

事例研究 CASE STUDY

大都市圏の農業取水堰周辺における河床変動とその魚類移動への影響に関する一考察

常住 直人*・後藤 眞宏・浪平 篤

農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究所 〒305-8609 茨城県つくば市観音台2-1-6

Naoto TSUNESUMI*, Masahiro GOTOU, and Atsushi NAMIHIRA: Study on physical influences to fish migration at irrigation weirs by riverbeds transition in a suburban area. *Ecol. Civil Eng.* 12(2), 131-140, 2009.

National Institute of Rural Engineering, National Agriculture and Food Research Organization, 2-1-6, Kannondai, Tsukuba-shi, Ibaraki-ken, 305-8609, Japan



目 的

頭首工（農業用取水施設）の主要施設である取水堰では、セキ上げに伴う堰直上流堆砂により堰下流の河床低下を生じやすく、また、可動堰の場合は堰放流による堰直下流での局所洗掘も生じやすい(図1)。このため、堰上下流で河床に落差がつきやすく、この落差が経年的に拡大していくと、堰本体の構造安定への悪影響や、堰を跨ぐ生物移動に支障を来す等、環境上の問題を生じうる。

この堰落差は、戦後、洪水への安全性向上や取水管理の適正化・効率化のために取水堰の合口(統合)、大規模化が進んだことで拡大しやすくなっていると考えられ、その実態を把握することは、取水堰の補修・改修の頻度や規模など、ライフサイクルマネジメントの基礎情報収集という点で重要であると共に、近年、利水と環境の調和や生物多様性保全も求められていることから、堰築造後の環境影響評価の基礎情報としても重要である。

本報文は以上の見地から、平野部の受益農地の広さゆえ、比較的早期に取水堰の合口化(統合)、大規模化が進められ、経年的に堰落差が大きくなっている可能性が高い、かつ長期の河床変動の知見が得やすい都市近郊圏(中京圏)の取水堰について、堰落差や周辺河床の経年変化に関する調査、分析を行ったものである。

調査地

調査堰の選定

ここでの調査堰は、農業利水が主目的で、かつ戦後、国・県営で築造、改修が成されたものとした。これは、戦後、国・県営で築造、改修が成された取水堰は、工事への重機利用の進展、ゲートの大型化、合口等もあり、旧来の低堰高の斜め固定堰とは堰型式が抜本的に変わったうえ、従来よりも大規模化、高堰高化しているものが多く、生物移動や維持管理上の問題も大きいと目されたからである。ただし、上流域の比較的小規模な取水堰（溪流取水工等）は今回の調査対象に含めなかった。以上の条件に該当する堰を工事図譜（農業土木学会 1965, 1990）からリストアップすると、調査対象の堰は21カ所（11河川）となる。

調査堰の特徴

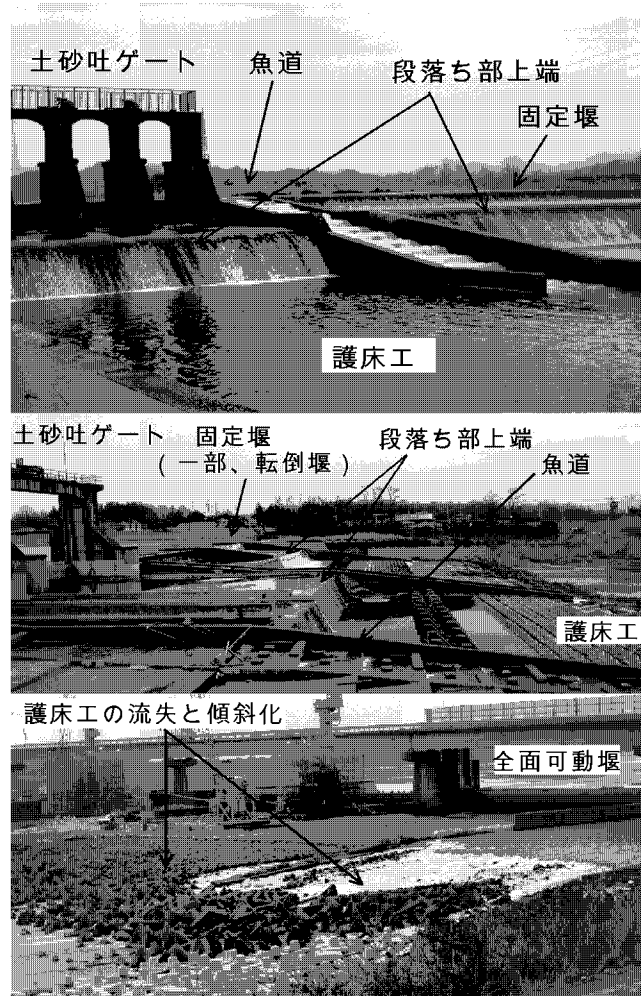
調査堰は、図2に示すように豊川、矢作川、庄内川、長良川、木曾川、揖斐川、員弁川、鈴鹿川、安濃川、雲出川、宮川の計11河川に散在しており、そのセグメント分布（山本 1988）は図3のようになった。

図3よりほとんどの堰はセグメント2に属す勾配域に分布していることが分かる。これらの堰地点河床勾配の平均値は1/456、中央値は1/563であった。

また、これらの堰は、合口に伴い可動堰化されているものが多く（全体の約80%）、上流河床標高と堰敷標高は概ね同一で、堰の直上流堆砂に伴う直下での経年的落差は生じにくい構造となっていた。すなわち、改修時の堰高（低水路における堰天端高と堰上流河床の標高差）

2008年3月24日受付, 2009年9月7日受理

* e-mail: azum@affrc.go.jp



※ 上の2堰は固定堰形式。固定堰形式でも取水口のある側岸近傍のみは土砂吐ゲート（増水時、土砂吐き時以外は閉鎖。増水時、土砂吐き時には概ね全開操作）を設けるのが農業取水堰では一般的。

