

# 荒川における水面変動の解析と利用

## —身近な自然エネルギーの提唱—

Analysis and Utilization of Water Surface Fluctuation in the Arakawa River

—Advocacy for Natural Energy in Our Daily Lives—

関連する分野 自然エネルギー 水面変動 気候 シミュレーション 塩水楔

筑波大学附属高等学校2年 三木 惺三朗

### 研究背景 / 目的

私はボート部に所属しており、荒川での練習の際に**荒川の水位が変化**していることに気がついた。何故このような現象が発生するのか調べたところ、「感潮」と呼ばれる潮汐によって影響する自然現象であることがわかった。しかし、水の中の様子は実際に見ることができず、不明瞭であるため感潮がどのように発生するのか疑問に感じた。このことからどのように荒川は水位変動をしているのか解析し、感潮が周囲に与える影響について評価した。また、2024年に荒川放水路は**通水から100年**を迎える。荒川特有の貴重な地形や水資源を利用する発電や農業を考える等、**これからの100年をより良くする循環型社会**を考える。

### 基礎

以下は荒川の地図である。



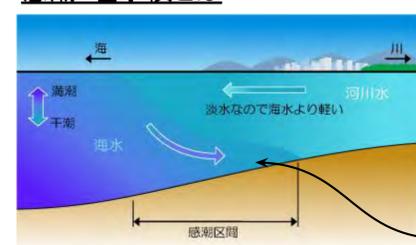
図1 荒川の全体図(2024年)  
(地理院地図Vector 川だけ地図,標準地図を用いて作成)

明治43年の大洪水を経て、荒川の河口から上流22kmは人工的に「荒川放水路」が建設された。

表1 荒川の概要(2024年)  
(荒川下流河川事務所 Arakawa Riverside View Data より作成)

全長	173km
流域面積	2,940km <sup>2</sup>
放水路全長	22km
水源	甲武信ヶ岳

### 感潮・塩水楔とは



**感潮**  
海の潮汐の影響を受け、図2のように海水が河川に流入し、河川の水位が上下すること。この影響を受ける区間を感潮区間という。

**塩水楔(えんすいすくさび)**  
潮が満ちてくると海水がくさび状に遡上してくる。...V字形にとがった木片。木を割る際に右図のように用いることが多い。

### -荒川の水面変動の解析-

#### §.1 荒川は感潮河川であるか

荒川が感潮河川であるかを確認するために、荒川の水位について調べた。2023年08月28日0:00から72時間の水位データを用いてグラフを作成した。データは川の防災情報より引用した。グラフは図3の通り。

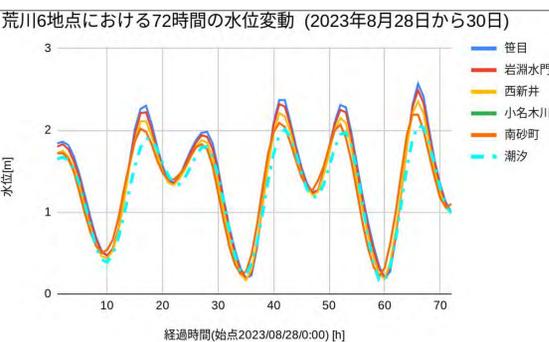


図3 荒川の水位変動(2023/08/28-08/30)  
(川の防災情報 各観測地点データより作成)



図4 各観測地点(2023/08/28-08/30)  
(川の防災情報 各観測地点データより作成)  
北より赤ポイントは 笹目,岩淵水門(上),西新井,小名木川,南砂町となっている。  
青ポイントは潮汐観測の東京である。

なお笹目より上流にある観測所では、秋ヶ瀬水堰によって感潮は起こらない。一方、秋ヶ瀬水堰より下流にある荒川の観測所では図3より全て水位が定期的に変動していることが、グラフより読み取ることができる。ここから、**潮汐の影響**を受けている可能性が高いことがいえる。しかし、水位だけ確認しても**潮汐の影響を受けているか断言できない**。

#### §.2 荒川における海水の流入について

水位変動だけでは海水の流入を受けているか断言することはできない。海水が河川に流入している場合、**塩分濃度が通常の河川よりも高くなる**はずである。この現象を利用して、各地点における荒川の塩分濃度を測定し、感潮が起こっているのかを考えた。

#### 材料・機材

糖度・塩分濃度手持屈折計(C-Timvasion社)、蒸留水、ガーゼ、スポイト、各地点の荒川の水、phyphox  
なお「糖度・塩分濃度手持屈折計」を以下「濃度計」と省略する。

