

## 河床粒径の変化Ⅱ ～海岸段丘の遷急点を求めて～

静岡県立清水南高等学校中部

2年 河原崎 朱

### 1 研究の動機

私が小学校1年生のとき、川原の石に興味を持って、研究をスタートしてから今年で8年目をむかえた。小学生で行った研究では、1年生のときに感じた「川の石はどこからやってくるの?」という疑問がそのまま小学校6年間での研究テーマの題名になった。中学生からは、「河床粒径の変化」に研究テーマの題名を変更することにしたが、研究の内容は、これまでの調査結果から生じた疑問から出発しており、つながった研究になっている。それでは、中学校1年生までの7年間で行ってきた研究の経緯について、簡単に振り返ってみたいと思う。

小学校1年生のときに家族で川へ遊びに行ったことがあった。川原で石を投げて遊んでいるとき、川原にとってもたくさんの石があるのを見て、「この石たちは、いったいどこからやってきたのだろう?」

「きっと、海から波で運ばれてきたにちがいない。調べてみたい!」

と思ったことが、この研究を始めるきっかけであった。

小学校1年生の研究では、「どこから川原の石がやってくるのか」について調査するために、大井川の上流と中流、下流の3地点で川原の様子や石の大きさを調べた。上流へいくほど石の大きさが大きくなっていったことから、上流の方にある山からやってきた大きな石が、川の水のはたらきによって、下流に運ばれる間に小さくなっていくのではないかと考えた。

小学校2年生の研究では、私が自分で名づけた「あつまり石」(実際には、ケツ岩入りのレキ岩)という石が、いったい大井川のどこからやってくるのかについて調査をすることにした。G地点の奥泉駅下(河口から87km)では「あつまり石」が見つからず、F地点の八木キャンプ場(河口から77km)までは見つかっていることから、「あつまり石」は、F～G地点の間の露頭からやってくるのではないかと考えた。

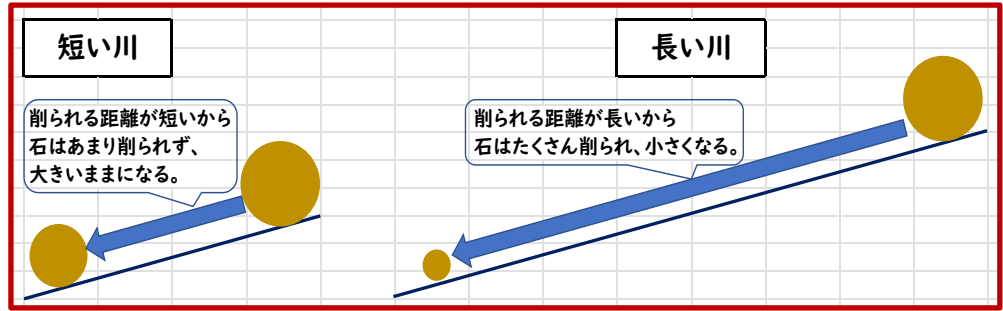
小学校3年生の研究では、今まで調査してきた大井川ではなく、安倍川で石の調査をした。石の種類には、大井川と安倍川の両方の川に見られる石と、安倍川だけに見られる石(セキエイハン岩やジャモン岩)があることがわかった。

また、大井川と安倍川の両方の河川において共通して、石の大きさが上流に向かって必ず大きくなっていくことがわかった。

小学校4年生の研究では、新たに瀬戸川を調査することで、川の長さの違いによる石の大きさの関係性についての研究を行った。1級河川である大井川(全長168km)と安倍川(全長51km)、2級河川である瀬戸川(全長26km)の石の大きさについて調査をした。これまでの研究から、川の長