図1 堰直下の河床低下

は、0～3mであり、その平均値、中央値は各々0.47m、0mであった（図4）。

一方、堰では放流に伴う下流洗掘により落差を生じる場合もある。下流洗掘が最も生じやすいのは、洪水初期で河川低水路部のゲートを少し開けた時、かつ下流水位が十分上昇していない時と目される。この時の堰上下流最大水位差は、ゲート上端標高と下流護床の標高差を超えないが、その値を想定最大水位差として、調査堰の築造時（近代的改修時）について示すと図5のようになる。調査堰の想定最大水位差は0.78～5.50mで、その平均値、中央値は各々3.01m、3.03mであった。

方法

調査は、堰築造時（近代的改修時）、改修時の工事図面、設計書類（農業土木学会 1942, 1965, 1990；農林省京都農地事務局 1958；農林水産省東海農政局 1979, 1983, 1984a, 1984b, 1986, 1989）と当該堰の存する河川の過去の航空写真、河床測量等諸データ（国土交通省中部地方整備局三重工事事務所 2003；国土交通省河川局 2005, 2006a；三重県 2003）、当該堰周辺の生物調査データ（リバーフロント整備センター 1998）の収集、および当該堰の現況の観測、写真撮影により行った。現況観測

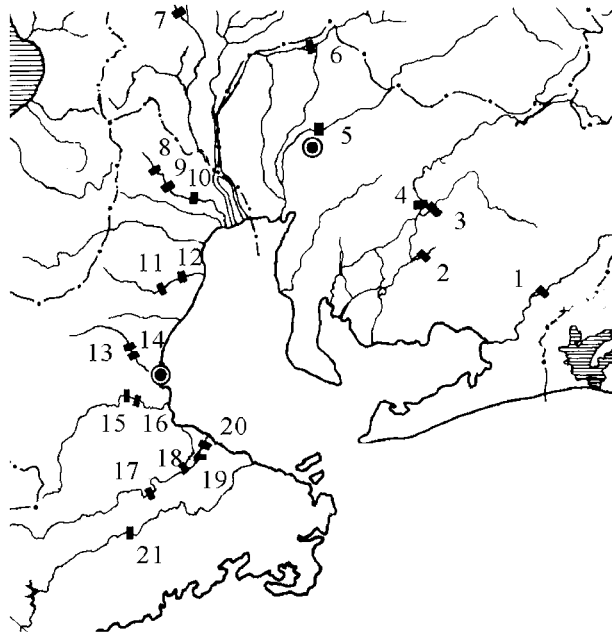


図2 調査堰の位置

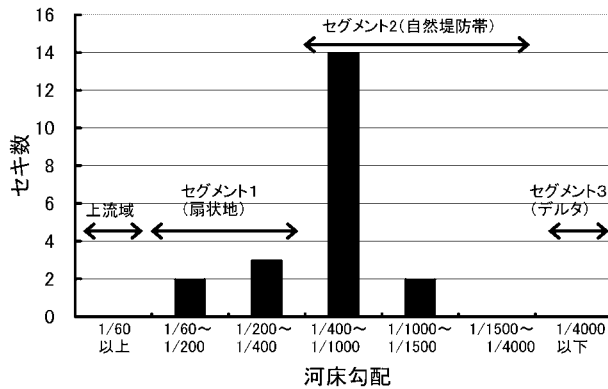


図3 調査堰地点の河床勾配

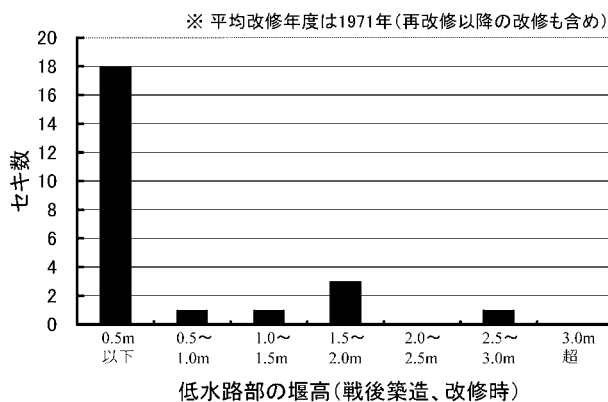


図4 調査堰の築造時（近代的改修時）における堰高

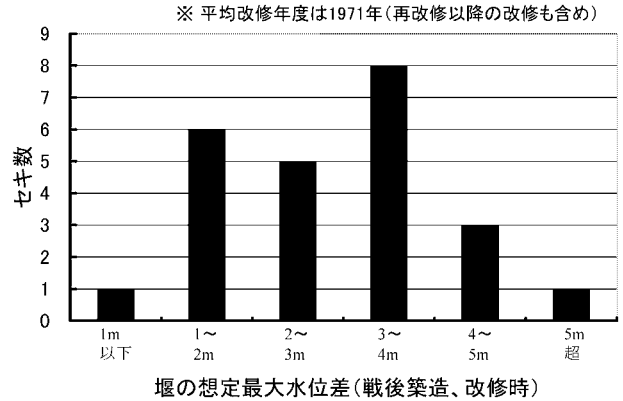


図5 調査堰の築造時（近代的改修時）における想定最大水位差

は、2006年12月～2007年3月にかけて実施し、各堰付設の魚道上下流口の堆砂・段差状況と魚道の通水状況・破損状況、魚道と河川ミオ筋との位置関係、非灌漑期の堰ゲート開閉状況、魚道各部・堰下流エプロン・護床・護床下流近傍河床の標高を観測、計測した。計測にはトータルステーション（Nikon製GF-20C）を用いた。

結果

河床縦断形状の変動

調査堰が存する河川の河床縦断形状の変動事例を示すと図6のようになる。本図は、昭和40年以前の河床データが存在する河川について、最近の河床と比較したものである。このような比較的古い河床データが存在する河川では、河床変動の傾向を明瞭に捉えることが出来た。すなわち、概ね高度成長期を跨ぐ時期に河床低下が下流域～中流域で全川の進んでおり、近年になってそれが安定化する傾向が見られた。

