

長良川流域の河川環境への温暖化影響と適応策

原田守啓（岐阜大学流域圏科学研究センター）

岐阜大学の原田と申します。私の専門は河川工学という分野です。川と言うのは、向井先生のお話にもありましたが生き物もいるし、美味しい魚が取れるし、川遊びも楽しいしということで、地域の文化にも結びついた非常に楽しい場でもあるんですけれども、大雨が降りすぎると非常に怖い思いをする、そして時として溢れるということです。洪水に対する治水と河川環境をどういうふうにしたら両立できるかってことをライフワークにしてやってまいりました。

今日お話をさせていただくのはですね、川の中の話だけではなくてですね。岐阜大学の20人ぐらいの先生方と、岐阜県と一緒に気候変動に対する適応研究センターと一緒にやっています。地球温暖化だけの問題だけではなくて、皆さんもお感じになられてるように、環境に関わる問題って、ものすごく身の回りにいっぱいあるんですよ。さらに人口もどんどん減っていったら、一つの目的のために解決策を考えるのではなくて、どうやったら持続可能な地域を作れるんだろう、そういう問題意識を持って、地域の方々と力を合わせて研究をさせていただいています。

【大学と行政の連携、現場知と科学知】

さっき言いましたけれども、県と大学が組んで気候変動に対する適応センターをやっているところはいくつかあるんですけれども、県と大学ががっちり手を組んでやるところとしては全国唯一の取り組みということでの評価いただいています。なぜ役所と仲良くするのがいいかという、環境問題を扱っている方々の中には、どうしてもやっぱり行政と対立構図になっちゃうパターンが多いんですけれども、私達、行政の方と一緒にですね、気候変動問題 環境問題と一緒に取り組んでいてもラッキーだなんて思っているところはあるんです。なぜというんですね、例えば気候変動問題と環境の問題って、数十年前から今まで、そして未来みたいなそういう時間軸の話が多いんですけど、我々、過去からの情報を遡って得ることはちょっと無理ですよね。ですけど、行政の研究機関は過去の情報をすごくいっぱい持っているんです。そして現場の方々とか、いろんな産業をなりわいとされた方々とのコネクションをいっぱい持ってらっしゃるんですよ。

それを現場知、経験知という言い方を私はしているんで

すけれども、そこに私達もですね、専門知、科学知というものを掛け合わせてやると、過去から現在、現在から未来みたいな議論にすぐリアリティが出てくるんです。加えて先ほど、高本文書のお話を伺ったときに、やはり、地域の環境について議論するためには、時間スケールは数百年前までさかのぼらなければいけないなと思っていますところなんです。

【温暖化と環境への影響】

今日はそういった私だけの仕事ではなく、主に長良川流域を対象として、仲間の先生方や、行政や地域のいろんな関係者の方々とも一緒に取り組んでいる仕事について紹介したいと思います。温暖化の影響として、まず一番心配されていたのは、大雨が増えてきていることでした。温暖化が洪水の規模や頻度に及ぼす影響について7、8年前から研究しはじめたんですけれども、洪水の問題についてだいぶわかってきたら、今度やっぱり長良川の環境って、今後、温暖化で大丈夫なのかなってことがすごく気になってきまして。世界農業遺産にもなっている長良川のアユを対象に、温暖化の影響はすでにどのくらいでているのか。それに対して、もし手を打つとすれば、誰がどんな手を打てばいいか、そんな研究プロジェクトに取り組んでいる内容についてご報告したいと思います。

【大雨と水害の増加】

先ほど、蔵治先生の方からも東海豪雨の話ですとか、あと2020年7月に熊本を襲った悲惨な大水害のご紹介があったんですけれども、皆さん方も毎年のように水害が起こっているという実感があると思います。私もですね、気候変動の問題に取り組み始めたときは、正直半信半疑で、単純な興味からだったんです。本当に、そんな雨が增えるんかいなみたいなつもりで研究を始めたんですけれども、研究を始めたらですね、なんか全国で災害が増え始めた。

