

土器川における正常流量の算定および流量増加の方策に関する検討

徳島大学 工学部 田中颶馬 山本隼也 大西靖之 永井純平

葉名鼓太郎 森川裕基 小野元毅

徳島大学大学院 理工学研究部

武藤裕則 田村隆雄

1. 背景と目的

香川県を流れる一級河川土器川は瀬戸内海式気候により雨量が少なく、扇状地により川の水が伏流している。このため中・下流域では瀬切れが発生し、生物（特に魚類）にとって住みにくい環境となっている。本研究は土器川の中・下流域の代表的な魚の生息条件から正常流量の算定を行い、農地転換および下水再利用による流量増加の検討を行った。

2. 正常流量の算定

観測データ（流量、水位、断面形）が多く、図1のように瀬切れ区間の上流に位置する祓川橋地点において正常流量を算定する。

魚の生息条件は主に水深や流速に左右されるが、魚の選好性が強いのは水深である²⁾。表1に土器川中・下流域に生息する代表的な魚類の移動水深と産卵水深を示すが、最も条件が厳しいのはムギツクの産卵水深0.5mであり、これを必要水深とする。

まず、瀬切れ区間下流に位置する丸亀橋地点の必要水深0.5mに対応する流量を、平成25年～平成27年に作成された同地点のH-Q曲線式（式①）から求めると $1.23\text{ m}^3/\text{s}$ となった。

$$Q = 21.06(H - 0.05)^2 \quad \dots \quad ①$$

ここに、Q：流量(m^3/s)、H：水位(m)である。

次に、祓川橋地点と丸亀橋地点における流量の関係式を定め、丸亀橋地点における流量が $1.23\text{ m}^3/\text{s}$ の時の祓川橋地点における流量を求める。その結果、関係式は式②のように定まり、祓川橋地点における必要流量は $0.45\text{ m}^3/\text{s}$ となった。本研究では祓川橋地点の必要流量を正常流量と考えた。

$$Q_H = 0.347Q_M + 0.025 \quad \dots \quad ②$$

ここに、 Q_H ：祓川橋地点の流量(m^3/s)、 Q_M ：丸亀橋地点の流量(m^3/s)である。

3. 流量増加の方策

3.1 農地転換

土器川流域面積(127 km^2)の内30%(38.1 km^2)が水田である。この水田の一部を畑に転換し、土器川からの取水を減らすことを目的とするのが農地転換である。土器川の表面流から農業目的での取水は、天川頭首工および大川頭首工合わせて、 $0.63\text{ m}^3/\text{s}$ である。よって、頭首工からの取水をやめることで、これだけの流量の増加が期待できる。次に水田を畑に転換した場合、どれだけの流量増加が見込めるか算出する。水田作物として米、畑作物として大玉トマト（香川県で栽培しており、水の使用量が少ない）で検討した。まず、米作により年間 $1.4 \times 10^4\text{ m}^3/\text{m}^2$ ⁴⁾の水が使われる。単位時間および単位面積当たりの水量に換算すると、 $0.4 \times 10^{-3}\text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ となる。次に、トマト一個を収穫するための平均使用水量は50リットル⁵⁾で、全国平均の収量は $4.22 \times 10^3\text{ g/m}^2$ ⁶⁾であるから、トマト一個の平均重量を200g⁷⁾とすると、栽培するために必要な水量は $0.3 \times 10^{-7}\text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ となる。従って、トマト栽培のための使用水量は極めて小さく、米作に比べると無視できる量と考えられる。以上より、前述した2つの頭首工の表面流からの取水($0.63\text{ m}^3/\text{s}$)をやめるためには、米作による取水($0.4 \times 10^{-3}\text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$)をやめなければならないので、 $1,575\text{ m}^2$ の農地転換が必要となる。このうち、 $1,133\text{ m}^2$ の農地転換を行い正常流量 $0.45\text{ m}^3/\text{s}$ を満たす。

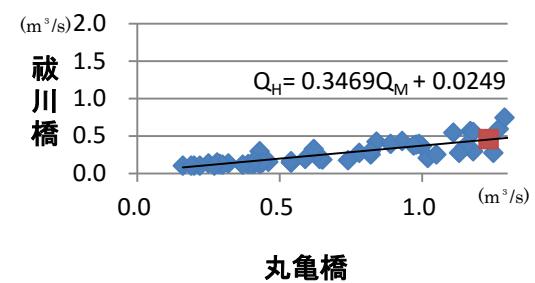


図1 土器川の瀬切れ区間¹⁾

表1 土器川中・下流域に生息する代表的な魚種生息条件³⁾

	ムギツク	シマヨシノボリ	ウナギ
移動水深	0.1m	0.1m	0.1m
産卵水深	0.5～1m	0.2m	-

◆ 観測値 ■ 正常流量 — 線形近似



丸亀橋

図2 祓川橋地点の流量と丸亀大橋地点の流量の関係

農地転換に係る費用を算定する。初期費用として、水はけを良くする目的で、暗渠排水工と補助暗渠工を行い、317円/m²⁹⁾必要である。維持費用として、大玉トマトの露地野菜作経営に係る費用（肥料、農機具など）に637円/m²¹⁰⁾必要になる。