河床の変化速度の経年変化

過去の河床データが得られた全ての河川について、調査堰地点を中心に河床高の変化速度の推移を示すと図7のようになる。

図7では、最深河床高、平均河床高の変化速度を、堰上下流2km区間毎の最深河床、平均河床各々の縦断平均値の経年変化から算出している。区間2kmとしたのは、調査堰河川の低水路に出来る交互砂州の半波長の推定最大値からである。すなわち、調査堰の最大低水路幅は208mであり、それに対応する交互砂州の半波長は、村本・藤田（1978、図8参照）の研究成果に依れば2km程度となるので、河床高をこの区間長で平均処理するこ

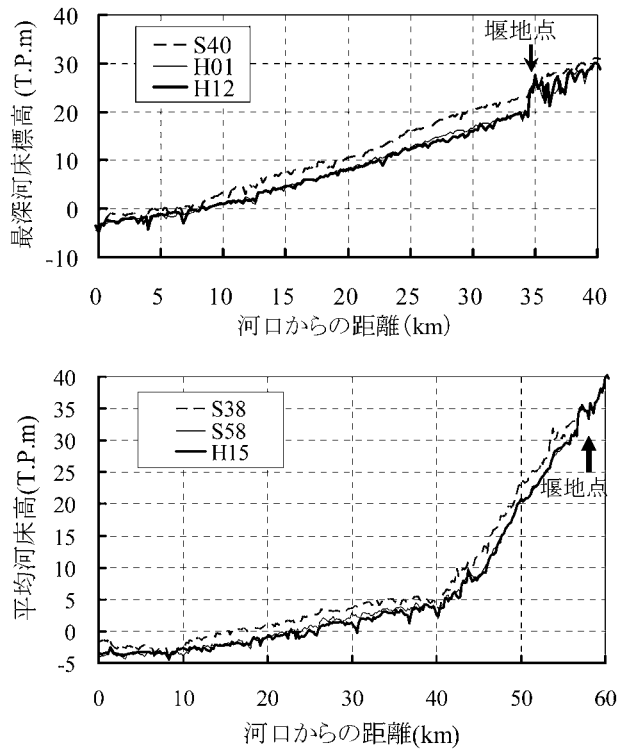


図6 河床変動状況の一事例

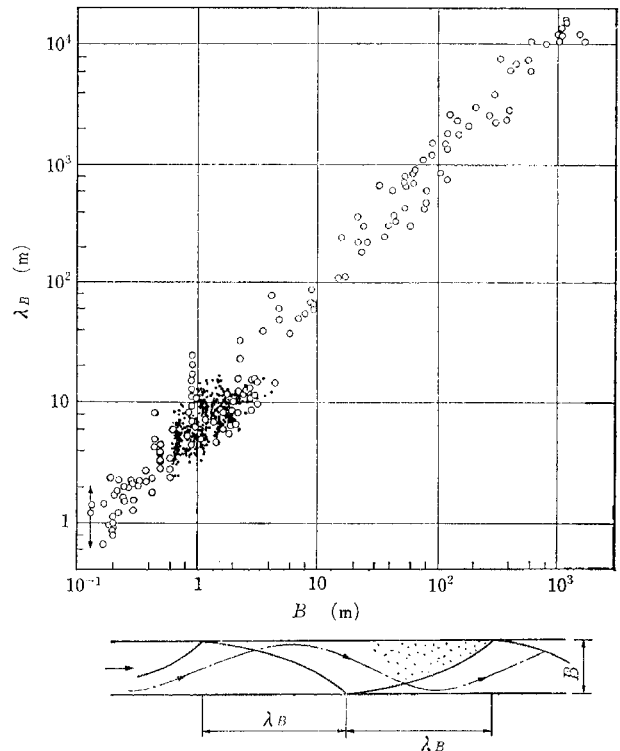


図8 低水路幅と交互砂州の波長の関係 (村本・藤田 1978)

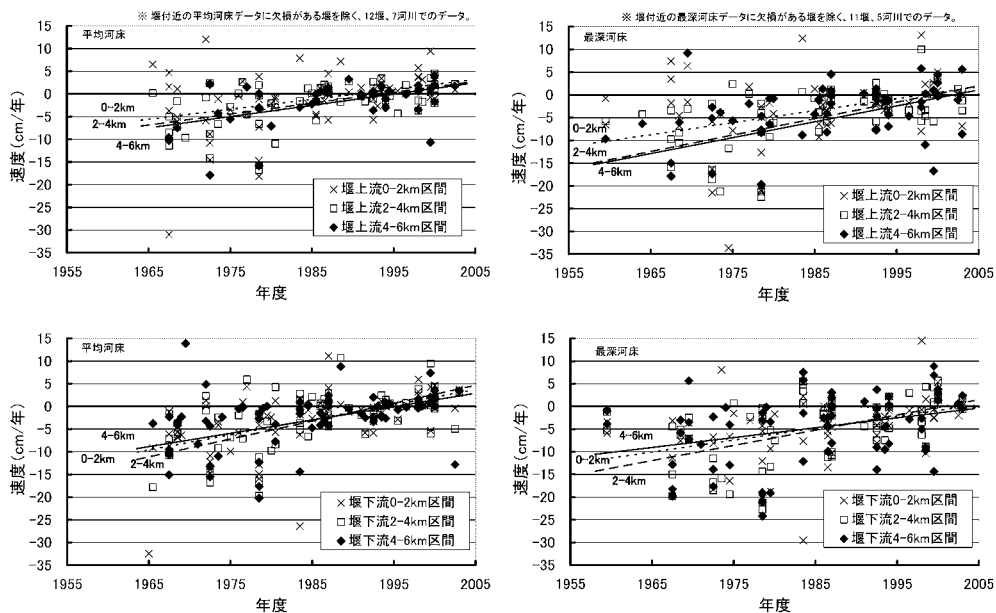


図7 調査堰付近の河床変化速度の推移 (上段：堰上流, 下段：堰下流, 右側：最深河床, 左側：平均河床)

とで縦断平均河床高における河床波の凹凸，砂州進行の影響を均している。

図7から，最深河床高，平均河床高いずれでも，堰の上下流，堰から離れた区間，近い区間いずれで見ても，河床変化速度は低下側（－）に偏っており，かつそれが近年（概ね1995年以降），終息していることが分かる。