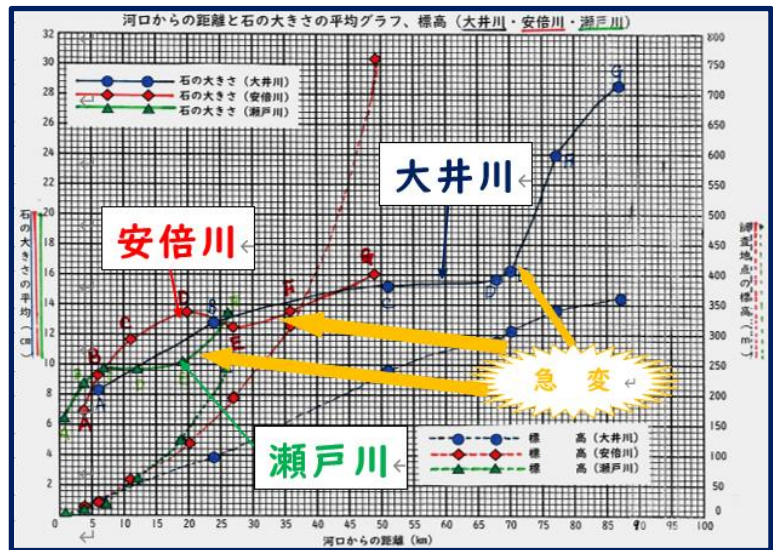


さが短い安倍川の方が比較的石の大きさが大きくなっていった。このことから、長さが短い川の方が、石の削られる距離がより短くなるので、石の大きさは大き



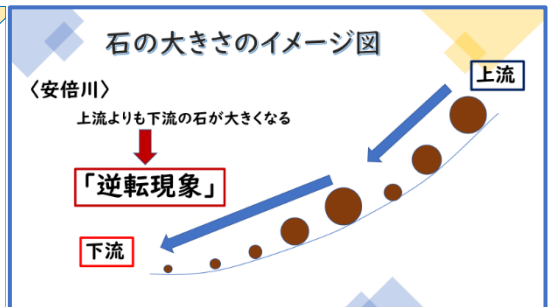
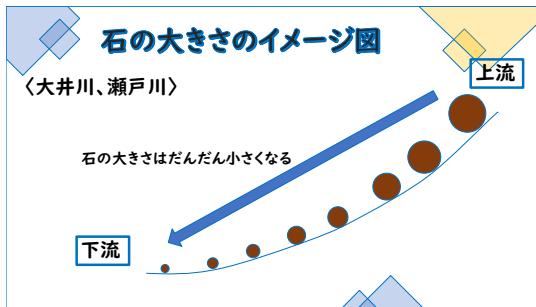
くなると思った。そこで、安倍川よりもさらに短い瀬戸川では、石の大きさがもっと大きくなっていると仮説をたてて調査を行った。しかし、予想に反して長い距離を流され削られているはずの安倍川の石の方が、瀬戸川の石よりも大きくなっていった。川の長さとの関係性は見られなかったことに納得がいかなかった。**※この疑問については、後の小学校6年生の研究で解決することとなった。**

小学校5年生の研究では、今まで調査した石の大きさをグラフで表したとき、右のグラフ中の大井川では河口から70km、安倍川では30km、瀬戸川では20km付近から急激に石の大きさが変化していることに気づいた。地図から地形の変化や川底の傾き（以後、下線部を「河床勾配」と書く）の変化を調べることで、この石の大きさが急変する原因は、地形や河床勾配の影響により川の水の流れに変化が生じたからであることがわかった。

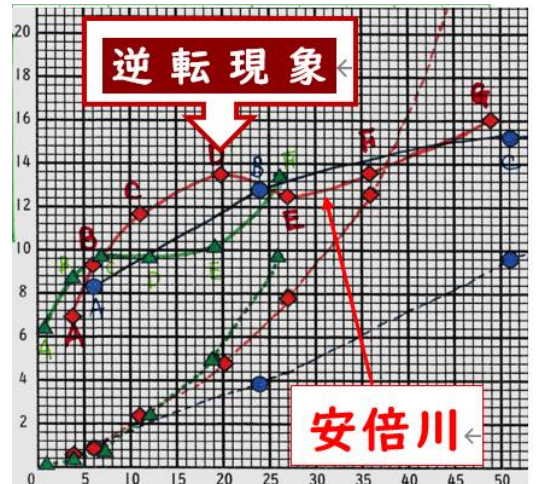


小学校6年生の研究では、これまで調査を行ってきた大井川と安倍川、瀬戸川

の3河川での石の大きさのデータを改めて分析してみた。すると、3河川すべてにおいて上流



から下流に向かって石は削られていき、必ずだんだんと小さくなっていくが、上流よりも下流の石の大きさの方が大きくなるという現象（以後、下線部にある現象を「逆転現象」と書く）が唯一起きている地点が見つかった。逆転現象を表したものが右グラフである。（右グラフは、グラフの一部を拡大したものである。）それは、安倍川の河口から約20kmにある地点（竜西橋北付近）であった。調査の結果、安倍川の逆転現象の原因は、支川である中河内川から本川の安倍川よりも粒径の大きな石が流入しているからであることがわかった。



また、このような逆転現象が、天竜川でも起きているのか、起きているとしたらその原因は何なのかについても調査した。その結果は、予想に反して天竜川でも逆転現象が2地点で確認され（次ページグラフ）、ダムの影響で



