

## ～生息地の地学的要因の分析～

岐阜県立大垣北高校自然科学部オオサンショウウオ班

河合七香・森憲仁・飯田智輝・田中隆太郎・栗井佑果・安藤有未・志田和樹・内藤陸

藤井飛燕・浅野圭翔・國島那由他・杉本巧翔・金森愛子・浅野公聖・伊藤力也

### 1.はじめに

私たちの暮らす岐阜県には、国の特別天然記念物に指定されており、世界最大級の両生類であるオオサンショウウオ (*Andrias japonicus*・図1) が生息している。県内を流れる木曾三川(図2)のうち、木曾川・長良川水系の中上流部では生息が確認されている。しかし、西日本から岐阜県にかけて生息しているにもかかわらず、木曾三川の一番西を流れ、私たちが通う大垣北高校の近隣に位置する揖斐川水系では生息が確認されていない(資料1, 2)。オオサンショウウオは西日本から分布を広げてきたため、より東を流れる木曾川・長良川水系に生息するならば、揖斐川水系に生息していても不思議ではない。また、岐阜県内のオオサンショウウオの分布状況や生息条件などの先行研究は、ほとんど行われていないのが現状である。

私たちは昨年度行った研究で、オオサンショウウオの分布域の拡大が最も活発であった時代の地形を調べた。その結果、長良川はすでに発達した河川として確立していたのに対し、揖斐川は発達途上であったと分かった。このことから、分布域の拡大が最も活発であった時代の揖斐川はオオサンショウウオの生息に適さなかったと考察した。

一方、現在の河川の流速や流量に影響を与える傾斜の違いを、長良川を含むオオサンショウウオが生息する全国の河川と揖斐川で調べた結果、大きな差がないと分かった。また、長良川・揖斐川の流域面積・気候・水質・魚類相にも違いがほとんどみられなかった。しかし、長良川・揖斐川の流域の地質を調べた結果、揖斐川流域に多く分布する花崗岩が風化した際に生じる真砂土によって、オオサンショウウオの生息巣穴が埋没しやすくなっていることが、現在にわたってオオサンショウウオの生息を妨げる要因のひとつになっていると分かった。

そこで私たちは、流域の地質の他にも、オオサンショウウオの生息に更なる影響を与える要因があるのではないかと考えた。今回の研究では、長良川・揖斐川の計34の支流のオオサンショウウオの分布を確認し、それらの支流の地形を分析し、オオサンショウウオの生息地の地学的要因の傾向を調べ、生息条件を考察した。これにより、どのような地形の場所にオオサンショウウオが生息しているかを推測できる



図1：成体のオオサンショウウオ  
(岐阜県郡上市和良川で撮影)



図2：木曾三川本流の地図

よくなれば、オオサンショウウオの調査の負担が軽減される。また、類似した地形を残すことがオオサンショウウオの保全につながると考えた。

## 2.調査の概要

### 《調査ア》オオサンショウウオの分布の把握

現在隣接しており、かつて下流域での河川争奪が活発であった長良川・揖斐川について、その支流を調査対象とし、近隣住民や漁業関係者の方にオオサンショウウオの生息の有無について聞き取り調査を行った。長良川・揖斐川の支流を図3で表す。