堰落差の経年変化

前節までの結果より，調査堰付近の河床は，かつては堰上下流の広範に亘り低下傾向が卓越し，近年は概ね安定化しつつあることが分かった。しかし，堰本体やセキ上げ水位は安定しているため，これまでの河床低下の累積は，堰直下での落差増大に表出すると考えられる。

この状況を堰下流近傍600m区間の河床標高経年データ，堰築造当初と中途改修の設計図・設計書の調査結果及び2006年12月～2007年3月の現地観測結果から確認したのが図9である。図中，黒点は，堰下流600m区間で平均した最深河床標高の変化を，築造当初の堰下流護床標高（≒魚道下流口設計標高≒堰直下河床高）を基準（0m）として示したものである。また，白抜き点は，同様に，堰下流護床末端標高の変化を示している。

図9中の回帰線より，堰下流600m区間平均の最深河床は，築造後暫くは比較早い速度で低下し，堰地点との落差が急激に拡大したことが分かる。しかし，近年，その低下傾向が安定化しつつあることが分かる。実際，堰下流護床末端標高も同様の変動傾向となっており，下流河床の変動に追従して護床末端が沈下している状況が見てとれる。

なお，図9で最深河床標高を用いたのは，これがパイピング，下流洗掘等，堰の構造安定を見る上で重要なうえ，魚道下流口（入り口）設定の基準標高になるからである（但し，図中，最深河床データのない2河川2堰は

平均河床データで代替）。

また，下流600m区間平均としたのは，堰下流近傍の局部的河床凹凸形状や河床高測線間隔の粗さ（概ね200m間隔）による局部的河床高の影響を極力除去し，堰下流近傍河床高の時系列的変化傾向をより良く捉えるためである。この際，堰直下では，堰放流による局所洗掘が河床凹凸形状に比較的影響すると思われるので，それにより生じる縦断凹凸地形（局所洗掘による深掘れとその巻き上がり土砂の砂堆の山）の1波長を網羅させることも考慮した。ただし，現地の堰下流では，護床工により流れが減勢されるうえ，堰上流からの流砂や可動堰ゲート全開放流時の堰上流堆砂の排出による埋め戻しもあり，実験室のような明確な局所洗掘地形（縦断凹凸地形）が生じるわけでない。よって，ここでの下流河床高平均区間長を，既往の実験結果から想定される縦断凹凸地形の長さ以上にしていれば，局所洗掘による凹凸形状を均す上で問題が少ないと言える。これに対し，調査堰の放流ゲートの想定最大水位差（図5より5.5m），最大ゲート開度（最大ゲート高4.5m以下），最小平均粒径（最小代表粒径3.86mm及び平均河床勾配1/456より山本（1988）から2mmと概略設定）を，既往の水平床，下流護床無し，流砂無しの条件での後期洗掘形状の実験結果（岩佐1967；Laursen 1952；土木学会1985）に当てはめると，堰直下洗掘の縦断凹凸地形1波長の最大値は313m程度であり，図9で設定した下流河床高平均区間長（600m）はそれより大きい。現地では，上記実験と異なり，当初水平だった堰下流近傍河床に傾斜がついているものの，水平床時と同様，護床下流端までに跳水減勢が成されるように護床ブロックが付加されるうえ，上記実験にはない流砂もある。よって，図9の下流河床高平均区間長で概ね十分と考えられる。

堰直下洗掘深

堰下流最近傍の河床深掘れ部の深さ（20堰11河川）は，現状で当初護床標高から-1.05～-9.91m，平均約-3.92mであった。-9.91mの堰では堰エプロンのひび割れも顕著に見られた。一方，堰下流護床の下流端標高は当初護床標高から-0.28～-5.58m，平均約-2.38mにあり，堰直下洗掘深は，これと河床深掘れ深との差し引きで-0.25～4.33m，平均約1.41mであった。

調査堰下流の魚種

堰下流近傍の採取地点の魚種数は，調査堰平均で24種（12～33種，18堰11河川）であり，オイカワ *Zacco platypus*，カマツカ *Pseudogobio esocinus esocinus* は全てで確認され，次いでアユ *Plecoglossus altivelis altivelis*（17堰11

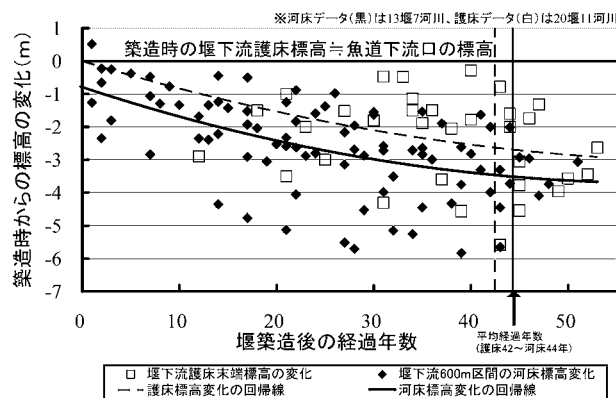


図9 堰下流護床末端，堰下流河床の標高の変化

河川), カワヨシノボリ *Rhinogobius flumineus* (16 堰 11 河川), カワムツ *Zacco temmincki* (15 堰 11 河川) が多く確認された。カマキリ *Cottus kazika*, オオキンブナ *Carsius buergeri* subsp., ヨシノボリ類 *Rhinogobius brunneus* の数種 (オオヨシノボリ, ルリヨシノボリ, クロヨシノボリ), チチブ *Tridentiger obscurus*, ツチフキ *Pseudogobio rivularis* は 1 堰 1 河川, スナヤツメ *Lampetra reissneri* は 2 堰 1 河川でしか確認されていない。

結果の評価

河床の変動原因

河床縦断形状の経年変化 (図 6) から, 概ね昭和 40 年以前の河床データが存在する河川については, 高度成長を跨ぐ時期に, 下流域~中流域まで全川の河床が大きく低下し, 近年, それが安定化する傾向が見られた。

