量

ここでは河口部に位置する0.0 km, 0.6 kmおよび1.0 km断面を選んで断面形の変化を調べてみる。各断面形の変化を図-6~8に示す。図-6に示す0.0 km断面では1969年当時左岸側に標高-10 mに達するみお筋が形成されていたが、このみお筋の幅は約0.3 kmであり、そこより右岸側には陸上に表われた砂州があり、わずかに右岸側に小さな水路があったのみであった。ところが、1980年にはみお筋の最大水深は変わらないものの、低水路の右岸側が大きく削られ、標高約-3 mの平坦面が幅約0.35 kmにわたって形成された。このような変化は1990年にも継続し、低水路幅は0.55 kmと非常に広がった。1969年当時と比較すると右岸より0.25 km間には大きな変化は見られなかったが、みお筋の右岸側は大きく削られ、標高約-3 mの平坦面が形成されたことがわかる。一連の地形変化の生じた時期が1969年~1990年で図-4に示した砂利採取時期と同じであること、またみお筋が側方侵食により広がるのではなく砂州高が長い期間で平均的に低下していったことを考慮すると、このような断面変化には砂利採取の影響が著しかったと考えられる。吉野川河口へと紀伊水道から入射する波は過去と変わらなかったとしても、上述のように河口が深くなることは波浪侵入を助長する。これが原因して河口砂州の上流への移動が一層助長されたと考えられる。同様にして図-7に示す0.6 km断面でも、1969年には左岸側にみお筋があり、最低標高が約-12 m、低水路幅が0.2 kmでこの部分に流れが集中し、そこより右岸側には陸上に表われた砂州があった。その後1980年にはみお筋の右岸側の斜面が削られ、低水路幅が広がった。一方、1990年には一部侵食された部分の回復が見られるが、全体状況は1980年の場合とほぼ同一である。1969年以降右岸

堤の前面には小水路が残されており、またその水路の河心側にも大きな変化は見られずほぼ安定している。この部分は河口の干潟となっており、この区間は河口部での砂州の著しい移動があったにもかかわらずほぼ安定的に保たれている。図-8に示す1.0 km断面でも、1969年当時左岸堤防に隣接してV字状のみお筋があった。このV字状の水路で、例えば平均水深3 m位置での水路幅は約0.15 kmであったが、この低水路の幅は1980年には0.27 km、1990年には0.48 kmと大きく広がり、かつ水深も増大した。また河床面には掘削に伴って形成されたと考えられる楔状の地形が多く残されている。しかし、低水路の形状は大きく変わったものの、ほぼ河道の中央から右岸側では1969年以降大きな変化は見られない。

以上のように、代表例として取り上げた3断面のうち、

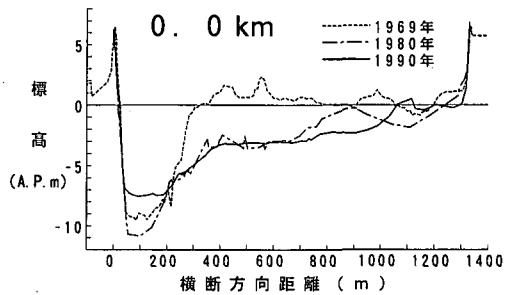


図-6 河口部代表横断面形の変化 (0.0 km 断面)

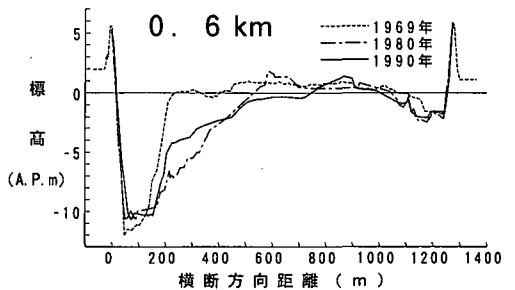


図-7 河口部代表横断面形の変化 (0.6 km 断面)

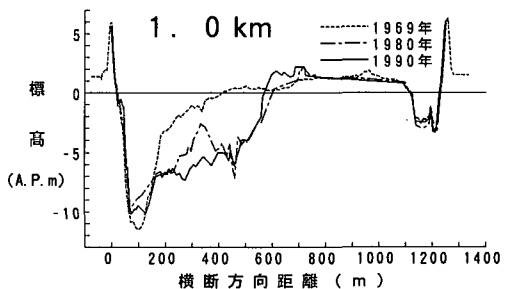


図-8 河口部代表横断面形の変化 (1.0 km 断面)