河川管理者の方々とお話しすると、「先生、洪水増えるなんて言わんといてくださいよ」と迷惑がられたんですが、そうこうしているうちに、そんなこと言ってられなくなってきて、今、国を挙げて流域治水、流域単位でその地域にあった治水をどういうふうに組み立てていくか、そういう議論が本気でなされるようになってきました。

【令和元年の東日本台風】

これは令和元年東日本台風、これもとてつもない大洪水だったんですが、このときの雨のアニメーションを持ってきました。台風が南海上から日本列島に向かって突っ込んでくる最中なんですけれども、台風がまだ南海上のはるか沖合にいる頃から既に関東には大雨がふっています。一般的に台風っていうのは、近づいてくると雨風が強まっていくんですけれども、令和元年の東日本台風のとときに何が起ってたかという、太平洋の上空に大量の水蒸気があったんですね。その水蒸気が、台風は反時計回りに風を吹かせているんですけれども、大量の水蒸気を日本列島に向かって吹きつかせ続けた。

台風が上陸するのは、実際は10月12日の夕方なんですけれども、その24時間ぐらい前から、ドッカンドッカです、断続的に絨毯爆撃のような雨が降り続けて、最終的にはですね、関東、東北の140ヶ所もの場所で堤防決壊する。つまり今までの治水のシステムではちょっと堪え切れないような、いわゆる経験したことのないような大雨というのが起こるようになってきています。

【日本の降水量の増加】

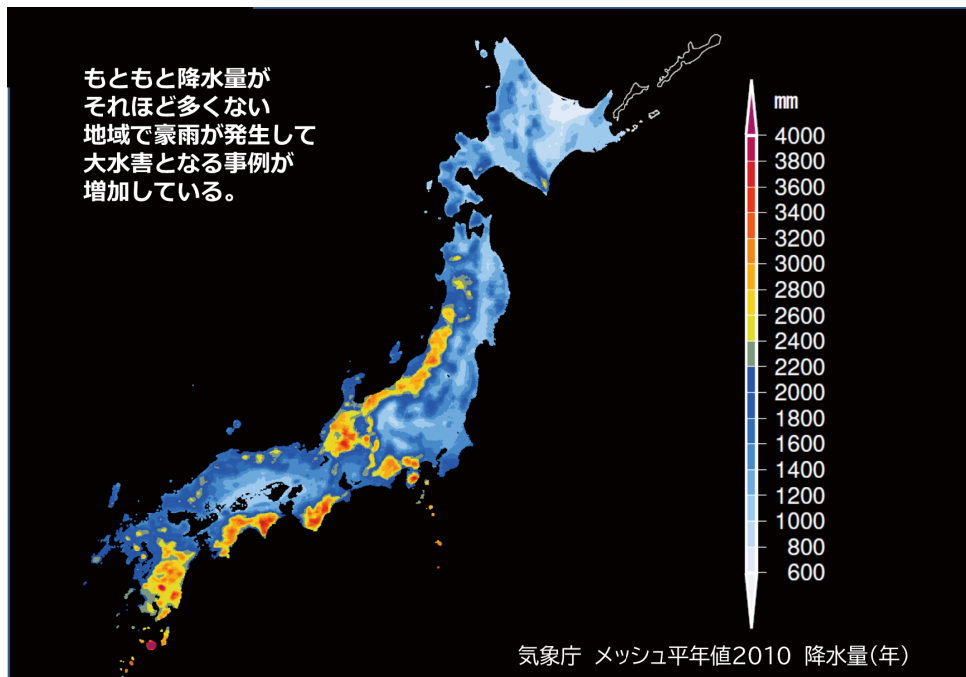
このカラフルな日本地図は、日本に降る雨の量を30年ぐらいの平均値で表したものです。赤っぽいところが、たくさん雨が降るところなんですけれども、中学の地理で習ったと思います、「海に面した山」です。南からやってくる夏の湿気、梅雨前線や台風が海に面した南側

の山々に雨を降らせません。逆に冬に日本海から湿った暖かい空気が流れ込んできて、雪を降らせるのが日本海側の山だということになるんですけれども、最近ですね、いわゆる大水害が起こっている地域はこの青いところなんです。