これについては, 高度成長期を中心に, 骨材需要の高まりに伴い河川からの砂利採取が盛んに行われ, それが河床低下を引き起こしたとの指摘が従来から成されており (福岡 1998; 高橋 1998; 高橋 2000; 山本ほか 2004), かつ調査堰のある河川等の土砂採取量がかつては多く, 近年急減していることから (国土交通省河川局 2006b, 2006c, 2007a, 2007b, 2008; 水土里ネットみえ 2007; 須藤 2000), 砂利採取等, 人為的要因の影響が大きいと考えられる。

一方, 河床の変化速度の経年変化 (図 7) からは, 河床の変化速度が, 最深河床, 平均河床, 堰の上下流, 堰からの距離に依らず, 従前, 低下側に偏っており, 近年 (概ね 1995 年以降), それが終息しつつある傾向が見られた。

図 7 の変化速度では, 前述のように砂州進行の影響は概ね均され, 河床全体の変化が反映されるが, 図 7 の堰地点はセグメント 1 の下流部~セグメント 2, すなわち扇状地から自然堤防帯に相当するので (図 3), この点からすれば堰付近の河床変化速度がかつて経年的持続的にマイナス方向に卓越していた状況は不自然と思える。一般的な事象ではないが, 突発的な異常洪水や大地震による地崩れがあれば, (特に最深河床高において) 変化速度は一旦プラス側に振れた後, その後の洪水時土砂流出での漸次河床低下に伴い, 暫くマイナス方向卓越となることもありうるだろう。しかし, 図 7 の過去の傾向は, これとも矛盾するものである。

だが, 図 7 の傾向は, 前出図 6 の傾向とは符号する。また, 堰上流側でも広範に河床低下傾向が見られていることから, 堰付近の河床変動も河川全体と同様, 人為的

要因の影響を受けていることが推察される。

調査堰直下の局所洗掘, 河道の特性と現状, 動向

調査堰が築造 (近代的改修) された当時の設計基準 (狩野 1971; 農業土木学会 1982; 農林省農地局 1967; 農林水産省構造改善局 1978, 1995; 農林水産省東海農政局 1991) では, 堰の上下流水位変動のうち, 最も下流洗掘しやすい水理条件に対し, 減勢工や高粗度の護床工により強制跳水させた後, 低粗度の護床工被覆区間を経て, 下流に流下させることとしている。したがって, 護床下流端での流況は, 前出図 5 の想定最大水位差でのゲート自由流出時の露出射流対応水深の流況よりも静穏化する。当然, 可動堰のゲート直下の局所洗掘深も, この想定最大水位差から既往知見 (岩佐 1967; Laursen 1952; 土木学会 1985) により推計される値より小さくなる。すなわち, 既往知見による推計値は, 河床粒径を調査堰中の最小代表粒径 (3.9 mm) としても, ゲート上流水頭 5.50 m 以下 (図 5 の想定最大水位差以下), ゲート開度 1 m 以下では図 10 のようになるが, 実際には, 調査堰の河床粒径は概ね 3.9 mm より大きいこと, ゲート開度を上げるにつれ下流水位は上がって堰上下流水位差は縮小していくこと, ゲート放流は下流護床で減勢されること, 増水時に一時的に放流されるだけであること, これに対し推計の元になる既往知見の前提条件は, 下流水位上昇無し, 長時間放流, 上流から給砂無しであることから, 最大でも図 10 の推計洗掘深を超えないと考えられる。

実際, 堰下流最近傍の河床深掘れ部の深さは前述のように, 当初護床標高から $-1.05 \sim -9.91$ m, 平均約 -3.92 m で図 10 の推計範囲の低位部に留まっている。むしろ, 平均 -3.92 m は, 図 9 に示した堰下流 600 m 区間の河床標高変化の現状平均値 (河床標高変化の回帰線と平均経過年数の交点での標高変化) に近く, 局所洗掘と

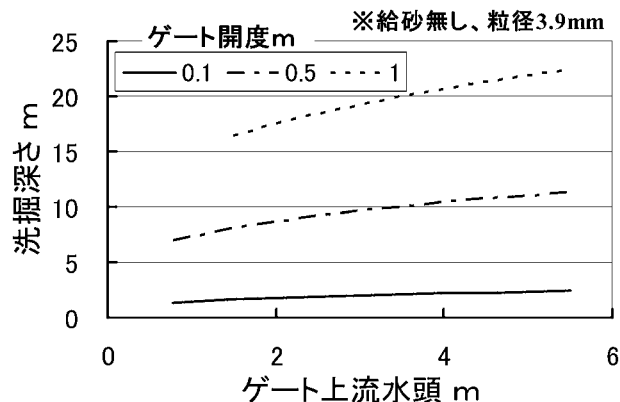


図 10 堰下流洗掘深さの推計値

いうより下流河床の低下に応じた深さになっている。下流河床の低下に応じ、堰直下の河床も低下し、それを超える付加的な局所洗掘は、上流からの給砂で概ね埋め戻されている状況と考えられる。

これには、調査堰の堰地点が前出、図3のように概ねセグメント2（山本 1988）の自然堤防帯域にあること、ゆえに局所洗掘が一方的に拡大しにくいこと、堰の可動堰化により堰敷が低くなっているうえ（図4）、洪水時はゲート全開とするので、洪水初期のゲート半開時に堰直下で局所洗掘が生じても事後の増水で埋め戻されること、等が影響していると考えられる。

堰落差の変化原因と現状、動向

前出図9中の回帰線より、堰の護床下流端標高は、堰下流 600 m 区間平均の河床高と同様の変動傾向で、かつては急速な低下で、近年、安定化していることが分かる。この変動傾向は、堰上下流の広範な河床変動（図6、図7）と同様である。よって、護床下流端標高の低下、即ち堰落差の増大には、堰放流に伴う局所洗掘よりも堰上下流の広範な河床低下の影響が大きかったと考えられる。

現状までの堰下流河床低下幅は、堰下流 600 m 区間平均河床では、この図9中回帰線と調査堰の築造後経過年数平均 44 年線（全体では 31~53 年）の交点から、回帰トレンドの平均で見て、当初護床標高から概ね 3.6 m の低下である。これに対し、図9中回帰線から明らかなように、当初の堰下流 600 m 区間平均河床は、護床標高から -0.8 m（図中回帰線と経過年 0 年の交点）だったので、差し引き 2.8 m 分、当該平均河床は現在までに低下したことになる。