水の流力が土砂を運ぶ力（以後、下線部を「掃流力」と書く）の大きさが変化したためであることを突き止めることができた。

ダムは人工的に水をたくわえ、台風や大雨が続いた時などは、下流へ大量に放流することがある。このようなダムの下流では、水量や水流がとても大きくなるために、掃流力もとても大きくなってしまいます。本来ダムの下流のその場所にあるべきサイズの石たちが、ダムの放流によるたいへんに大きな掃流力によって下流へ押し流されてしまい、大きな石たちだけがその場所に取り残されてしまったのではないかと考察した。

中学校1年生の研究では、今まで確認されていない大井川でも、天竜川と同じようにダムの影響を受けて逆転現象が起きているはずである、と仮説をたてて調査を行った。今まで調査を行っていなかった長島ダムよりも上流を調査し、やはり天竜川と同じようにダムの下流に逆転現象が起きていることを確認することができた。

また、逆転現象と遷急点の関係性について調査を行った。遷急点とは、「山地斜面を眺めると、多くの場合尾根から麓に向かい傾斜が急になる地点（傾斜変換点）がある。この点を遷急点といい、遷急点を連ねた線を遷急線と呼んでいる。」と説明されている。右の図を見ると①、②、③の3つの面があるが、遷急点（遷急線）を境に面の傾きが急激に変化している。この図は河川兩岸にある斜面についてだが、河床勾配においても傾きが急激に変化する遷急点が存在することが知られている。河床勾配は、普通上流ほど大きく急斜面になり、下流へ行くにつれて小さく斜面も緩やかになっていく。しかし、ダムや滝ほど急激ではなくても上流よりも河床勾配が大きくなっている遷急点のような場所が存在する。そのような場所では、流速も大きくなるために掃流力も増加する可能性が高い。そのために、逆転現象が起きることに何か影響を与えているのではないかと思い調査を行った結果、

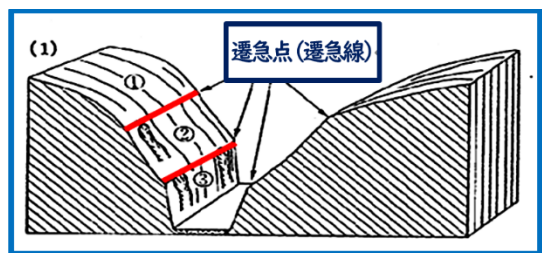
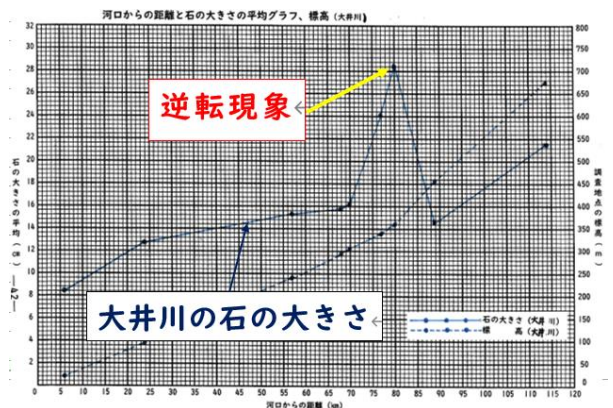
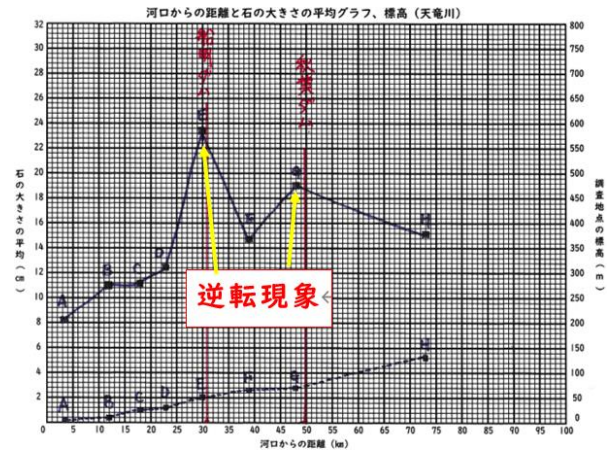
- ・逆転現象が起きていない河川では、遷急点が見られず、逆転現象が起きている河川には見られる。
- ・河川にダムがある場合は、ダムの下流に逆転現象が見られ、ダムの上流に遷急点が見られる。
- ・支川から大きな石が流入している河川の場合は、逆転現象と遷急点と同じ地点で見られる。
- ・逆転現象が見られなくても、海岸段丘が形成されている場合は、遷急点が見られる。