3.2 下水の再利用

土器川河口にある丸亀市浄化センター（処理能力37,400m³/日¹¹⁾）と、金倉川浄化センター（処理能力28,400m³/日¹¹⁾）で処理された水を、ポンプを用いて上流へ放流する方法を考えた。しかし、既存の施設では放流水中のBOD値は15mg/L¹²⁾であり、環境基準（BOD値2mg/L以下）を満たせておらず高度処理が必要である。そこで、久留米市田主丸浄化センターの事例を参考に段階的高度処理を適用することを考える¹³⁾。段階的高度処理を適用することの特徴としては、安価で早期に導入が可能であり電力消費が通常の高度処理に比べ抑えることができる。また、図3のように既存の施設の改良や運転方法の工夫により高度処理を実現できるので環境負荷が少なくなる¹³⁾。施設の処理能力を単位時間あたりに換算すると得られる流量は平均0.76m³/sである。このうち正常流量0.45m³/sを祓川橋地点までポンプで持ち上げ、正常流量を満たす。

下水再利用に係る費用を算定する。初期費用として、下水処理場の改良とポンプ工場製作費で48,367万円必要になる¹³⁾¹⁴⁾。維持費用として、下水処理場とポンプの稼働に8,670万円必要になる¹³⁾¹⁵⁾。

4. 結論

本研究では土器川の必要流量について、生息する魚類の視点から算定し、丸亀橋地点で1.23m³/s、祓川橋地点で0.45m³/sの値を得た。観測データが多く、瀬切れ区間の上流に位置する祓川橋地点での必要流量を正常流量と定める。そしてこれらの流量を得るために、農地転換と下水処理水の再利用について検討し、どちらの手法でも正常流量は確保可能であるという結論を得た。その他の案としては、表3に農地転換および下水の再利用の比較を示すが、下水の再利用に比べ農地転換は初期費用かつ維持費用が安価であることがわかる。

参考文献

- 1) 国土交通省：土器川水系河川整備計画, p.1, 2012.
- 2) 知花武佳ら：河床勾配で区分される小区間に着目した魚類生息環境評価に関する基礎的研究, 土木学会年次学術講演会講演概要, pp.388-389, 2001.
- 3) 石川悌二：川の生物図典, 株式会社 山海堂, pp.312-313, pp.350-351, pp.412-413, 1996.
- 4) 竹下伸一：稻一水田の水管管理あれこれ, http://www2t.biglobe.ne.jp/~bono/study/memo/rice_water.htm, 確認日2016年5月.
- 5) 日経ナショナル ジオグラフィック社：トマト一個を育てる為に必要な水量は?, <http://natgeo.nikkeibp.co.jp/nng/article/20141023/421311/?P=2&answer=2>, 確認日2016年5月.
- 6) 農林水産省：作況調査, http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumoto/sakkyou_yasai/, 確認日2016年5月.
- 7) AJINOMOTO Park：食材の目安量, <http://park.ajinomoto.co.jp/recipe/corner/meyasu>, 確認日2016年5月.
- 8) 農林水産省：統計情報, <http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/kensaku/bunya3.html>, 確認日2016年5月.
- 9) 山形県：水田で畑作物を作りたい方へ, <http://www.pref.yamagata.jp/ou/norinsuisan/140029/nouchifull/suidende.html>, 確認日2016年5月.
- 10) 農林水産省：農業経営収支（1戸当たり）, <http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat>List.do?lid=000001061833>, 確認日2016年5月.
- 11) 丸亀市：生活排水処理基本計画, p.57, 2011.
- 12) 公益財団法人 香川県下水道公社：浄化センターの紹介, <http://www.kagawa-gesui.or.jp/>, 確認日2016年5月.
- 13) 国土交通省：高度処理ナレッジ集～既存施設を活用した段階的高度処理の取り組み～, pp.142-145, 2014.
- 14) 国土交通省：機械設備積算基準（案）（対比表）第4章, pp.1-11, 2010.
- 15) 四国電力：法人向け料金メニュー一覧, <http://www.yonden.co.jp/kouri/menu/corp/>, 確認日2016年5月.

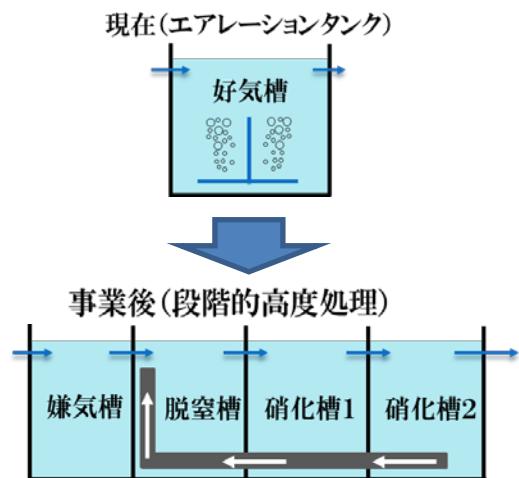


図3 段階的高度処理の例

表3 流量増加の方策の検討

	増加流量	初期費用	維持費用(年間)
農地転換	0.45m ³ /s	36万円	72万円
下水の再利用	0.45m ³ /s	48,367万円	8,670万円