#### 測定方法

以下の手順で測定を行った。

1. 任意の測定ポイントへ行き、材料及び機材を確認する。
2. 塩分濃度計のプリズムに蒸留水を2-3滴たらし30秒待機し、サンプルの温度が濃度計の温度に調整されるのを待つ。
3. この際に濃度が0%を示していない場合、補正を行う。
4. 校正が終わった後、サンプルをプリズムに2-3滴たらし、目盛りを測定する。プリズムとサンプルが同じ温度になるよう、水滴をたらした後しばらく放置する。なお、サンプルは河川の表層部の水を採取した。
5. phyphoxを用いて位置を記録する。この際、正しい緯度、経度、高度を読み取るために、値が10秒安定するまで放置する。

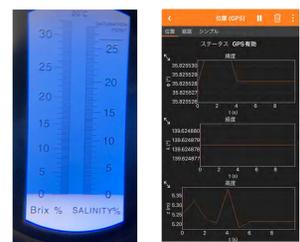


図5 塩分濃度手持屈折計

図5のように0%になるように補正し、値を読み取る。青い部分と白い部分の間が塩分濃度の値である。写真の場合、濃度0.00%となる。

#### 図6 phyphox

図6はphyphoxの画面である。グラフの表示が平行になり値が安定した際、その値を読み取る。写真の場合、緯度35.825528 経度139.6248783 高度5.22mとなる。

なお今回の測定では、葛飾区堀切付近(荒川河口から上流に10kmほど進んだ地点)から、羽根倉橋(秋ヶ瀬水堰より2km程度上流にある地点)までの約27kmを目視観察しながら測定を行った。2024/03/16に測定を実施。



図7 彩湖中部の景観  
注 この時は上流から下流に向かって流れていた  
(2024年3月16日 三木撮影)



図8 小菅付近の景観  
注 この時は上流から下流に向かって流れていた  
(2024年3月16日 三木撮影)

見かけの水が遡上する速さは河口に近づくに連れて速くなっていた。

測定結果と観測の結果、地点は図9を参照。上流は戸田橋より7:30より観察開始、9:30終了。下流は戸田橋より14:15観察開始、15:30終了。いずれも起点、終点は戸田橋、折り返し地点は羽倉橋より1km上流、河口より10kmの堀切である。

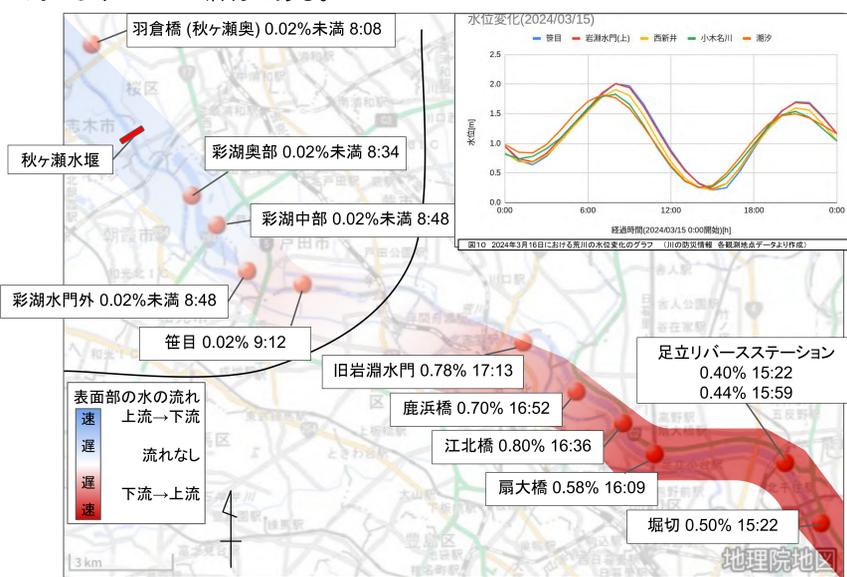


図9 2024年3月16日における荒川の塩分濃度の分布の地図 (実測データをもとに作成)

環境省によると河川の塩分濃度はほぼ0%となっている。羽倉橋付近で塩分濃度が0.02%未満より、潮汐を受けない地域の荒川の塩分濃度は0.02%未満、旧岩淵水門より**下流では塩分濃度が0.5%を超えており海水の流入がある**ことが分かる。

しかし、笹目では水位変化があるが、高い濃度が測定できなかったことから、**海水の流入は表面には見られない場合もある**と考えられる。

#### §.3 塩水楔のシミュレーションモデル

海水の流入が表面に見られない場合があることを以下の手順で確認した。

#### 研究方法

pythonを用いてシミュレーションを行う。  
塩分拡散を2次元で考え、2次元の塩分拡散方程式を数値的に解く。  
初期条件として淡水が塩水、左端が海水、水の流れと重力を設定し、塩分の移動を時間とともに追跡した。