ということがわかった。

これまでの7年間の研究では、主に川原の石の大きさ（河床粒径）について調査を行ってきた。調査を続けていくと河床粒径は、河川流路の環境（川幅・流速・流量・河床勾配・蛇行・ダム等）の影響を強く受けていることがわかってきた。河床粒径を調べる上で、特に大きな影響を与えている可能性が高い河床勾配について、もっと詳しく追究していく必要性を感じた。

そこで、今回行っていく中学校2年生の研究では、特に遷急点（河床勾配が急激に変化している地点）の内容に絞って追究していきたいと思う。

また、小学校4年生の研究で「上流から石が削られながら流れてきているのならば、川の長さが長い（河川流路距離が長い）河川の方がたくさん削られるために川原の石は小さくなっているはずだ。」という仮説をたてたが、瀬戸川よりも約2倍長い安倍川の石の方が大きくなっていたことに疑問を持っていた。



【遷急点（線）の図 中国地質調査業協会より】

小学校5年生で「流れる水のはたらき」の理科の授業で、上流の石は大きくてかくばった石が多く、下流の石は小さくて丸みをもった石が多いことを学習した。そして川の石は、水の流れによって上流から転がりながら削られていくことで、下流の石ほど小さくなり、上流の石ほど大きくなっていくと学習した。確かに、流水のはたらきによって石が小さく削られることは事実だろう。しかし、だからといって下流に行くほど必ずしも石が小さくなるというわけではないという事実がわかってきた。それが上流よりも下流の石の方が大きくなっている逆転現象の発見であった。ダムのない安倍川の場合、逆転現象の原因として考えられるのは、支川である中河内川から大きな石が流入してくることからであった。

一方、ダムのある大井川や天竜川の場合、ダムの放水で発生する強大な掃流力によって、ダム直下に大きな石だけ残ることで逆転現象が起きることがわかった。

これらのことから川原の石の大きさは、石が転がる距離（川の長さ）ではなく、その場所での掃流力の大きさに関係しているということがわかり、解決してすっきりとして嬉しかった。

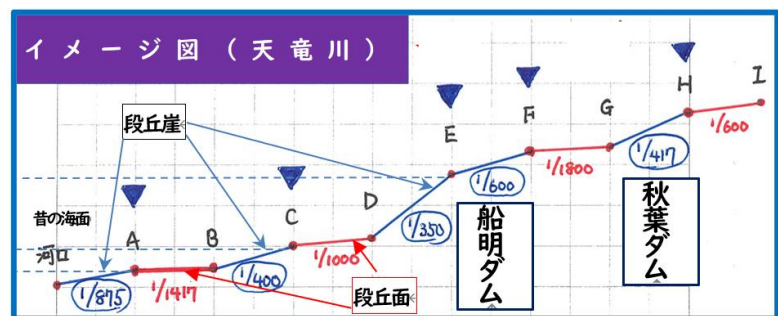
以上のような経緯を基に、今回の研究を進めていきたいと思う。

## 2 研究の仮説

前回の中学1年の研究から天竜川では、海岸段丘と推測される階段状に並ぶ遷急点が見られた。しかし、大井川や安倍川では、このような遷急点を見つけることはできなかった。過去の巨大地震の影響などで陸地が隆起することや、縄文海進からの気候変動による海退によって海岸段丘ができたのであれば、天竜川からさほど離れていない大井川や安倍川でも、天竜川と同じように階段状の海岸段丘がみられても不思議はないはずだ。大井川や安倍川の河口は、天竜川の河口から直線距離で50~70 km程度しか離れていないからだ。

そこで、今回の研究では、

- (1) 天竜川の標高70m以下に見られる遷急点が、海岸段丘の段丘崖が原因であるなら、さほど離れていない大井川にも、標高70m以下に遷急点が存在するはずである。
- (2) 同様に安倍川にも、標高70m以下に遷急点が存在するはずである。という2点の仮説をたてて、追究していきたい。



## 3 研究の方法

### (1) 遷急点の調査方法について

遷急点を見つけるためには、各調査地点間の河床勾配を比較する必要がある。

河床勾配とは、河床（川底）の傾斜している程度を数値化したものである。河床が1m高くなるためには、上流に何m進まなければいけないのかを表した数値である。例えば、河床勾配が「1/100」と表されている場合、河床が1m高くなるためには、上流へ100m行かなければならないことを表している。