つまり、本来はなかなか海からやってくる水蒸気がそんなにたくさん到達しないようなところまで、たくさん水蒸気が入ってくるようになった。それが、それほど雨に降られることに慣れていない地域に大量の雨を降らせて、川を溢れさせ、ダム機能を超越えるということが起こっています。

これ実はですね、空気が暖まっていることが問題ではなくて、それ以前に、海が大量の熱を蓄えて、海からの水蒸気の蒸発量が増えています。そして暖かい空気というのは、たくさん水蒸気を運ぶ能力を持っています。1度あがるだけで、含むことができる水蒸気量が、温度にもよりますが、6%から7%ぐらい増える。海からの蒸発量が増え、それをたくさん暖かい空気が運べるようになってきているというのが、温暖化が大雨をもたらしている主な要因なんです。

これは世界全部で言えることではなくて、日本はほぼ海に囲まれた、しかも暖かい海流がですね、南からやってくるというそういう位置にいるもんですから、その影響をもろに受けているわけなんですけれども、世界全体でいうと、むしろ乾燥化が進んでいる地域もある。それが、最近よく見る、山火事で町が燃える、コアラが火傷するという映像につながっているとご理解ください。



【木曾三川、長良川では】

今日のテーマである木曾三川、本当に大丈夫かいなど思って研究を始めました。それがだいたい7、8年ぐらい前なんですけれども。長良川はだいたい流域面積いうと1900平方キロで、なかなか大きな川で、しかもさっきの雨の日本地図で見ると実にこの川はたくさん雨が降る地域にあります。そういったことですね、台風とか、梅雨前線にやられることが多いんですけれど、過去のたくさんの水害があって、長良川の流量が5～6,000m³/sとか超えてくると、流域のどこかで災害が起こっているような状況になってきます。

なぜ木曾三川のうち、私が長良川流域ばかり気にするかと言うと、木曾川と揖斐川にはすでに大きなダムがあります。ダムと言うのは環境問題でいろいろ悪者にされることが多いんですけど、我々の暮らしからダムをとったら成り立ちません。

さらにですね、気候変動の問題に関して言うと、ダムをうまく運用することによって、いわゆる事前放流というやつですけれども、計画的にうまくやる事によってダムの洪水調節能力を引き上げることもできます。それがですね、木曾川と揖斐川には大きなダムがあるわけなんですけれども、長良川の地形は谷が広く開けているということもあって、大きなダムを上流に作ることをしてきませんでした。結果的にですね、ダムが作られなかったがゆえの清流なんですけど、その分、治水上の不安がある長良川、ここは大丈夫かなってということで研究をしてきました。

