ダム下流域における付着藻類に対する土砂還元の効果

埼玉大学大学院理工学研究科　正会員　○溝口 裕太
埼玉大学大学院理工学研究科　正会員　田中 規夫

1．序論

ダム建設に伴う，流況の平滑化や土砂連続性の遮断に起因した撹乱頻度と強度の低下は，一次生産を担う付着藻類の種構成を変化させ，その結果，糸状藻類の異常繁茂へと繋がることがある．この抑制を目的として，付着藻類の剥離メカニズムの解明が進められ，流送土砂の衝突が剥離に有効であることが明らかにされた[1,2]．したがって，昨今，ダム下流域で実施される土砂還元事業では，供給された砂礫が出水時に移動し，藻類に衝突する頻度が増加すると予測されることから，短期的には藻類の現存量が減少すると推察される．この一方で，継続的に実施される土砂還元と，これに起因した河床材料の細粒化が，付着藻類に及ぼす長期的な影響については，知見が十分とは言えない．

本稿では，2003 年から土砂還元事業を実施している二瀬ダム下流域を対象に，土砂供給量および河床材料の細粒化と，付着藻類細胞数の変化を整理することで，長期的な物理環境の変化に対する付着藻類の応答性を明らかにする．

2．材料と方法

(1) 対象地点

二瀬ダムでは，土砂掃流試験を 2003 年から実施しており，ダム堤体から 0.6～12.6km 間において，物理面，生物面のモニタリングデータを蓄積している．本稿では，このデータに基づき，比較的同質な河床勾配（1/60～1/80 程度），川幅（40～50m 程度）を有する堤体から 0.6～4.8km 間の 4 地点を選定し，環境モニタリングデータを分析した（図-1）．

(2) 土砂還元事業と環境モニタリング

二瀬ダムにおける土砂還元事業は，毎年 10～11 月頃に，ダム堤体直下へ土砂が投入され，翌年の夏季洪水放流によって下流側へと流送する計画となっている．図-2 には，本稿で対象とする 2005 年～2016 年の供給土砂量を累積値として示す（付着藻類のデータがない 2011 年は除外）．次に，河床材料と付着藻類の調査方法を示す．河床材料調査は，2003～2007 年は面積格子法（1m ます），2008 年以降は線格子法（計測点間隔 0.3～0.5m; 約 100 サンプル）により測定された．また，付着藻類は，早瀬において代表的な石礫が 4 つ選ばれ，その表面に設定した方形枠（各石礫 2 面，一辺 5cm）の付着物が試料とされた．なお，両調査とも，毎年 10～12 月に実施された（欠損：付着藻類 2010～2016 年の St.4 および 2011 年の St.1, St.2, St.3）．

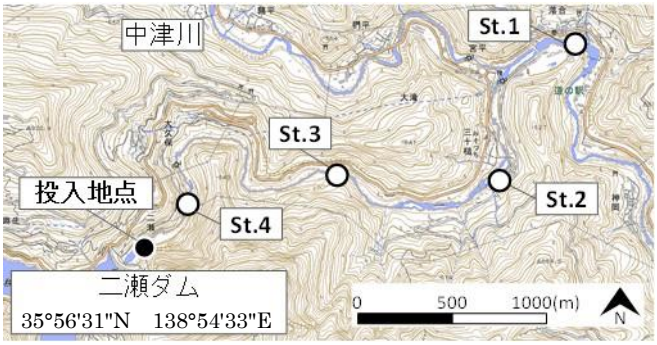

図-1 二瀬ダム下流域の概要と対象地点

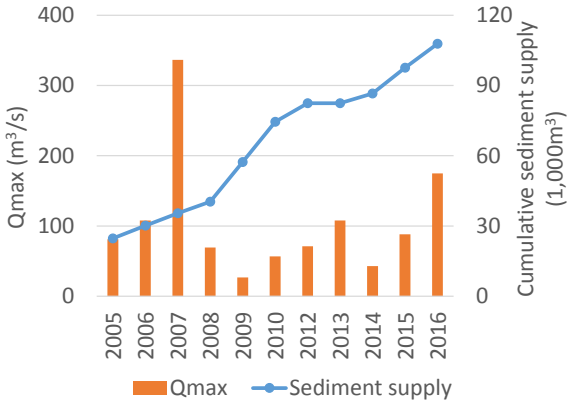

図-2 土砂供給量と年最大流量

(3) データ分析

土砂還元に伴う，付着藻類の経年的な変化を明らかにするため，付着藻類細胞数と単年および累積の土砂供給量，河床材料粒径 d_{20} および，年最大流量との関係を整理した．また，ここで用いた河床材料粒径 d_{20} は，二瀬ダム下流域において，土砂供給に対する河床細粒化の傾向を捉えるために，溝口ら[3]が用いた指標である．

キーワード　二瀬ダム，土砂還元，河床細粒化，付着藻類，細胞数
連絡先　〒338-8570　埼玉県さいたま市桜区下大久保 225　埼玉大学大学院理工学研究科　ＴＥＬ048-858-3116

３．結果と考察

（1）年最大流量

ここでは，年最大流量，累積土砂供給量および河床材料粒径 d_{20} に対する付着藻類細胞数の応答性を示す．なお，細胞数は，最小 0.1(cell/mm^2)(St.4，2005)，最大 501,945.0(cell/mm^2)(St.1，2015)であった．