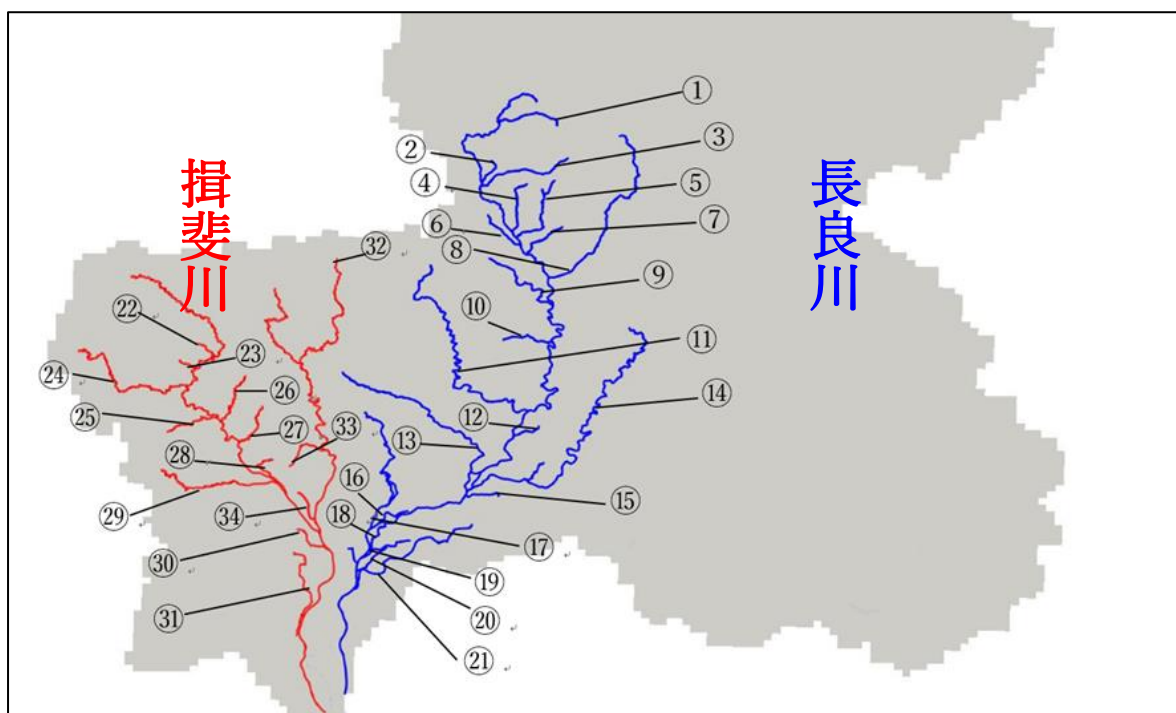


図3：調査した長良川・揖斐川の支流

#### 長良川の支流

- |       |        |       |        |       |        |       |
|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| ①：鷲見川 | ②：曾部地川 | ③：牛道川 | ④：大間見川 | ⑤：栗巢川 | ⑥：落部谷川 | ⑦：神路川 |
| ⑧：吉田川 | ⑨：亀尾島川 | ⑩：粥川  | ⑪：板取川  | ⑫：余取川 | ⑬：武儀川  | ⑭：津保川 |
| ⑮：山田川 | ⑯：両満川  | ⑰：新堀川 | ⑱：論田川  | ⑲：荒田川 | ⑳：大江川  | ㉑：境川  |

#### 揖斐川の支流

- |       |        |       |         |       |       |      |
|-------|--------|-------|---------|-------|-------|------|
| ㉒：原谷川 | ㉓：親谷   | ㉔：坂内川 | ㉕：日坂川   | ㉖：高知川 | ㉗：飛鳥川 | ㉘：粕川 |
| ㉙：桂川  | ㉚：平野井川 | ㉛：水門川 | ㉜：根尾東谷川 | ㉝：管瀬川 | ㉞：花田川 |      |

### 《調査イ》オオサンショウウオの生息に影響を与えると思われる地学的要因の調査

Google Earth Pro を用いて各支流(図3)の地学的要因のうちオオサンショウウオの生息に影響を与えると思われる、源流から合流点までの河川長・源流の標高・合流点の標高・河床勾配を計測した。

なお、河床勾配は合流点の標高から源流までの標高差を、河川長(km)の1000倍で割った値とする。

### 3.統計解析

計測した地学的要因のうち、何がオオサンショウウオの生息に影響を与えるのかを明らかにするために私たちは、調査ア・イの結果をもとに長良川・揖斐川の支流におけるオオサンショウウオの分布を目的変数(ある原因によって発生した結果として表れる変数)、調査した支流の河川長・源流の標高・合流点の標高・河床勾配を説明変数(何かの原因となりうる変数)として二項ロジスティック回帰分析を行った(資料3~23)。