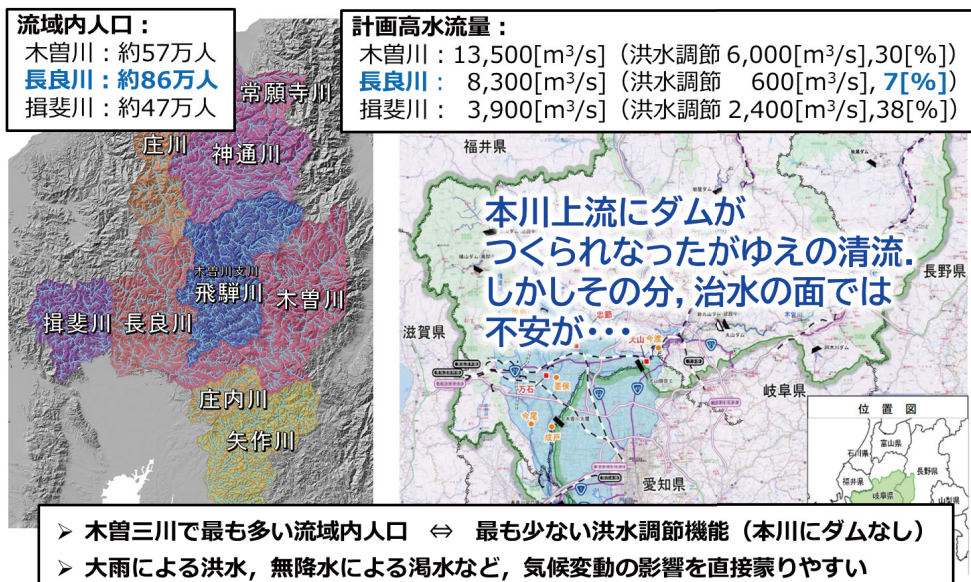
【温暖化の未来の予測】

温暖化した未来の状況をどうやって予測するのっていう話なんですけれども、これは私はむしろ専門外で、コンピュータ・シミュレーションを得意とする専門家たちがおられます。気象をモデル化する。つまり地球ってのは海も大気も地球儀のようにずっと繋がってますから、地球を丸ごとですね、細かいマス目に区切って、水や空気や、熱や水蒸気、そういったものの流れを、コンピュータ・シミュレーションで解ききるというすごい技術が、気候予測においては主流になっているわけですが。そういうコンピュータ・シミュレーションをですね、CO₂濃度が上がっていったらどうなるのかみたいなのを含めて、何千年と計算してあったりするんです。するとですね、雨のデータなんかをもらってきて、それを使って、これは岐阜県を流域に区切った図なんですけど、ここに雨を降らせるとどういった洪水が起こるかというのが、ある程度、パターンとしてみる事ができるんです。

【洪水流量の増加】

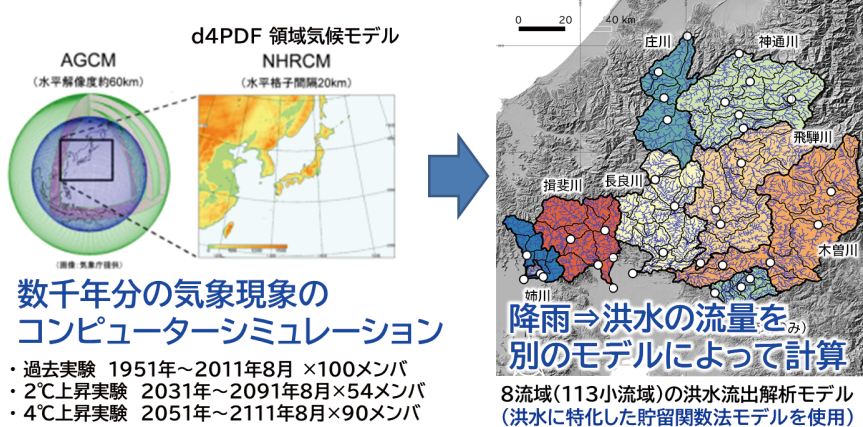
そうしましたらだいたいですね、この温暖化が進むと、100年に1回の洪水の流量が1.1倍とか1.2倍という数字が出てきました。ちょっとピンとこないんですけれども、逆の表現に変えるとちょっと実感がわくかもしれません。今まで100年に一度だった洪水が50年に一度、起こることになります。ですから一生のうち1回、遭いか遭わないかと言う洪水が、一生に1回は確実に遭うかもしれない。もっと温暖化すると、一生に3回もあっちゃうかもしれない、住宅ローン返済を返さないうちに、水害に遭うかもしれない。そういったふうになってしまうということです。

なぜ長良川流域に着目しているか？



気候変動による洪水規模・頻度の変動を予測する

- 行政が河川計画に用いるモデルに直接気候変動予測プロダクトを適用し、実務者が理解しやすい表現に置き換えて表示することによる円滑なリスクコミュニケーションをもくろむ。



【水害のリスクを住民に知らせる】

ちょっとメインの話じゃないので飛ばしていきますけれども、こういったことをですね、研究したところで、じゃあどうやったら世の中が変わっていくのかと非常に悩みました。私達、仲間たちでいろいろ考えまして、皆さん、市民の方には自分の身を守ってもらうしかないだろうということで、一生懸命、知らせる努力をしました。そういったことで、せめて住む場所を選べる人たち、あるいはこれから家を建てようとしている人たちには、住む場所を選んで欲しいっていうですね。まずその辺から始めようということで、こういった冊子を作って配ったりしましたし、してたんですけども。