つまり、分母の数値が小さくなるほど川底の傾斜（河床勾配）は急になり、分母の数値が大きくなるほど緩やかになると読み取ることができる。河床勾配を計算するためには、各調査地点の標高と調査地点間の距離（河川流路距離）を求める必要がある。

今回は、天竜川の河口からの7地点を基準の標高として比較していくので、大井川と安倍川の調査する標高は共通して決まっている。基準の標高は、4m、10m、25m、30m、50m、65m、70mの7地点を大井川と安倍川についても、それぞれ河口からの距離を見つけていかなければならない。

それでは、これから遷急点について調査する上で〈準備するもの〉と、〈遷急点の調査方法〉について、説明をしていきたい。

ア 準備するもの ・各調査地点の国土地理院の地図 ・各調査地点のデータ表

イ 遷急点の調査方法 ・本来、河床勾配は上流から下流に向かうにつれて、緩やかになっていくが、



逆に上流から下流に向かうにつれて河床勾配が大きくなり、急斜面になっている遷急点を表やイメージ図から見つけていく。

次に、調査していく手順についての説明をしていきたいと思う。

(ア) 国土地理院の地図から、各調査地点の標高や河口からの距離（河川流路距離）を読み取り、そのデータをまとめた表を下表のように河川ごと作成する。

〈地点、採集ポイント名〉	河口からの距離 (km)	標高 (m)
〈A地点、東名下〉	6 km	20 m
〈B地点、神座小前〉	24 km	95 m
〈C地点、涼徳橋下〉	57 km	240 m

(イ) 例えば上表のデータで、河口からA地点までの河床勾配を求めてみたいと思う。河口を河川流路距離0km、標高0mとすると、A地点までの河川流路距離が6km（6000m）で標高差が20mになる。河口からA地点までの河床勾配を $1/X$ とすると、 $1/X=20/6000$  なので、 $X$ は、 $6000 \div 20=300$  となり、河床勾配は、 $1/300$  となる。

つまり、河口からA地点までは、河床が1m高くなるためには、上流へ300m行かなければならないということを表している。

次にA地点からB地点間の河床勾配は、

AB間の河川流路距離（24000m—6000m）÷ AB間の標高差（95m—20m）=18000÷75=240 となり、河床勾配は、 $1/240$  となる。

(ウ) その後も、BC間、CD間…というように、(イ) の計算をして調査地点間の河床勾配を求める。

(エ) 上流から下流に向かって、河床勾配が大きくなっている遷急点をみつけ、海岸段丘との関連性について考察していく。

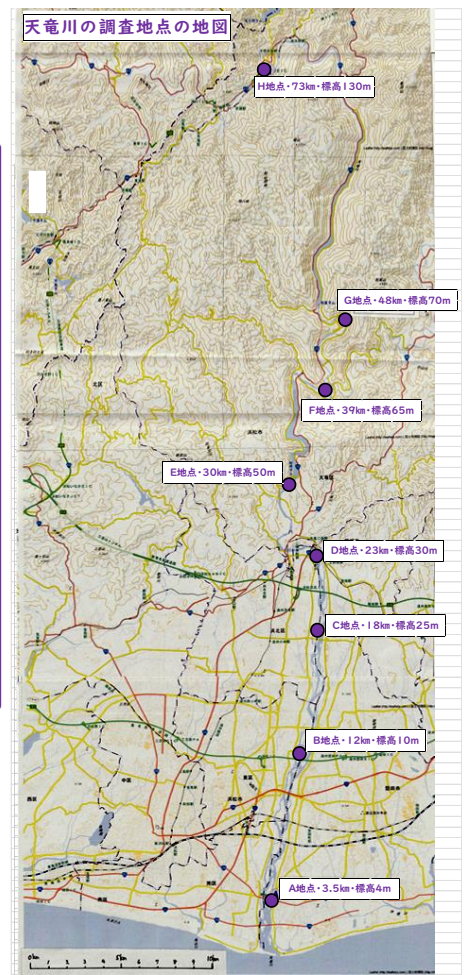
## 4 研究の結果

### (1) 天竜川の結果

天竜川の7地点での河床勾配			標高差 (m)	距離 (m)	河床勾配
〈地点、採集ポイント名〉	河口からの距離 (km)	標高 (m)			
〈A地点、掛塚付近〉	3.5 km	4 m	4	3500	$1/875$
〈B地点、天竜川橋付近〉	12 km	10 m	6	8500	$1/1417$
〈C地点、浜北橋付近〉	18 km	25 m	15	6000	$1/400$
〈D地点、飛龍大橋付近〉	23 km	30 m	5	5000	$1/1000$
〈E地点、船明ダム付近〉	30 km	50 m	20	7000	$1/350$
〈F地点、横山トンネル付近〉	39 km	65 m	15	9000	$1/600$
〈G地点、竜山大橋付近〉	48 km	70 m	5	9000	$1/1800$

