

水のエネルギー

—川（流水）での物理現象—

大久保 政俊

自然の中から物理現象を発見し観察・探究することは、子供に物理に対する興味・関心を持たせるだけでなく、自然についての物理的見方を育て、認識を深めることへとつながる。ここでは、川をとりあげ、流水としての様々な現象・性質を考察する。とりわけ、流れの速さや水量を地形やれきの運動と関係付けて水の働きを理解しながら、水のエネルギーについて多面的に考察する。

[キーワード] 高等学校 物理 総合理科 川 エネルギー

1 はじめに

川は小・中学校では理科教材としてよく取り上げられるが、高校では地学・生物・化学領域にかぎられている。ここでは物理領域の観点から川（発寒川）を教材として、川の流れと地形の観察を通して、エネルギーの視点に立って自然の現象を理解し、探究する方法を提示する。

2 観察・実験例

A 川の流れ

観察の方法

- (1) 川全体を見渡して流れがどのようなになっているか、蛇行の様子、流れの速さ、深さ等に注目して調べる。
- (2) 川岸の様子、大きな石のあるところ、草の生えているところ、中州、流れの速そうな所、堰堤のあるところ等に注意しながら、橋や堤防の上から川原の概要を調べる。

結果と考察

- (1) 深くて流れが速い所（蛇行の外側、淵）と浅くて流れが遅い所（蛇行の内側）が出現することから、水深と流れの速さが相互に関係して川が蛇行していることがわかる。これをエネルギーの視点（運動エネルギー＋位置エネルギー）から考察する。
- (2) 深く掘れた淵と水深が浅く急勾配をなして対岸の淵に落ちていく瀬とが交互に繰り返して現れる。淵では水量が多くエネルギーがたまり、土砂を瀬を通して蛇行の外側に掃き出しエネルギーが散逸している。

B 堰堤の働き

観察の方法

- (1) 堰堤の上流と下流の川の流れを観察し、速さの違いを較べる。
- (2) 川底を考えて堰堤がない場合とある場合との比較より堰堤の働きを考える。

結果と考察

- (1) 堰堤を落下した川の水は堰堤の少し下流れまで窪んだり、波打つたり、渦を巻いたり、時には水が飛び上がったたりして、エネルギーが消散している。
- (2) 堰堤は川底が急勾配のとき段落ちの工法を使って、水のエネルギーを失わせてゆるやかな流れにしている。

C 川に置かれた岩の回りの流れ

観察の方法

- (1) 水面からでてくる岩の回りで川の流れがどのように変化しているか調べ、エネルギーの視点から考える。
- (2) 水底に沈んでいる大きな岩の上の水面では、どのような変化が見られるか調べる。

結果と考察

- (1) 岩の上流部分は流速が減速し、運動エネルギーが減少する分、水面が高くなり、位位エネルギーが増加する。下流部分では渦が発生している。
- (2) 水底に沈んでいる大きな岩の上の水面では、(1)と同様に水面が盛り上がり、その下流では渦が発生している。

D 流れが違う二つの川の合流点の様子

観察方法

- (1) 流れが違う二つの川の合流点付近での流れの様子を調べる。特に川の合流前後の速さ、渦の出来方に注目する。
- (2) 合流前の二つの川の温度、合流した後の川の温度を比較してみる。

結果と考察

- (1) 流れが違う二つの川が平行に接する境界では、速さの不均衡が生じて、流れの遅い方に水が流れ込み、渦が生じる。これによって流れの速さの差を解消（エネルギーの分散）しようとしている。
- (2) 自然界で熱的エネルギー保存則が成り立つかどうか、川の温度から検討する。大気との接触や風、日光の当たり具合、川の流れの影響も考慮して、総合的に考察する。

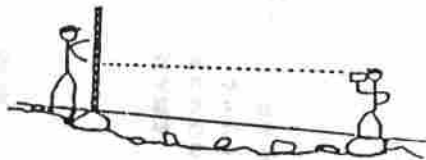
E 流速と水面の斜面

準備

目盛り付きポール、ハンドレベル、縄

方法

- (1) 図のように、目の高さに見えるポールを目盛りを読み、2地点の高低差（観測者の目の高さ－目盛りの読み）を求めて傾斜を求める。



- (2) いろいろな場所で2地点の傾斜とそれぞれの点の流速を調べる。

結果と考察

水面の傾斜と流速はどのような関係があるか、エネルギー保存の点から考える。

F 川底を流れる砂礫の観察

準備

牛乳パック、空き缶（底をくくり抜く）、ラップフィルム、ビニルテープ

観察方法

- (1) 牛乳パックや空き缶で箱メガネを作り、

水面に当てて川底をのぞく。

- (2) 水底での砂の動き、砂や泥が堆積しているところ、水中での砂礫の動きを観察する。

結果と考察

- (1) 岸からの距離、水深によって流れる砂礫の大きさ、量が違うことから、流れる水の速さ、エネルギーの違いを考える。
- (2) 水底のはまり石の後ろ側に砂が堆積している。はまり石の前後で、層流から乱流に変わり、流れ（エネルギーの移動）の向きに変化が生じているのがわかる。

G 流速と発電量

準備 スクリュー、モーター、ジョイント、電流計、電圧

方法

- (1) 流れに沿って、モーターにジョイントでつながっているスクリューを一定の深さに沈め、水力発電による電圧、電流の大きさを測定する。
- (2) 流速の違い（深さの違い）によって電流、電圧の大きさがどのように変化するか調べる。

結果と考察

- (1) 水力発電を効率よくおこなうには、どのようにしたらよいか、エネルギーの視点から検討する。

3 おわりに

川をエネルギーという大きな視点で観察してみると実に内容が豊かで興味ある題材が多い。川の現象を専門的に細かく見るのではなく、観察を通して、特徴をとらえることが望ましい。本研究を行うにあたって地学研究室から多大なご教示を頂いたことに感謝致します。

4 参考文献

- 1) 谷 一郎(1967)：流れ学、岩波書店
- 2) 可視化情報学会(1986)：流れのファンタジー、講談社
- 3) 山田 勝家(1993)：川はなぜ曲がるのか、理科の教育 (11月号)
(おおくぼ まさとし 物理研究室研究員)

発寒川の観察

物理領域

平成7年9月26日



堰堤の働き
川の川底が急勾配の時、水の「ばた」を失わせてゆるやかな流れにする。
落下した水は少し下流まで回み、波打ったり渦を巻いたり時には水が跳び上がり、水のエネルギーが消散する。
(排水現象)

水の中に石を置くとうなるか
エネルギー的に考慮させる
石の上流側はエネルギー保存より
下流側はエネルギーが減少する分水面
が高くなる。位置エネルギーが増加

- ＊砂・泥の堆積の観察
- (1) 大きな石の下流側砂が堆積
水の中のはまり石(れきとれきの間に挟まった石)の下流側砂が堆積
 - (2) 水ぬがねで観察
水底の砂の流れを観察
砂・泥を舞い上げさせて観察
(3) 板の上に人工的に砂・泥をのせて流れ方を観察
次に砂と泥を混ぜて流れ方を観察→泥がたまる
 - (4) 水中のはまり石の近くで、乱流
乱流を観察する