一方、堰直下に近い護床下流端標高（図中、白抜き点）の図9中回帰線を見ると、堰下流 600 m 区間平均河床のそれと類似の傾向で変動しているうえ、現時点（護床標高データの平均経過年数 42 年時点）では当初護床標高から平均 2.6 m の低下となっており（河床データと同一の堰のみでも類似の回帰線となり、現時点で平均 2.8 m 低下）、堰下流 600 m 区間平均河床の現時点までの低下幅 2.8 m と近い。このことから、護床下流端標高の低下、即ち堰落差の増大には、堰放流による局所洗掘よりも、堰上下流の広範な河床変動と連動した堰下流河床低下の影響が大きかったことが伺える。

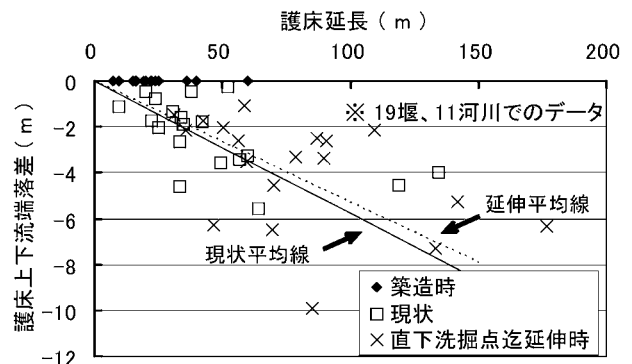
堰落差の増大は、図9から分かるように近年終息傾向にあるものの、過去の河床低下で既に大きくなっており、2006年12月~2007年3月調査時点の護床下流端標高の平均値でも 2.4 m となっていた。なお、この値は一時点での計測値なので、従前傾向を加味した図9の回帰推定

値とは必ずしも一致していない。

堰落差の護床、魚道への影響

前節までに明らかとなった堰落差により、堰下流護床工（低水路部）では図11のような落差、延伸が生じている。堰下流護床工は、築造時には概ね水平で施工されるが、図9に示すような落差増大が進行したため、当初設計で想定されていた減勢機能を保つべく、護床の延伸が成されてきたことが分かる。現状の護床延長（傾斜方向）は、当初から最大 6.6 倍、平均でも 2.1 倍になっている（平均経過年数 42 年）。

また、エプロン下流端・護床下流端間で算出される護床勾配は最大 1/7.3、平均 1/17.3 であり、これまでの堰落差増大により、既に溪流河川並みの急勾配となっていることが分かる。護床上流部は射流となるので（農林水産省構造改善局 1978, 1995）、この勾配、長さでは、大抵の魚は遡上困難と思われる。勾配が急なことから、護床ブロックの剥離も生じやすく、今後の下流河床、下流水位の変動にもよるが、減勢機能の低下、直下洗掘の



※ ×は堰下流護床工末端近傍の河床洗掘点までの距離、落差（堰下流エプロン末端基準）を示す。

図11 堰下流護床の落差、延長の変化

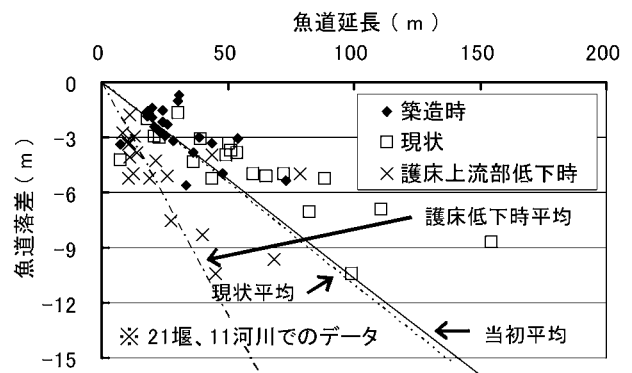


図12 魚道の落差、延長の変化

進行により、更なる護床延伸を要す可能性もある。以上を鑑み、現状の堰下流最近傍の河床深掘れ部まで、護床を延伸する場合の落差、延長を図 11 (×点) に並示したが、この場合の護床延長は当初より最大 10.5 倍、平均 3.8 倍になる (現在の平均 1.8 倍)。しかし、その護床勾配は最大 1/7.4、平均 1/18.9 で現状程度に留まる。

一方、魚道の落差、延長の変化は図 12 のようであった。護床の低下、延伸に伴い、魚道下流口も、より低標高の下流に移設され、魚道延長 (直線距離) は当初から最大 4.6 倍、平均でも 2 倍に伸びている。また、直線距離に基づく魚道勾配は、当初の平均 1/9.4、最大 1/2.2 から同 1/9.1、1/1.8 へとやや急勾配化している。反面、魚道線形の迂回、スイッチバックの距離に基づく魚道内勾配は、当初平均 1/11.9、最大 1/8 に対し、現状でも同 1/11.7、1/8 と緩やかであり、魚道落差が増大しても、魚道線形の迂回、スイッチバックによる延伸によって魚道内勾配、魚道内流況を維持している状況が伺える。

しかし、前述のように下流河床の低下に伴い、護床下流端は低下し、護床勾配は当初の水平勾配から溪流河川並みに急勾配化している。“護床面”勾配がこの急勾配のまま維持されるとは考えにくく、漸次、河床勾配に応じた緩勾配への低下 (護床上流部の低下) もしくは護床ブロックの流亡が進行する可能性がある (図 13)。実際、調査堰の中でも既に護床上流部が低下し (“護床面”勾配は概ね水平化)、エプロンと護床上流端に大きな段差が出来たものがあり、このような事例は他の都市圏近郊の農業取水堰でも多く見られる。例えば、前出図 1 の上 2 つの堰はその一例である (延伸した魚道下流口位置がエプロン下流端の落水位置と乖離している)。一方、図 1 の一番下の堰ではエプロン・護床上流端間に未だ目立った落差は生じておらず、護床が急勾配化し、護床ブロックが一部剥落している状態である。しかし、洪水時に剥落が進行し、エプロン・護床上流端間に落差が生じると、水叩き状に落水して、護床上流部の更なる低下や護床面勾配の緩勾配化が生じやすくなると考えられる。