河口からA地点間、BC地点間、DE地点間、EF地点間の4地点間で、上流よりも下流の方が河床勾配の大きくなっている遷急点が確認できた。

よって、天竜川での遷急点は、**A地点**と**C地点**、**E地点**、**F地点**の**4地点**である。



## (2) 大井川の結果

大井川の7地点での河床勾配			標高差 (m)	距離 (m)	河床勾配
〈地点、採集ポイント名〉	河口からの距離 (km)	標高 (m)			
〈a地点、AGCテラガラス工場前〉	1.2 km	4 m	4	1200	1 / 300
〈b地点、富士フィルム工場前〉	2.7 km	10 m	6	1500	1 / 250
〈c地点、はばたき橋上流〉	6.9 km	25 m	15	4200	1 / 280
〈d地点、新幹線高架付近〉	8.4 km	30 m	5	1500	1 / 300
〈e地点、横井運動場公園付近〉	13.2 km	50 m	20	4800	1 / 240
〈f地点、新金谷駅付近〉	16.2 km	65 m	15	3000	1 / 200
〈g地点、新大井川橋下流〉	17.5 km	70 m	5	1300	1 / 260

大井川の調査地点の地図



a b地点間とb c地点間、e f地点間の3地点間で遷急点があることが新たに確認された。大井川での遷急点は、**b地点**と**c地点**、**f地点**の3地点である。

よって仮説の通り、大井川にも天竜川と同じような海岸段丘が原因である可能性が高い遷急点が3地点存在していることがわかった。

## (3) 安倍川の結果

安倍川の7地点での河床勾配			標高差 (m)	距離 (m)	河床勾配
〈地点、採集ポイント名〉	河口からの距離 (km)	標高 (m)			
〈a地点、南安倍川橋付近〉	1.0 km	4 m	4	1000	1 / 250
〈b地点、静岡大橋付近〉	2.8 km	10 m	6	1800	1 / 300
〈c地点、安西橋付近〉	6.2 km	25 m	15	3400	1 / 226.7
〈d地点、スポーツ広場付近〉	7.2 km	30 m	5	1000	1 / 200
〈e地点、狩野橋上流〉	10.5 km	50 m	20	3300	1 / 165
〈f地点、諸岡山前〉	12.7 km	65 m	15	2200	1 / 146.7
〈g地点、新安倍川橋付近〉	13.4 km	70 m	5	700	1 / 140

安倍川の調査地点の地図



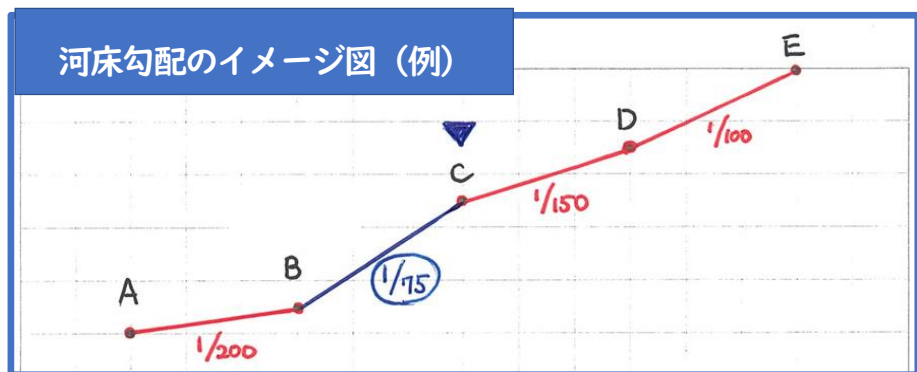
河口からa地点間だけの1地点間で新たに遷急点があることが確認された。安倍川での遷急点は、**a地点**の**1地点**だけである。