【流域治水への行政の対応】

そうこうしてるうちに、最近、社会の具合が変わってきています。新しい法律ができたり、いろんな新しい動きが出てきまして、河川管理者の方ではいろんな省庁と連絡、連携して流域治水という話が起こってきましたり、あとを都市計画を預かっている自治体の方では、人が住む場所を災害リスクに合わせた計画に変えていこうという動きが起こり始めました。さらに私達がいろいろと取り組んでいるように、自分事として捉えていただけるように、いろんな情報発信をしてきました。まだまだ不十分なんですけど、おそらく水害対応へのリスクへの対応は、社会を挙げて進んでいくんじゃないかな、というふうに思ってます。

研究成果をわかりやすい媒体で普及啓発

安心な暮らしのヒントBOOK@ぎふ 増える災害と減る人口にどう備える？ 冊子,PDFで配布中！

CONTENTS

- 1 安心な暮らしのヒントBOOK
- 2 災害リスク評価と人口動態予測
- 3 災害リスク評価と人口動態予測
- 4 災害リスク評価と人口動態予測
- 5 災害リスク評価と人口動態予測
- 6 災害リスク評価と人口動態予測
- 7 災害リスク評価と人口動態予測

安心な暮らしのヒントBOOK @ぎふ

増える災害と減る人口に

水害・土砂災害ハザード×人口動態予測 →地域別の災害リスク動態評価技術 (岐阜大学・小山真紀先生による)

災害リスク評価 × 人口動態予測

災害暴露人口と地域防災力の将来変化予測

災害に強い暮らし方

場所によって違う、自然災害の危険



(左：岐阜市内を流れる長良川の川底、右：洪水のさなかの木曾三川の様子。右から木曾川、長良川、揖斐川)



【アユと長良川】

一方ですね。ここから先が話したかったことなんですけれども。みんな大好きな長良川のアユには、もう温暖化の影響が及んでるんじゃないかっていう話を後半にさせていただこうと思います。

アユは1年で一生を終える回遊魚です。向井先生のような専門家に言わせれば、通し回遊魚、すなわち海と川を一生のうちに往復するかたちで暮らす魚になります。いろいろ研究してたら、嫌なことばかりじゃなくて、長良川って凄げえじゃん、てこともわかってきたので、ちょっとだけ挟ませてもらいます。

これ、長良川の岐阜市内の川底なんですけど、実にカラフルなんですよね。いろんな地質の石が流れ込んできています。木曾三川って、川の地形を作っている石の種類がかなり違うんです。川の個性はものすごく多様性があるということだけ、一言申し上げて進みたいんですが。

【濁らない長良川】

長良川、何がすごいと言うと、濁らないんです。日本中、昭和40年代のあるデータをたまたま見ていた時、気がついたんですけれども、横軸が流量、縦軸が土砂の量、濃度みたいなものを示していると思ってください。

全国で調べられたデータで、長良川が一番下にあったんです。つまり同じ洪水の流量が流れていても、土砂の量が少ない。つまり濁っていない。国土交通省の木曾川上流河川事務所に協力してもらって、長良川と揖斐川、木曾川を調べたらですね、同じ流量が流れているときに運ばれている土砂の量が、揖斐川と長良川を比べると10分の1くらい少なかったです。「清流長良川」は伊達じゃないって思いました。

証拠写真があります。これは2020年7月、長雨が続いた最中に、乃田啓吾先生がたまたま飛行機から撮ったんですけど、右が木曾川、真ん中が長良川、左が揖斐川です。やっぱり長良川は濁っていない。多少は濁ってるんですけど。そういったことですね、木曾三川は兄弟の川、姉妹の川なんですけど、長良川は別格に濁りにくい川。これが清流長良川のアユを支えている仕組みの一つなんだなというふうに気がつきました。

【長良川の水温とアユ】

さて本題に戻りますけれども、長良川、アユの生息に、濁らない、川石ゴロゴロ、すげえじゃんっていうふうに思ってたんですけども、アユという魚は、一生のうちに海から川に入り、なんていうか、どこなんですかね。起点は川と考えたほうがいいですね。川で産卵しますから、川で生まれ、伊勢湾沿岸域で育ち、春になると遡上します。遡上をし始めて、夏に川床に石がゴロゴロしている区間で大きく成長し、1年で30センチぐらいまで育つ、とんでもない魚なんですけども、そして秋になると、美濃から岐阜市あたりに降りてきて産卵する。孵化してから伊勢湾に下るところの線を点々にしてあるのは長良川河口堰があるからです。長良川のアユの一生は、水温にもものすごく関係があるということは以前から知られています。