護床の急勾配化に伴い、下流の局所洗掘が進行するだけならば、図 11 に示すように、洗掘進行後も護床勾配が平均 1/17 程度に留まると推計されるので概ね魚道の延伸で対応可能と見込まれる。だが、護床上流端・エプロン下流端間に落差が付き、“護床面”勾配が緩勾配化してくると、勾配緩和度合いに応じて集魚位置が上流側に戻るため、魚道下流口位置も上流に戻す必要が生じる。この場合は、ブロックを増し積みしても下流河床が低下しているゆえ、エプロン下流端と下流水位間の落差自体は

解消されない (むしろ、積み増しにより集魚場所が覆われて分かりにくくなる)。結局、魚道下流口位置を上流に戻すべく、魚道の急勾配化や狭隘スペースでのスイッチバック施工などを要すことになろう。調査堰の魚道では、魚道下流端の位置をエプロン下流端とし、標高を護床下流端標高まで下げるとすると、平均 1/3.9、最大 1/2 まで急勾配化することが推計される。

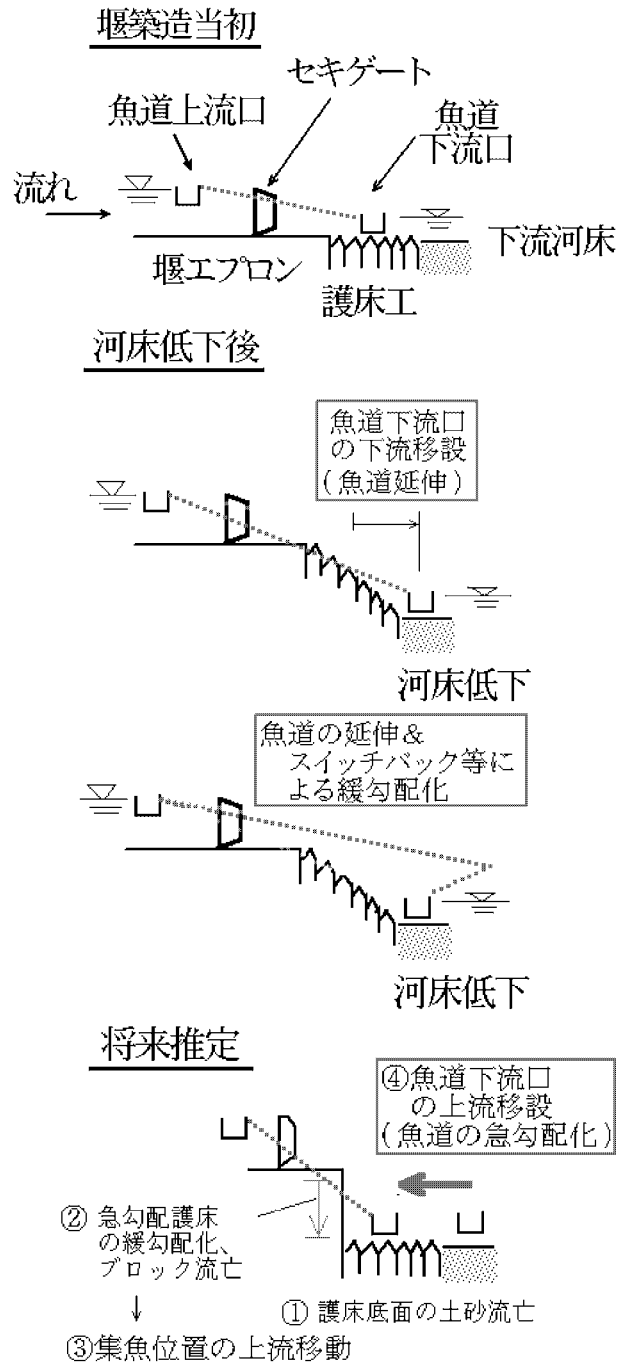


図 13 河床低下による護床・魚道への影響

今後の課題

今回の調査では中京圏を中心に検討したが、同様の状況は他の大都市近郊圏でも散見される。大都市近郊圏の河川では、経済活動の活発化による河川水際までの宅地・商業地・工場用地等の開発進展があり、それに対する治水必要性の高まりと都市域開発のための河床土砂採取が相まって、かつては河床が広範に低下したのだと思われる。その一方、大都市近郊圏は、洪水時の安全確保の必要性が高いうえ、受益平野が比較的広く農業生産性も高いため、戦後、比較的早い時期から農業取水堰の合口、即ち、小規模に多数分散した取水堰の改廃・統合による大規模化、効率化が進められてきた。ゆえに、河川の河床低下の影響は、取水堰での落差増大となって顕著に現れやすく、中京圏の場合、近年、河床安定しつつあるとは言え、既に堰落差は大きく、護床は急勾配化した状態になっている。現状、魚道延伸で環境対応が成されているとはいえ、将来的には急勾配護床の緩勾配化や直下での局所洗掘により、魚道の急勾配化や更なる延伸が必要となる堰もありうる（図 13）。

今後はこれらに対応すべく、急勾配護床直下での洗掘、急勾配護床の緩勾配化の状況把握とそれへの対策としての急勾配魚道の開発、魚道以外の堰部分への影響解明と対策工法開発を行っていききたい。

謝 辞

本報で実施した調査では農水省東海農政局・管内諸県・土地改良区並びに国交省中部地方整備局の関係諸氏よりデータ収集、現地観測へのご協力を頂きました。ここに記して感謝の意を表します。なお、本研究は文部科学省科学技術振興調整費研究課題「伊勢湾流域圏の自然共生型環境管理技術開発」の一環として行われたものである。

摘 要

本報文では比較的早期に堰の合口（小規模堰の統合）、大規模化が進められ、経年的に堰落差が大きくなっている可能性が高い、かつ長期の河床変動の知見が得られやすい大都市近郊圏（中京圏）の農業取水堰のうち、特に生物移動の障害となりやすい中下流の大規模堰 21 カ所について、周辺河床や堰落差の経年変化について調査、分析を行い、堰による生物移動分断の現況と将来動向について検討を行った。その結果、以下の諸点が明らかと