よって仮説の通り、遷急点はあったが、天竜川と同じような海岸段丘が原因である、階段状の複数の遷急点は存在していないことがわかった。

## 5 研究の考察

河床勾配を分析するとき表だけでは一見するとわかりにくい。そこで、イメージ図を使って、河床勾配の大まかな傾向をつかみながら分析し、考察していきたい。

右図が、河床勾配を表したイメージ図の例である。右側の

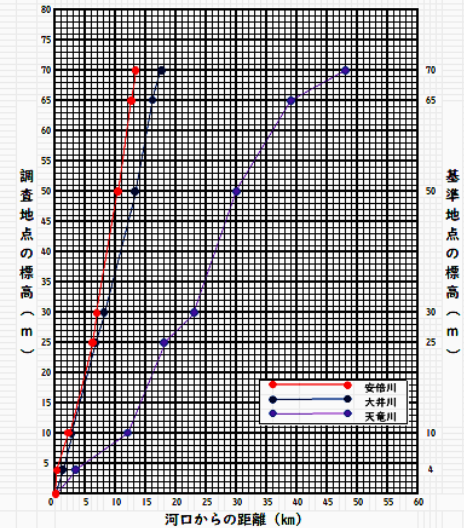
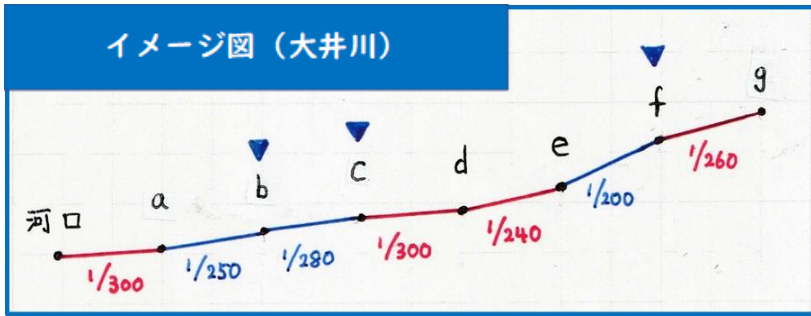


の上流から左側の下流に向けての河床勾配を表している。図中のA、Bなどは、調査地点を示しており、▼は遷急点の位置を表している。ただし、地点間の距離や標高の縮尺は、正しく表記されたものではなく、あくまでも傾向をつかむためのイメージ図である。数字は、その地点間の河床勾配を示している。



## (1) 大井川の考察

河口からの距離と標高のグラフ (天竜川・大井川・安倍川)



仮説通りやはり大井川にも、標高 70m 以下に遷急点が存在していた。前回の研究では、大井川での標高 70m 以下の調査地点が 1 地点しかなかったために見つけることができなかったのだろう。

今回の調査で、大井川でも 3 地点の遷急点が見つかり、おそらく海岸段丘の段丘崖が原因となっている可能性が高い。天竜川からあまり離れていない大井川でも、標高 70m 以下で遷急点が見つかった事実から、たぶん大地の隆起や海退によって、外洋に面した天竜川だけでなく駿河湾内の大井川など広範囲にわたり、海岸段丘が形成されたのであろう。

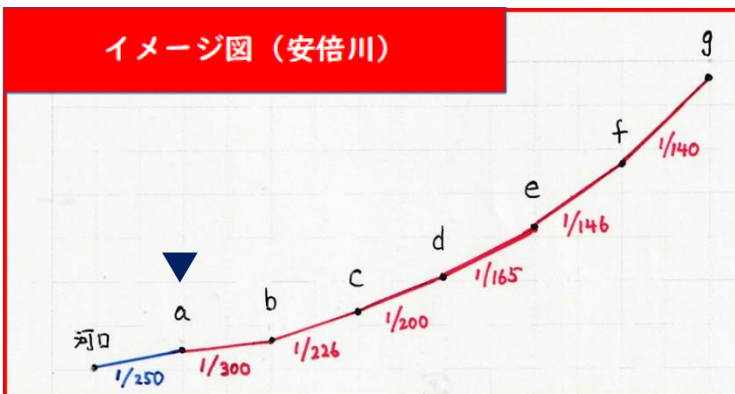
ただ気がかりなことは、天竜川のようにきれいな階段状になっていないことだ。大井川の方が河床勾配もきつく、水の流速も速いため段丘崖が早く侵食されてしまったのかもしれない。それともまだ他の原因が隠されているのだろうか？

浜松河川国道事務所で、教えていただいたお話の中に、旧河川流路の影響というものがあった。このお話の内容は、天竜川についてのことだったが、調べてみると大井川においても流路の変遷があったようだ。上図を見ると、大井川は少しずつ流路を南に変えながら、現在の場所を流れていることがわかる。