平成30年8月の渇水時に、違う目的で、私が夏の暑い日に流されながら水温を測ったら、(ライフジャケットでぶかぶか流れながら水温を測っていたら)、長良川の水温が30度近くあって衝撃的でした。7月の豪雨の後、渇水になったんですが、その時に長良川の水温は30度近くになっていました。

アユがどのくらいいるのかは、環境 DNA という技術で調べることができます。水に含まれている DNA の濃度、量を調べることで、どの生物がどのくらいいるか見当がつくと言う方法があります。このときのサンプルからは、アユの環境 DNA は一切発見されなかった。これが私が温暖化と水温の関係調べ始めた理由です。

いろいろ論文を読んで調べていきますと、日本ではあまり問題になっていないんですが、世界中で陸地の水温上昇というのが、すでに温暖化の影響としてものすごくいろんな研究があるということがわかりました。日本では世界的に見ると、特に水温上昇が激しいと予想されます。

なんで水温が上がっていることに我々あまり気がついていないのか。それは日本ではしょっちゅう、雨が降るからです。しょっちゅう、雨が降って川の温度が冷めてしまうので。実は、ベースがじりじり、茹でガエルのようになっていて、我々が気がついていないのです。いろいろな調べたデータを集めていきますと、この30年間ですでに1度ぐらい上がっている。

そういったことで、河川環境の影響は、洪水や渇水といった、今まで私が得意としていた分野だけでなく、水温上昇と言う形で、温暖化が生態系に既にいろんな影響及ぼしているのかもしれない。まあそういうことで、今、大きな研究プロジェクトをやらせていただいています。

【漁師や鶴匠さんとの調査】

ここでポイントとなるのは、漁師さんとか、鶴匠さんとか、温泉組合の方々とか、皆さんに最初からこのプロジェクトに入ってもらうという作戦を取りました。つま

り一緒に現状把握してもらうことで、対策までのアクションの時間を限界まで短くしたいということなんです。漁師さんに一緒に水を測ってもらったり、長良川流域の40何箇所にも水温計を仕掛けたり、この場所で水も取って環境 DNA を調べてます。これは2年間やりました。

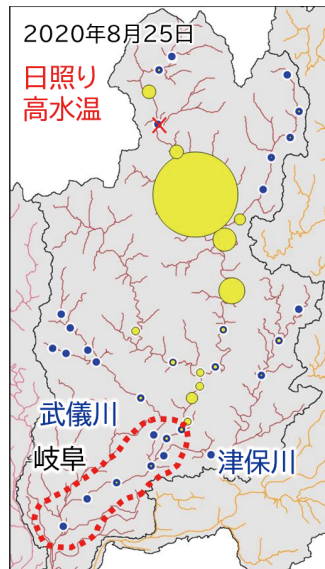
漁師さんも協力してくれるようになりまして、秋の落ちアユ、産卵をするための落ちアユが上流から下流まで、いつどのくらいの量が通過しているかという事を漁師さんに協力してもらってデータを取りました。これも2年間やりました。

【水温の上昇とアユの移動】

そうしましたら、実にアユという魚は、長良川流域全体をダイナミックに動き回っているということがわかりました。一昨年なんですけど、7月に一ヶ月、ずっと雨が降って、下流の方からアユの姿がすっかりなくなってしまっ、岐阜市の漁師さんたちが漁に出た日が3日しかなかったという年だったんですが、その時アユはどこに行ったのかが判明しました。この吉田川の合流点よりも上流の長良川、かなり上流の方です。上流のほうの支流の板取川にだけ、大量のアユが集まっていたということがわかりました。