図-3(a)には，付着藻類細胞数と年最大流量との関係を示す．基本的に年最大流量は，夏季の出水期に観測されており，藻類調査が実施される秋季の数ヶ月前までの範囲で生じている．図-3(a)から，年最大流量の増加に伴って，付着藻類細胞数が増加する傾向が確認されるものの，両者に明瞭な関係を見出すことは難しい．これは，出水に起因して付着藻類の剥離が生じても，数ヶ月間の増殖期間があることから，出水の影響が緩和された可能性がある．他方，付着藻類は，流体のせん断力では剥離が難しい[4]ことが知られており，両者の関係を直接的に求めることが困難だと考えることもできる．

（2）累積土砂供給量

付着藻類細胞数と累積土砂供給量との関係を図-3(b)に示す．ここには，細胞数の傾向を示すために，指数近似曲線を併記した（決定係数 0.45-0.64）．図-3(b)から，累積土砂供給量の増加に伴って，付着藻類の細胞数が増加することがわかる．これに加えて，最大流量 336.6(m^3/s)が観測された，累積土砂供給量 35.4×1,000 (m^3)では，この前後と比較して付着藻類の細胞数が大きくなった．供給土砂量や流量の増加は，付着藻類の剥離を促進する要因であり，付着藻類の細胞数に対して短期的な減少をもたらすと考えられる．しかしながら，この結果から，夏季出水に伴う，撹乱頻度や強度の増加は，秋季における付着藻類細胞数の増加に寄与する可能性が示された．

（3）河床材料粒径 d_{20}

図-3(c)には，付着藻類細胞数と河床材料粒径 d_{20} との関係を示す．また，指数近似曲線を併記した（決定係数 0.50-0.85）．本稿では，累積土砂供給量と河床材料粒径との関係は割愛しているが，土砂還元事業に伴い，河床材料粒径 d_{20} が減少することを確認している[3]．図-3(c)より，d_{20} が減少し，河床の細粒化が進行すると，付着藻類細胞数が増加することがわかる．この結果は，d_{20} の減少に伴って，出水時に移動しやすい河床材料が増加することから，石礫表面に繁茂する付着藻類への細粒分の衝突頻度が大きくなったことが遠因だと推察される．ここでは，細粒化による撹乱頻度の増加が，付着藻類細胞数の増加に寄与する可能性が示唆されたが，前節 3.(2)でみられた流量規模（撹乱強度）との関係は確認されなかった．

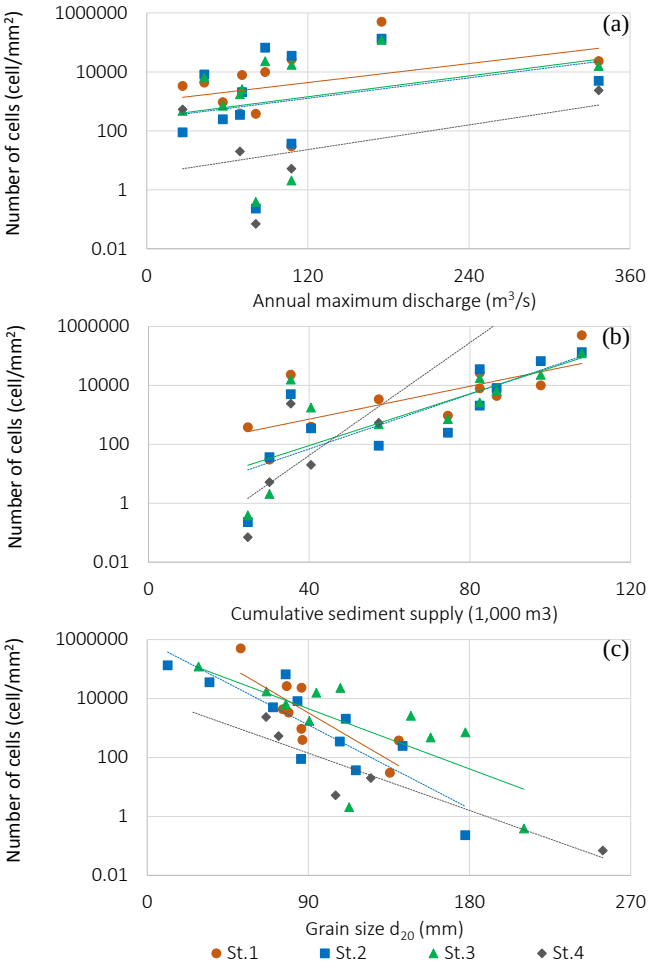

図-3 付着藻類細胞数と(a)年最大流量，(b)累積土砂供給量および(c)河床材料粒径 d_{20} との関係

今後は，本稿で示した付着藻類の細胞数に加えて，強熱減量および Chl.-a 量と物理量との関係を整理することで土砂還元に対する付着藻類の応答性を詳細に把握する予定である．さらには，夏季出水による撹乱頻度と強度の増加に依存した付着藻類の剥離が，秋季における細胞数の増加を引き起こすメカニズムについて検討を進め，付着藻類の長期的な消長特性について明らかにする．

謝辞：国土交通省二瀬ダム管理所よりデータを提供して頂いた．また，データ整理の一部を独立行政法人水資源機構の松尾昂祐氏（当時，本学博士前期課程学生）に実施して頂いた．ここに記して謝意を表す．

参考文献：[1]赤松ら，土木学会論文集B, 65, 285-295 (2009). [2]中土井ら，土木学会論文集B1, 68, I_751-I_756 (2012). [3]溝口ら，土木学会論文集B1, 74, 595-600 (2018). [4]戸田ら，土木学会論文集, 705, 161-174 (2002).