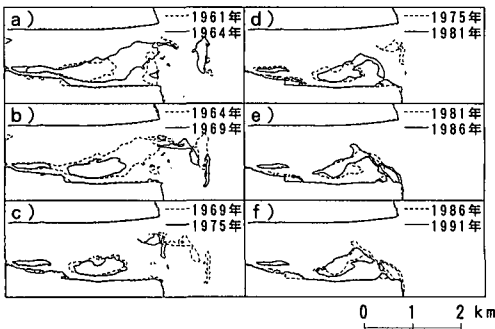


図-5 河口部の地形変化 (1961年~1991年)

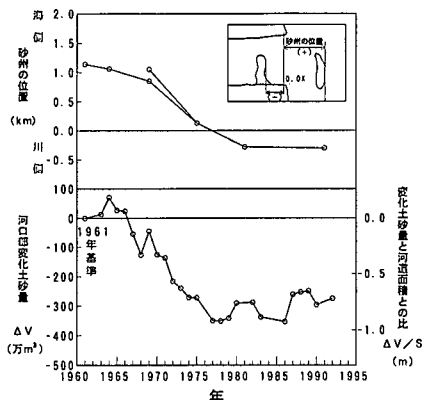


図-9 砂州の位置と河口部 (0.0~3.2 km 区間) 土砂量の経年変化

0.0 km, 1.0 km 断面ではみお筋より左岸側が掘削されたと考えられるが、河道中央より右岸の間では砂利採取も行われず、このため 1969 年以降の河床変動は小さい。このことが河口の中央より右岸側に干潟が残されていることの大きな要因となった。

河口部の代表断面形の変化より明かなように、いずれの断面でも経年的に河床が低下してきている。そこでその総量を調べるために、河口の 0.0 km より 3.2 km までの範囲の 200 m 間隔の横断測量データより 1961 年を基準とした断面積の変化量を算出し、さらに測線間隔を乗ずることによって河口部の総変化土砂量を求めた。図-9 には土砂量の経年変化を示す。総変化土砂量の経年変化は、図-4 に示した砂利採取量の経年変化と非常によく対応を示し、1961 年より 1977 年までは土砂量の減少は急激であったが、砂利採取量が減少した 1978 年以降は変動はあるものの、全体的にはむしろ増加傾向に転じた。1961 年~1977 年での河口部で減少した土砂量は約 370 万 m^3 に達し、同じ区間の河道面積で除すと平均 1.0 m の河床低下が生じたことがわかる。このような河床低下があったため前述のように河口砂州が上流へと遡る現象が生じたのである。図-9 には、空中写真より判読した河口部の砂州位置の経年変化をその定義図とともに示す。これによると、河口部の総土砂量の減少とほとんど

同一傾向、すなわち砂利採取量の経年変化とも同一傾向で砂州が後退してきたことが分かる。

6. 考 察

吉野川河口部では過去に行われた砂利採取のため河床が低下し、これに伴って河口砂州が上流へと移動したが、砂利採取量が大きく減じたあとは河口砂州およびその背後の干潟はかなり安定した状態になった。写真-4 に示したように、近年河口の右岸側の海岸には埋立地が造成され、また左岸側には今切港の防波堤が伸ばされた。これらの施設は河口からの流出土砂の周辺海域への拡散を防止し、河口部への堆砂を促進する働きを有している。したがって河川の流下土砂量が大きければ河口砂州は急速に発達してもよい。しかしながら図-2 の平均河床高の縦断面図に見られるように河口部の平均河床勾配はほぼ 0 であって、摩擦速度ひいては掃流力は非常に小さい。このことから過去に比して周辺海域の境界条件から見ると土砂はたまり易くなっているものの、最も重要な河川の流下土砂による供給があまり見込めないことを表わしている。したがって今後河口部での砂利採取が行われないう限り河口砂州および干潟は安定的に推移するものの、河口砂州が急速に回復することはあり得ないと考えられる。

7. あとがき

吉野川河口を具体例として砂利採取による河床低下と河口砂州の変化について考察した。この結果によると、過去に行われた砂利採取がその量から考えても河口部の地形変化や河口砂州の変形に大きな影響を有していたことが明らかになったと思われる。今後は、治水上の機能のみではなく、周辺環境を良好に維持していく上からも河口の砂州や干潟にも十分注意を払うことが必要であろう。

参 考 文 献

- 宇多高明・山本幸次 (1992): 砂嘴形成海域の海底地形と砂嘴形態の関係について, 地形, Vol. 13, No. 2, pp. 141-157.
- 山本晃一 (1988): 河道特性論, 土木研究所資料, 第 2662 号, 260 p.