#### シミュレーションモデル 結果

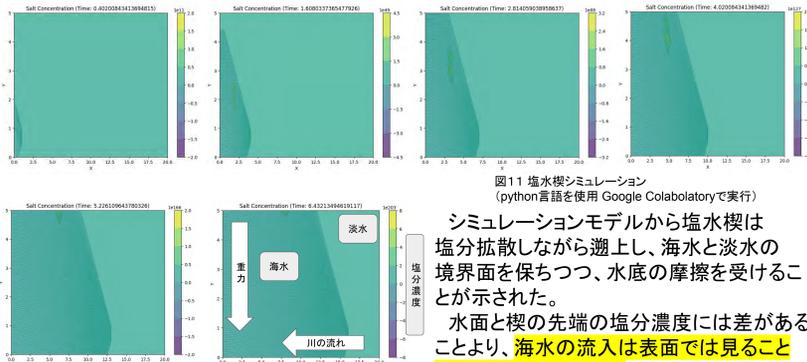


図11 塩水楔シミュレーション  
(python言語を使用 Google Colabatoryで実行)

シミュレーションモデルから塩水楔は塩分拡散しながら遡上し、海水と淡水の境界面を保ちつつ、水底の摩擦を受けることが示された。水面と楔の先端の塩分濃度には差があることより、**海水の流入は表面では見ることができない場合もある**ことが分かる。

以上のことから荒川は潮汐の影響を受ける感潮河川であり、海水は楔状に河川に流入することがわかった。

### 河川の流れを利用する発電 - 100年後の荒川へ

近年自然エネルギーが注目されているが、河川の流れを利用した小水力発電は僅か。都市部に流れている河川である荒川を利用して、都市で電力を作り都市で消費する、**循環型の社会**について考える。

#### 計算方法①



図12 旧岩淵水門の景観  
(2024年3月9日 三木撮影)

旧岩淵水門にて木片を流し、流速を測定した。その結果、平均流速は0.27m/sと出ていたが、川の流れて反対に流れていく場合もあり、感潮区間を考えると平均流速の測定は困難ということがわかった。そのため推移データを利用して発電量を算出することとした。

#### 計算方法②

- ① マニングの公式を用いて流速から発電量を求める式を一般化する
- ② 実際の気象データを用いて水位変動から発電量を算出する
- ③ 算出した値をグラフ化し、変化をまとめる

$$W = [1 / (1 / 17500) * (157H) * 157H / (157 + 2H) ^ (2/3) * 1 / 17500 ^ (1/2)] / (157H) ^ 2 * (1/2) * P / 100$$

[P=発電効率(%) H=水深(m) 川の勾配1/7500 粗度係数0.027 水路幅157m とした]

旧岩淵水門の水位データを用いて、降水のない日、平均降水があった日、台風等の多量降水があった日の条件下でどれほど発電するかを計算した。なお、先行研究より最大、最小発電効率を56%,30%にした。

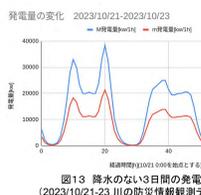


図13 降水のない3日間の発電量の変化  
(2023/10/21-23 川の防災情報観測データより作成)

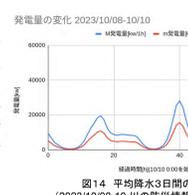


図14 平均降水3日間の発電量の変化  
(2023/10/08-10 川の防災情報観測データより作成)

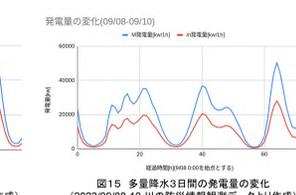


図15 多量降水3日間の発電量の変化  
(2023/09/08-10 川の防災情報観測データより作成)

理論上では年間5209億Wh電力を生産することが可能である。しかし、マニングの公式は流速が高く出ると、値の妥当性は低い。

### 結論 / 展望

荒川は感潮河川であり、また海水が流入していることがわかった。塩分濃度の測定から、どの範囲で塩分を含むのかを考えることで、農業へ用いることも検討が可能である。100年後の荒川を見据えた、河川を利用した発電の有用性については、今回のシミュレーションでは数値的に示すのは難しかったが、実際に実験し有用性が示されれば、都心の循環型社会がより促進されるだろう。

### 謝辞 / 参考文献

[謝辞]  
研究を行うにあたり、ご指導をくださいました、筑波大学大学院システム情報系構造エネルギー工学科 白川直樹 准教授、松野大河さん、松下先生、中村先生、様々なご支援ご協力いただきました、未来を創る科学技術人材育成プログラム 筑波大学GFESTプログラム、今清水真理さんに深く感謝いたします。  
[参考文献]

- 1) 来島海峡におけるダリウス形水車による潮流発電 木方 靖二, 塩野 光弘(1992) 電気学会論文誌D 1992年 112巻 6号 p. 530-538
- 2) 宋元平・小田一紀・重松孝昌・注 思明 海岸工学論文集 第46巻(1999) 河口域における密度流形態と最大混濁帯の2次元数値シミュレーション ほか13件