なった。

1) 中京圏の河川では過去の一時期に広範に河床低下が進行している事例が多く見られる。この河床低下は、高度成長期を跨ぐ時期に著しくなっており、この時期の経済活動の活発化（砂利採取等）など人為的要因に依る可能性が高い。

2) 取水堰地点では、河床低下の影響を受けたと見られる堰直下落差の増大が見られ、護床下流端で当初より平均 2.4 m 低下している。

3) 堰下流の護床は、落差増大に伴い、延長が平均 2.1 倍に延伸され、勾配は当初のフラットから平均 1/17.3 と溪流河川並みに急勾配化している。

4) 護床の急勾配化に対し、魚の遡上を因るため、魚道下流口の下流移設が成され、その延長は当初より平均 2 倍となっているものの、魚道内勾配は従前程度に維持されている。

5) しかし、急勾配化した護床では、護床面の低下が漸次進む可能性があり、その場合、集魚位置が上流に移動するので、魚道下流口を再度上流に戻す必要が生じる。この際の魚道勾配は、平均 1/3.9 まで急勾配化する可能性がある。これにより魚道の急勾配化や狹隘スペースでのスイッチバック施工など技術的な問題を生じうる。

引用文献

- 土木学会 (1985) 水理公式集. 土木学会, 東京: 221.
- 福岡捷二 (1998) 河道における土砂管理上の留意点. 河川 **628**: 14-17.
- 岩佐義朗 (1967) 土木工学講座 3 水理学. 朝倉書店, 東京: 222.
- 狩野徳太郎 (1971) 取水堰. 地球出版, 東京.
- 国土交通省中部地方整備局三重工事事務所 (2003) 榑田川流域委員会第一回資料 資料-1.
- 国土交通省河川局 (2005) 庄内川水系の流域及び河川の概要.
- 国土交通省河川局 (2006a) 雲出川水系河川整備基本方針 基本高水に関する資料 (案).
- 国土交通省河川局 (2006b) 雲出川水系河川整備基本方針 土砂管理等に関する資料 (案).
- 国土交通省河川局 (2006c) 矢作川水系河川整備基本方針 土砂管理等に関する資料 (案).
- 国土交通省河川局 (2007a) 木曾川水系河川整備基本方針 土砂管理等に関する資料 (案).
- 国土交通省河川局 (2007b) 宮川水系河川整備基本方針 土砂管理等に関する資料 (案).
- 国土交通省河川局 (2008) 鈴鹿川水系河川整備基本方針 土砂管理等に関する資料 (案).
- Laursen E. M. (1952) Observations on the nature of scour. Proceedings of 5th Hydraul Conference., state University of Iowa, Bulletin **34**: 179-197.
- 水土里ネットみえ (2007) 土地改良のあしあと: 10-11, 51-56.

- 三重県 (2003) 安濃川水系河川整備基本方針.
- 村本嘉雄・藤田裕一郎 (1978) 中規模河床形態の分類と形成条件. 第22回土木学会水理講演会論文集:329-337.
- 農業土木学会 (1942) 日本取入堰堤誌. 農業土木学会, 東京.
- 農業土木学会 (1965) 農業土木工事図譜第1集 取水施設編. 農業土木学会, 東京.
- 農業土木学会 (1982) 演習書シリーズ No. 1 頭首工の設計. 農業土木学会, 東京.
- 農業土木学会 (1990) 農業土木工事図譜第4集 頭首工編. 農業土木学会, 東京.
- 農林省京都農地事務局 (1958) 農林省明治用水農業水利事業事業要録. 農林省明治用水農業水利事業所, 愛知.
- 農林省農地局 (1967) 土地改良事業計画設計基準 第3部 設計 第3編 頭首工. 農業土木学会, 東京:44-53.
- 農林水産省構造改善局 (1978) 土地改良事業計画設計基準設計頭首工. 農業土木学会, 東京:104-115.
- 農林水産省東海農政局 (1979) 矢作川第二事業誌. 農水省東海農政局矢作川第二農業水利事業所, 愛知.
- 農林水産省東海農政局 (1983) 西濃用水地区土地改良施設整理台帳 附属図面 岡島頭首工水管理施設. 農水省東海農政局西濃用水農業水利事業所, 愛知.
- 農林水産省東海農政局 (1984a) 西濃用水農業水利事業工事誌. 農水省東海農政局西濃用水農業水利事業所, 愛知.
- 農林水産省東海農政局 (1984b) 明治用水国営造成土地改良施設整備事業 工事誌. 農水省東海農政局 矢作川総合農業水利事業所, 愛知.
- 農林水産省東海農政局 (1986) 宮川用水 国営造成土地改良施設整備事業 工事誌. 農水省東海農政局中勢用水農業水利事業所, 愛知.
- 農林水産省東海農政局 (1989) 矢作川総合事業誌. 農水省東海農政局矢作川総合農業水利事業所, 愛知.
- 農林水産省東海農政局 (1991) 設計参考資料 護床ブロック. 農水省東海農政局土地改良技術事務所, 愛知.
- 農林水産省構造改善局 (1995) 土地改良事業計画設計基準・設計「頭首工」 基準書 技術書. 農業土木学会, 東京:252-271.
- 須藤定久 (2000) 東海地方の骨材需給の現状. 地質ニュース **555**: 18-21.
- 高橋定雄 (2000) 河床低下が問題か—計画河床高に関する一考察—. RIVER FRONT **38**: 9-11.
- 高橋保 (1998) 流砂系の総合的な土砂管理に向けて. 河川 **628**: 3-5.
- リバーフロント整備センター (1998) 河川水辺の国勢調査年鑑平成10年度 河川版. 山海堂, 東京.
- 山本晃一 (1988) 河道特性論. 土木研究所資料 **2662**: 16-25, 51-56.
- 山本晃一・赤羽忠志・渡口正史 (2004) 河川の土砂環境の健全化を目指した対応について. 河川環境総合研究所報告 **9**: 68-77.