#### 《分析①》説明変数間の相関関係の確認

説明変数の中で、相関係数が高い組み合わせ(多重共線性)がある状態を避けるために、説明変数の全ての組み合わせにおいて相関係数を計算し、説明変数間の相関関係を確認した。指標は VIF(Variance Inflation Factor: 分散拡大係数)を用いた。一般的に、VIFは10を超えるとその組み合わせは多重共線性が疑われる。

VIFの公式

$$VIF = \frac{1}{1 - R^2} \quad R^2: \text{決定係数 (相関係数の二乗)}$$

#### 《分析②》説明変数の選択

精度が高いモデルを作る説明変数を選択するために、説明変数の組み合わせを変えていき、組み合わせごとにAIC(Akaike's Information Criterion: 赤池情報基準量)を求めた。AICの値が小さいほど、精度が高いモデルであることが分かっており、どの説明変数の組み合わせがよいか決める指標となる。

#### 《分析③》偏回帰係数とP値

分析②で選択した説明変数をもとに回帰式(モデル)を作り、偏回帰係数・P値を求めた。偏回帰係数は回帰式において説明変数の係数であり、説明変数とした地学的要因がオオサンショウウオの生息にどのように影響を与えているかを考察する軸となる値である。P値は、偏回帰係数が信用に値するかを決める重要な値である。

#### 《分析④》ROC曲線

分析③で求めた回帰式をもとに、ROC曲線を作った。ROC曲線とは、モデルによる目的変数の予想の精度を表したグラフである。ROC曲線下の面積が0.7以上であると、概ね精度が高いモデルであるといえる。

#### 《分析⑤》応答曲線

分析③において作った回帰式をもとに、偏回帰係数からオオサンショウウオの生息に影響していると思われる説明変数の応答曲線を作った。応答曲線とは、説明変数の値とオオサンショウウオの生息確率(グラフではProbability of occurrence)の推移を表したグラフであり、説明変数と生息確率の関係を調べることができる。

## 4.結果

### 《調査ア・イの結果》

オオサンショウウオは計 34 の支流のうち、長良川の上流の 14 河川で生息が確認された。

表 1：オオサンショウウオの生息の有無と計測

	河川名	生息の有無	河川長(km)	源流の標高(m)	合流点の標高(m)	河床勾配
	1 鷺見川	有	10.21	1119	567	0.05406
	2 曾部地川	有	3.13	461	354	0.03419
	3 牛道川	有	14.47	1291	346	0.06531
	4 大間見川	有	8.29	486	271	0.02593
	5 栗巣川	有	13.14	971	265	0.05373
	6 落部谷川	有	6.37	515	256	0.04066
	7 神路川	有	7.89	561	239	0.04081
	8 吉田川	有	32.10	977	207	0.02399
	9 亀尾島川	有	12.32	495	198	0.02411
長良川	10 粥川	有	7.19	534	140	0.05480
	11 板取川	有	50.80	894	69	0.01624
	12 余取川	有	3.77	136	57	0.02095
	13 武儀川	有	29.10	335	32	0.01041
	14 津保川	有	55.66	566	28	0.00967
	15 山田川	無	4.49	68	26	0.00935
	16 両満川	無	3.24	15	5	0.00309
	17 新堀川	無	4.66	15	12	0.00064
	18 論田川	無	4.77	13	4	0.00189
	19 荒田川	無	6.78	8	0	0.00118
	20 大江川	無	5.19	8	2	0.00116
	21 境川	無	22.24	22	4	0.00081
	22 原谷川	無	4.06	736	226	0.12562
	23 親谷	無	4.00	472	193	0.06975
	24 坂内川	無	18.75	764	193	0.03045
	25 日坂川	無	12.22	1077	99	0.08003
	26 高知川	無	9.90	333	98	0.02374
揖斐川	27 飛鳥川	無	5.80	180	90	0.01552
	28 粕川	無	21.07	639	34	0.02871
	29 桂川	無	7.74	67	27	0.00517
	30 平野井川	無	7.74	20	9	0.00142
	31 水門川	無	17.26	10	1	0.00052
	32 根尾東谷川	無	22.59	559	159	0.01771
	33 管瀬川	無	6.64	75	57	0.00271
	34 花田川	無	4.11	22	15	0.00170