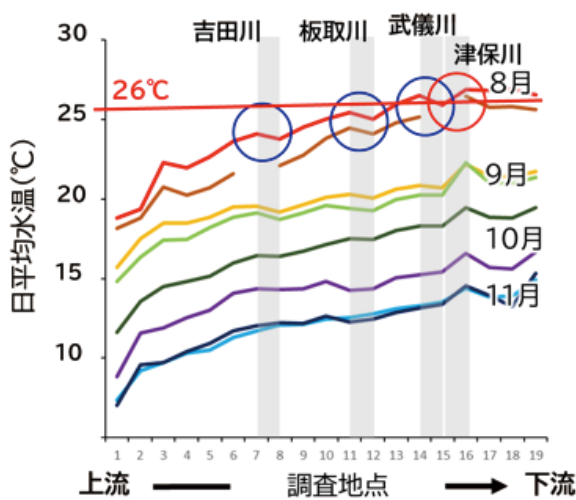
その後、いろいろシミュレーション・モデルを使って計算しましたら、2020年7月の大雨は、特に吉田川にとんでもない雨が降っていたということがわかりました。つまり吉田川が合流した下流がずっと増水していた。だからアユは増水を避けて、長良川最上流域と、板取川に集まっていたということがわかりました。





- 水温が高い区間(日平均水温26度以上)にはアユがないことが分かりました。
- 2020年は、**関市小瀬から下流**で水温26度を超えており、その区間からアユがいなくなっていた。
- 2021年は、8月に雨が多く、わりと下流の方にもアユがいた。

かつての土用隠れは、夏場の暑い昼時に、冷たい水がわく「淵」に隠れていたといわれていますが、現在では、夏の渇水時には全体的にアユがいなくなっている。

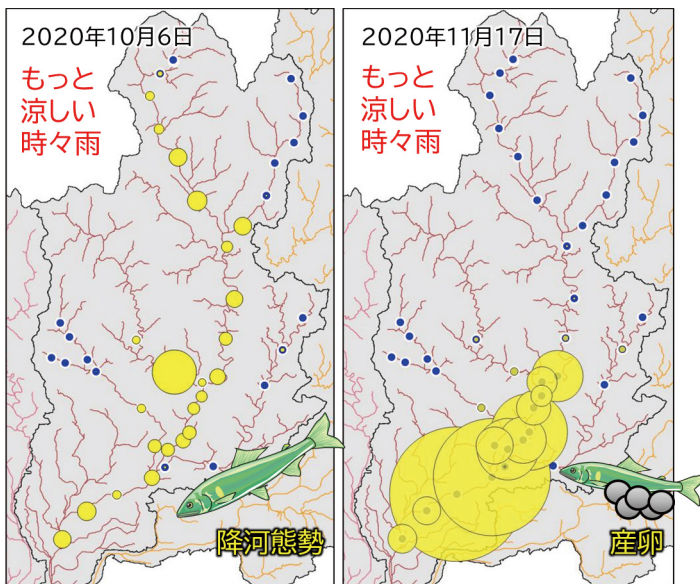


増水がだんだん落ち着くにつれてアユは長良川流域に広まっていくのですが、ここでまた一つ、今まで知られてない現象が起こっていて、あるポイントより下流までは、アユが全然入ってきてくれてなかった。漁師さん達、釣り人達は、真夏の暑い日に、アユは瀬では釣れなくなっちゃう。釣れなくなったアユは、冷たい水の湧いている底のほうに潜って、夕方ぐらいになるとまた瀬のほうに戻ってきて釣れるようになるという現象があって、これを「土用隠れ」と呼んでおられました。まあ「土用の丑の日」の「土用」と言う意味だと思います。我々が観測したのは、この辺一帯が水温が日平均で26度、アユが耐えられる温度の限界を超えていて、夏の渇水時にはこの辺全体からアユがいなくなっているということがわかりました。漁師さん達に詳しく聞くと、上流に向かって逃げている。中流あたりの辺のギリギリ耐えられるところにアユがまとまっている。昔からの漁師さんたちは、アユは淵の底に隠れているんだろうと思ってたらしいですけど、私たちの調査によって、水温が上

がりすぎてしまって、アユがみんな上流に逃げてしまっていた。「スーパー土用隠れ」とでもいべきことが起こっていました。

ただこの調査を通じて同時に、また「長良川ってすげえじゃん」ということがまた一つ、わかりました。これは上流から下流にかけての、長良川の水温の分布を示しています。最上流域は水温は冷たい。下流に行けば行くほど暖かくなります。まあこれは当然なんですよ。川は流れていく間に、太陽の熱を受け取ります。下の方が気温が高いので、大気も熱を受け取る。