このような流路の変遷が、遷急点と関わりがあるのかについて、今後の研究課題として追究し確認する必要性を感じた。

## (2) 安倍川の考察



仮説の通り安倍川にも、標高 70m 以下に遷急点が存在していた。

しかし、今回の調査で見つかった遷急点は最下流域 a 地点、1 地点だけであった。これでは、天竜川のように海岸段丘の段丘崖が原因だとは言えない。

大井川では、標高 70m 以下で遷急点が 3 地点で見つかった。大地の隆起や海退によって、海岸段丘が形成されたのであれば、大井川から

20 km ほどしか離れていない安倍川でも、もっと多くの遷急点が見られるはずである。

なぜ安倍川には、海岸段丘の段丘崖が原因だと言えるような遷急点が存在していないのだろう。

この原因については、静岡河川事務所でお話の中にヒントがあった。なぜ、天竜川下流域で見られた階段状の遷急点が、安倍川ではあまり見られないのか質問したときに、2つの可能性を教えてくれた。

1つ目の理由として安倍川は、他の河川と比較しても土砂の供給量がたいへんに多いため、仮に階段状の遷急点があったとしても、その大量の土砂で埋まってしまった可能性が高いこと。

2つ目の理由として安倍川では、良質な河床材料（川底の土砂）がコンクリートの材料として大量に採取されてしまったため、遷急点があったとしても削られてしまった可能性が高いこと。

つまり、安倍川の特徴である土砂の供給量が他の河川と比べて非常に多いという自然的な要因と、その良質な土砂を人が大量に採取してきたという人為的な要因という2つの要因が重なってしまった。このことにより、安倍川にもあったらと推測される遷急点が、なくなってしまった可能性が非常に高い。

安倍川の標高 70m以下の調査地点において最下流域の a 地点を除いて他のすべての地点では、きれいに上流から下流に向かって河床勾配が緩やかになっていることから、静岡河川事務所による計画的な土砂採掘が行われてきた結果であると推察される。

### (3) 「海岸段丘の遷急点を求めて」というサブテーマについて

- ・大井川においても、海岸段丘の段丘崖が原因となっている可能性が高い遷急点が見られる。
  - ・安倍川では、海岸段丘の段丘崖が原因となっている可能性が高い遷急点は見られなかった。
  - ・安倍川は、土砂の供給量がとても多いため遷急点が埋まってしまったことや、大量の河床材料が採取されたことが原因して、遷急点が見られなかった可能性が非常に高い。
  - ・遷急点の原因には、旧河川経路の可能性も考えられる。
- 以上が今回の研究の考察になる。

## 6 終わりに

小学校1年生から始めてきたこの研究も、今回の研究で8年目になった。周りからは、「8年間も長い間、川原の石について、そんなに調べ続けることがあるの?」と言われることがある。しかし、川原の石について調べれば調べるほど新たな疑問が次々と生まれてくるので、終わりを想像することができない。「8年間も長い間…」と言われても、私が研究した時間は、何千何万年と流れ続けてきた川の時間と比べたら、ほんの一瞬でしかない。今、目の前に流れている川は、あくまでも現在の川の姿であって、昔の川の様子とはまったく違っていたということがわかり感慨深かった。知られていない昔の川について知ること、過去に起きた出来事についてわかり、そして、これから起こる未来の災害等についても予見し、備えていくことができるのではないかと考えている。

これからも、いろいろな専門家の方にアドバイスをいただきながら、さらにまだ知られてない川についての研究を続けていきたいと思う。来年もさらに研究を続けていき「川原の石の謎」について、小・中学校9年間の研究の集大成としてまとめていきたいと考えている。

最後に、研究を進めていくにあたって、静岡河川事務所調査課の鬼頭舞先生と浜松河川国道事務所調査課の田中祐太先生、静岡科学館る・く・るの先生方や、「理数大好き教室」「STEMアカデミー」の先生方には、いろいろなアドバイスをいただきありがとうございました。

## 7 参考文献

- ◎渡辺一夫「川原の石ころ図鑑」(2009)ポプラ社
- ◎静岡県公式ホームページ
- ◎地図プリ国土地理院
- ◎静岡河川事務所ホームページ
- ◎しずおか河川ナビゲーション
- ◎理科年表オフィシャルサイト
- ◎国土交通省中部地方整備局浜松河川国道事務所
- ◎中国地質調査業協会
- ◎日本シームレス地質図
- ◎鈴木一久, 2015, 河川勾配の変化にともなう大和川河床礫の粒度変化. 堆積学研究, 第74巻, 第2号, 113-122.
- ◎河原崎朱, 2015~2020, 川の石はどこからやってくるの? 1~6
- ◎河原崎朱, 2021, 河床粒径の変化~遷急点と逆転現象の関係性~