

上流域において流量の減水・増水が河川物理環境に及ぼす影響に関する研究

筑波大学 学生会員 ○宇都宮 結樹
 学生会員 佐藤 三郎
 学生会員 今泉 覚
 正会員 白川 直樹

1. はじめに

河川の物理特性はそこを流れる流量によって決定される。流れ込み式水力発電所は、河川を流れる水を貯めることなくそのまま発電に使用する方式であり、取水地点や排水地点の周辺で、河川の流量は人為的な影響を受ける。本研究では、河川上流域の物理特性、特に河床材料分布に注目し、水力発電所の取水に伴う流量の大小が河川物理環境に与える影響について検討した。

2. 調査地点概要

本研究で調査の対象とした花貫川は、茨城県北部に位置する流路延長 19.4km、流域面積 63km² の二級河川である。調査区間は河口から約 12km、標高は 210m ~ 350m に位置しており、流域の大半は森林からなっている。河川形態は瀬淵が連なる Aa 型である。この区間では図 - 1 のように、本流の上流側で取水された水が発電に用いられ、支流に排水された後に本流と合流している。この影響により本流の取水地点から支流合流点までの区間では減水され（以下減水区間と呼ぶ）、また支流の排水地点から合流点までの区間では増水されている（以下増水区間と呼ぶ）。

3. 調査内容

2005年10月から2006年1月にかけて河道物理特性の調査を行った。調査日はいずれも晴天で、増水していない平常時の流量であり、また発電取水地点では全量取水されていた。減水区間では 50m ごとの断面で、増水区間および合流後の区間では淵の最深部の断面で川幅、水面幅、勾配、断面内最大水深、断面内平均流速、河床材料の大きさを計測した。流速は電磁流速計を用い、横断方向には水面幅を 10 等分して、鉛直方向には 2 割水深、6 割水深、8 割水深の位置で計測し、平均流速を算出した。河床材料は粒径の大きさにより 5 種類（砂、礫、巨礫、岩、岩盤）に分類し、各断面において河床の被覆面積が一番大きいものをその地点の代表河床材料とした。

4. 調査結果

(1) 流量

調査地点の各区間での流量を表 - 1 に示す。表 - 1 の値は 2005 年 12 月 20 日の観測値であるが、他の測定日においても流量にさほど変化がなかった。合流点より上流側の本流（減水区間を含む）の流域面積は、支流（増水区間を含む）の流域面積のおよそ 2 倍であるにもかかわらず、流量はおよそ 1/11 でしかない。



図 - 1 対象流域の地形図

(国土地理院 1/25000 地形図「高萩」「豎破山」より)

表 - 1 調査地点の物理特性と形状

	流量[m ³ /s]	流域面積[km ²]	河床勾配	比流量[m ³ /s/100km ²]
減水区間(A点)	0.063	24.0	1/28	0.26
増水区間(B点)	0.697	12.8	1/31	5.45
合流後(C点)	0.759	36.8	1/44	2.06

(2) 川幅、水面幅

調査地点の各区間の川幅と水面幅の関係を表したものを図 - 2(a), (b) に示す。減水区間では自然区間に比べて川幅が変わらないわりに水面幅が狭い。これに対し増水区間では、上流の自然区間に比べて水面幅が広く、合流後に比べて川幅が狭い。川幅に対する水面幅の比をみると、減水区間では 0.42、増水区間では 0.80、自然区間では 0.66 であった（中央値）。

(3) 河床材料

各区間における河床材料の大きさの分布を表したものを図 - 3(a), (b) に示す。図の印の大きさは河床材料の大きさを表し、また断面平均流速の違いで色分けしている。図より、減水区間では全体的に流速が遅く、また岩や岩盤が露出した河床が多く見られる。一方、増水区間では全体的に流速が速く、また礫や巨礫などが堆積しているために、減水区間と比べ粒径が小さい点が多く見られる。そして合流後の区間では流速は中間的で、また河床材料の大きさもさまざまであった。

5. 還元率と移動限界粒径の計算

測定により得られたデータから Shields の式¹⁾により図 - 1 の A, B, C 各点の断面で限界掃流力となる礫の粒径（以下移動限界粒径と呼ぶ）を計算した。表 - 1 の条件下で計算の結果、減水区間では 7.0cm、増水区間では 16.7cm、合流後の区間では 22.4cm であった。減水区間での移動限界粒径が著しく小さいのは取水の影響である。このため河床変動が起こりにくく、瀬・淵構造の多様性にも影響を及ぼしているとみられる。

キーワード：河川上流域，河道地形，河床材料，縦断方向の連続性

連絡先：〒305-8573 つくば市天王台 1-1-1, 筑波大学第三学群工学システム学類 E-mail: utsuno@surface.kz.tsukuba.ac.jp