そういうことで暖まるんですけど、大事なことは長良川はでっかい支流が何本もあることです。しかも、吉田川、板取川はまだ非常に環境が良くて、たくさんの水が流れてくるんですけども、それらの水が長良川を冷却している。つまり冷たい水を支流からどんどん流し込んでくれることによって、長良川の本流の環境も保たれていることが明らかになりました。



ただし、田んぼが多い川から流れてくる川の水は、長良川よりもすぐぬるいです。名指しにはいいませんが（名指ししてますが）、夏場のあるポイントを超えると26度を超えていく。このエリアからはアユがいなくなっていく。

いよいよ、秋になると面白いことが起こります。秋になると支流にいた鮎が本川に戻ってきて、長良川本川上に一直線に分布する状況になります。これはすでに産卵準備に体を整えていて、いよいよ下るぞ、産卵に行くぞ、と直列状態で留まっているような状態なんですけど。それが一斉に動き始めますと、ゾワゾワゾワっと下流に向けて動いてくるわけです。

漁師さん達は経験的に、9月から10月位に、雨が降るとアユが川を下って動き出すと知ってます。実はここにも温暖化の影響が及んでました。雨が降っても、増水してもアユが動かない。これを漁師さん達は「アユに騙された」と言ってますけど、この「騙され現象」は何なのか。雨が降って流量はあがるんだけど、水温が下がりきらない。秋のぬるい水温のままで、冬の水温ということですね、大体17度ぐらいまで下がると一斉に動き出すということもわかりました。

【まとめと提案】

そろそろ終わらなければいけないんですけど、すでに温暖化の影響が、長良川のアユにガッツリ及んでいるということが分かってきました。そして、漁師さんっていうのは何十年も漁をしているので、つまり定点観測されているわけですが、上流、中流、下流で起こっている情報をまとめてデータを取って共有すると、「そういえば」と言うような感じがたくさん出てきます。「そういやな

んか、落ちアユが1ヵ月ぐらい遅くなってるぞ」とかです。上流のほうは逆にですね「黙ってたけど、前より1ヵ月ぐらい長く友釣り釣れるようになって、漁協が儲かるようになったぞ」ということをいろいろ教えていただけるようになりました。

あと同時に、長良川はやっぱり支流が大事だということです。支流と言うのは本流に対するおまけではなくて、支流が本川を支えていると言うことがだんだんわかってきた。支流の環境と本流の環境を大事にすることをしないと、さらに温暖化の被害が拡大することになる。そしてやはり適応しなきゃいけないということで、漁師さん達も何十年もやってきたやり方なんですけど、「やっぱりわしらも変えんならん」と言うことで色々知恵を出していただけるようになりましたし、長良川温泉の方々も、増水しても鵜飼が楽しめる川棧敷を始めようとか、新しい適応のアクションがどんどん起こり始めています。そういったことで、一緒に測る、一緒に考えるということを最初からやることで、私たちは適応に向けたアクションを加速することができますし、さらに知ってたようでわからなかった長良川の秘密みたいなものもどんどん分かってきました。

最後に一言だけ、これは岐阜市に流れている長良川なんですけど、今、冬の間こんな風が変わっちゃいました。ビフォー&アフターなんですけど、なんでこんなことをしないといけないのか、これは川の中を掘って水の流れを良くすることで洪水の水位を下げるために河川管理者が行っています。非常にショッキングなんですけど、結局、ダムがないが故に長良川は清流と言われてきたんですけど、ダムがないが故に治水安全度を高めるために川をどんどん掘っていかなければいけない。あとのパネルディスカッションのほうに引き継ぎたいんですけど、生態系の恵みを受けるには、我々1つの目的に対して議論するのではなくて、全体的にどういう姿にするかといった議論を地域を挙げてしなくちゃいけないんじゃないか。私からは以上です。ありがとうございます。

（富樫）はい、ありがとうございます。盛りだくさんの情報を上げてもらいました。