### 《分析①の結果》

すべての説明変数の 2 つの組み合わせにおいて VIF は 10 以下であった。

よって、全ての説明変数を分析に用いることにした。

表 2：すべての説明変数の組み合わせにおける VIF

説明変数の組み合わせ		相関係数	VIF
河川長	合流点の標高	-0.100	1.010
河川長	源流の標高	0.371	1.160
河川長	河床勾配	-0.138	1.019
合流点の標高	源流の標高	0.726	2.112
合流点の標高	河床勾配	0.621	1.629
河床勾配	源流の標高	0.705	1.988

## 《分析②の結果》

二項ロジスティック回帰分析による最小 AIC モデル選択の結果、河川長と合流点の標高において AIC が最小であり、この2つの説明変数をモデルに使用した。

表3：各モデルの AIC

モデル	選択された変数	変数の数	AIC	Δ AIC
1	河川長, 合流点の標高	2	31.08	-
2	合流点の標高	1	36.67	5.59

※ΔAIC：モデル2の AIC からモデル1の AIC の差

## 《分析③の結果》

2つの説明変数の偏回帰係数が正だったことから、選択されたどちらも、オオサンショウウオの分布と正の関係が示された。また、どちらの説明変数も、P 値が有意水準よりも小さかったため、この結果が有意であることが分かった。

表4：各説明変数の偏回帰係数・標準誤差・Z 値・P 値

	偏回帰係数	標準誤差	Z 値	P 値	P 値と有意水準の比較
河川長(km)	0.1010	0.0470	2.1497	0.0316	P<0.05
合流点の標高(m)	0.0170	0.0057	2.9867	0.0028	P<0.01
定数項	-4.0105	1.3168	-3.0457	0.0023	P<0.01

※標準誤差：標本平均の標準偏差，Z 値：偏回帰係数を標準誤差で割った値

## 《分析④の結果》

ROC 曲線下の面積は 0.9143(>0.7)であったため、今回のモデルはかなり精度が高いといえる。

※TPF (True Positive Fraction：真陽性率)，FPF (False Positive Fraction：偽陽性率)，予測値：回帰式の説明変数に任意の値を代入して得た値