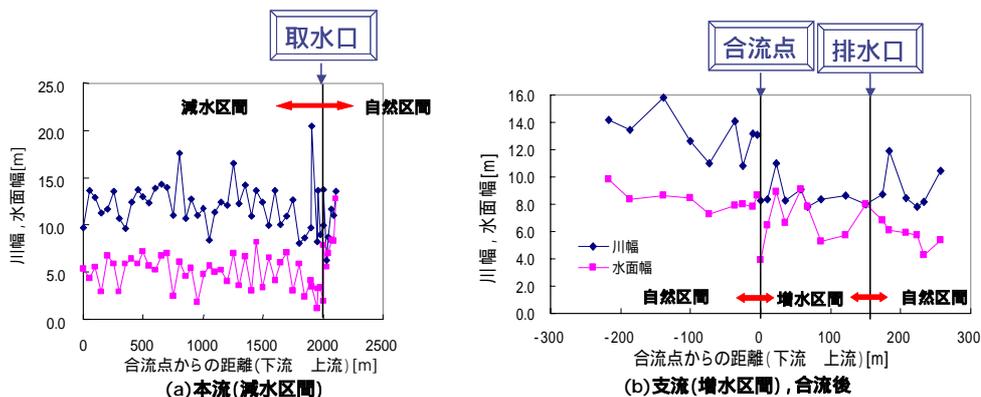


図 - 2 縦断方向に見た各区間の川幅と水面幅

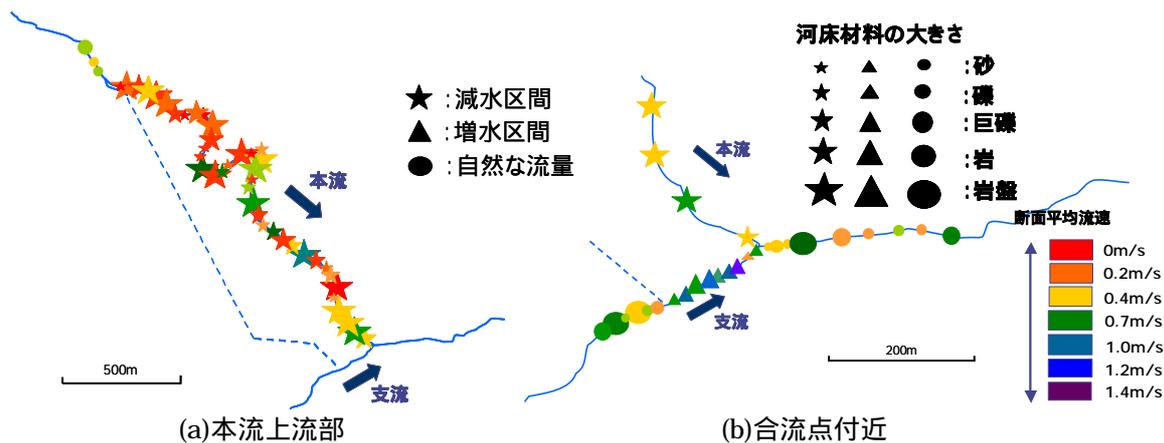


図 - 3 各区間における流速と河床材料の大きさの比較

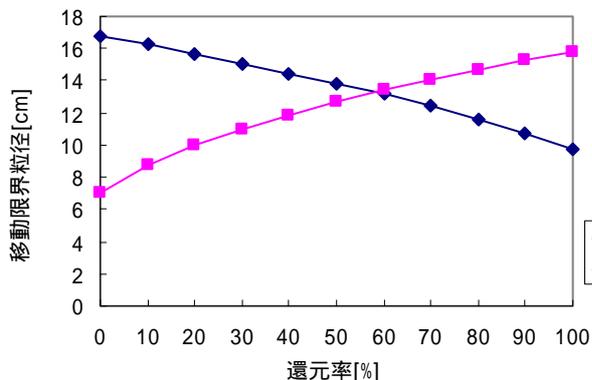


図 - 4 流量の還元率による移動限界粒径の変化

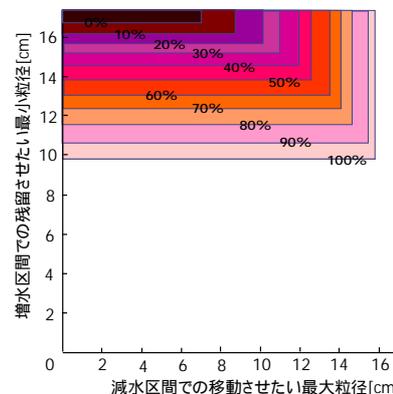


図 - 5 還元率に対する移動限界粒径

そこで取水の量を調整したときに増水区間と減水区間の移動限界粒径がどのように変わっていくのかを計算した。その結果を図 - 4 に示す。ここで図中の還元率とは、現在の取水量のうち減水区間に戻した流量の割合である。図より、取水の量を調整して還元する流量を増やすと、移動限界粒径の値が徐々に本来の河川の状態に近づいていくことがわかる。ここで現在の取水量を全て減水区間に戻し、本来の河川の状態にすると、移動限界粒径はそれぞれ減水区間では 15.8cm、増水区間では 9.8cm となった。

また図 - 5 は両区間の移動限界粒径をそれぞれ決めたいときに必要となる還元率の分布を表したものである。例えば、増水区間の移動限界粒径を 14cm、減水区間の移動限界粒径を 12cm に設定したいのなら、発電取水量を 50%還元して減水区間に流すとよいということになる。

6. まとめ

本研究では、流量の大小が河道物理環境、特に河床材料に与える影響を調査した。減水区間では川幅のわりに水面幅が小さく、増水区間では大きい。河床材料は減水区間では堆積物が少ないので岩や岩盤が多く見られた。増水区間では礫や巨礫などが見られたが、自然区間に比べて多様性は低い。移動限界粒径は減水区間で小さいのに対し、増水区間では大きく、流量還元率によってこれらの値がどれくらい自然状態に近づくかを表す図を作成した。

参考文献

- 1) 土木学会水理委員会：水理公式集[平成 11 年版]，丸善株式会社，1999。