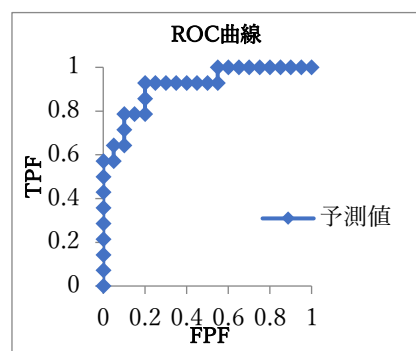


図4：ROC 曲線

## 《分析⑤の結果》

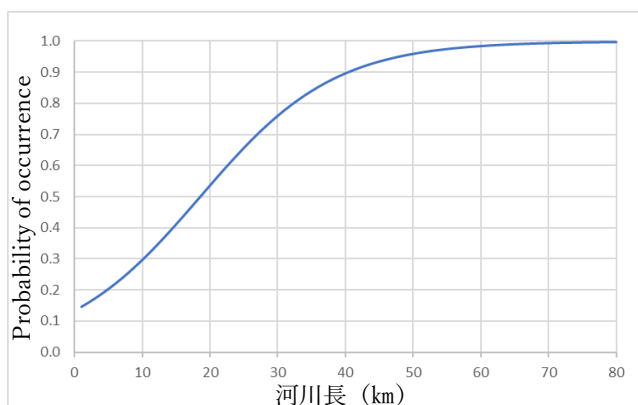


図5：応答曲線 河川長

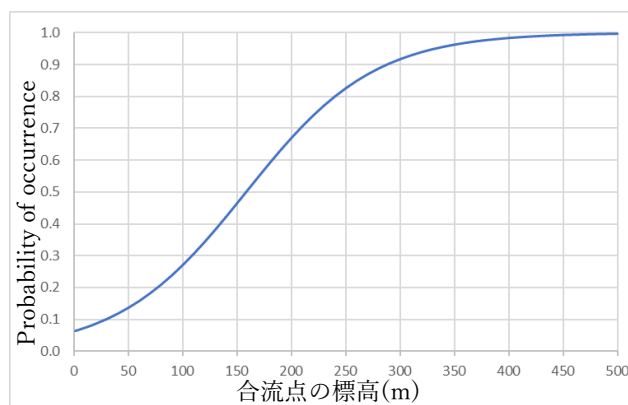


図6：応答曲線 合流点の標高

河川長の応答曲線を見ると、生息確率は 0~40 kmまでは緩やかに上がっている。河川長が 40 km以上になると、極めて高確率で生息していることが読み取れる。

合流点の標高の応答曲線からは、50m までは緩やかに生息確率が上がっているが、50mからは急激に上がっており、300m からは高確率で生息していることが読み取れる。

## 5. 考察

オオサンショウウオの分布状況と地形の調査をもとに分析①～⑤を行った結果から、河川長と合流点の標高において偏回帰係数が正であることから、河川長が大きく、合流点の標高が高いほどオオサンショウウオが生息しやすい河川であることが分かり、P値が有意水準よりも小さいことから、この結果が有意であることが分かった。さらに、ROC 曲線下の面積が 0.7 よりも大きいことから、今回作ったモデルは、精度が高いと分かった。

河川長の大きさは、生息地の規模に比例する。生息地の規模が小さいと、環境収容力（ある環境の中で生物が生息できる最大量）が小さいため、個体群（ある環境の中で同一種の個体数）が小さくなりやすい。また、その生息地で絶滅しやすくなる。よって、河川長の大きさがオオサンショウウオの生息の有無に関係する結果となったと考察した。

合流点の標高は水温に影響する。さらに、オオサンショウウオは変温動物であるため、周囲の温度の影響を受けやすい。だから、合流点の標高がオオサンショウウオの生息の有無に関係する結果となったと考察した。

## 6. まとめ

河川長が大きく、合流点の標高が高い河川がオオサンショウウオが生息しやすい河川であることから、このような河川を優先的に保全することで、効率よくオオサンショウウオの保全を推進できる。

今後は、現地調査や環境 DNA 調査で岐阜県内のオオサンショウウオの分布をより正確に把握していきたい。その分布情報をもとに河川の分析を継続し、オオサンショウウオの生息条件を明らかにしていきたい。また、今回計測した支流の地形以外に、長良川・揖斐川の支流における降水量や積雪量などの、他の環境要因についても分析していきたい。

本研究で得られたオオサンショウウオの生息地や地形に関する傾向を、オオサンショウウオの保全に役立てていきたい。

## 7. 謝辞・参考文献

本研究を行うにあたり、国立研究開発法人土木研究所の菅野一輝研究員には、二項ロジスティック回帰分析についてご助言をいただいた。厚く御礼申し上げます。

1. 鷺谷いづみ・矢原徹一 .1996.保全生態学入門. 文一総合出版, 東京.
2. 秋山美奈子, 武藤鉄司. 2006. 下流域沖積河川系における河岸段丘の形成機構:水路実験における複雑応答説の検証
3. 山本康仁・千賀裕太郎. 2012. 都市化により分断化された水田におけるトウキョウダルマガエル *Rana porosa porosa* の分布と環境要因の関係
4. 幡谷竜太. 2017. 「長期的な大地の動きを探る」隆起と沈降, 堆積と侵食
5. 松原典孝. 2019. 河川の特徴とそれにかかわる地学的要因
6. Google Earth Pro
7. Bellcurve for Excel (version 4.04)
8. QGIS ダウンロードサイト <https://qgis.org/ja/site>