

砂防ダムタイプの違いがタカハヤ(*Rhynchocypris oxycephalus*)およびツチガエル(*Glandirana emeljanovi*)の生息に与える影響：韓国の山地溪流での事例

韓国、国立公州大 徐正一・李相仁・趙元新
帯廣畜産大 赤坂卓美

1. はじめに

山地溪流からの流出される土砂を調節するために施工される砂防ダムに関して、最近韓国では、溪流生態の断絶という否定的な認識と世論が報道されたことがあった。これに対して、Lee et al. (2019) は砂防ダム施工前・後に魚類および両生類の生息特性を究明したが、この研究は一箇所だけの山地溪流を対象として進行し、また不透過型砂防ダムだけを対象にしたことが限界である。本研究では砂防ダムのタイプ（重力式・バットレス）の違いがタカハヤとツチガエルの生息に及ぼす影響を調べた。

2. 材料・方法

2.1. 研究対象地

研究対象地は韓国の洪城郡に位置している烏棲山(オソサン)の山地溪流である。研究対象の溪流は99haの流域面積を持ち、調査区間の最下流地点から上流200m地点には平成13年に施工された上長29m、下長22m、有効高3m、全高4mの重力式不透過型砂防ダムが位置しており、その上流320m地点には平成19年に施工された上長22m、下長22m、全高3mのバットレス型砂防ダムが位置している。研究対象地に優占して生息する魚類と両生類はタカハヤとツチガエルで、これらは韓半島の大部分の山地溪流で主に生息している代表的な魚類や両生類である。

2.2. 調査項目・期間

調査期間は平成30年5月から令和2年10月までの3年間（冬季を除く）であり、調査回数は18回である。調査項目は以下の通りである。

- ① 水文因子：月別平均降水量(mm)
- ② 水質因子：水温(℃)、水素イオン濃度(pH)、電気伝導率($\mu\text{s}/\text{cm}$)、溶存酸素量(mg/L)、流速(m/s)
- ③ 生態因子：樹冠疎密度(%)
- ④ 地形因子：溪床勾配(m/m)、ステップ・プールの数(n)
- ⑤ 土壌因子：土壌水素イオン濃度(pH)、土壌湿度(%)
- ⑥ 出現回数：タカハヤやツチガエルの出現有無の回数

2.3. 統計分析

本研究では、タカハヤとツチガエルの生息に影響を与える要因を導き出すため、パイソン (Python) 3.0 を用いてロジスティック回帰分析を実施した。その後、ロジスティック回帰分析から選ばれた有意な変数の共線性を確かめるため分散拡大係数 (VIF) を算出

し、 $VIF > 10$ の変数を対象に後退消去法により最終的なモデルを導き出した。最終的に選ばれたモデルの各変数は技術統計により各調査区間ごと（重力式砂防ダムの下流・上流、バットレス型砂防ダムの下流・上流）に有意な差があるかを調べた。

3. 結果と考察

3.1. ロジスティック回帰分析の結果

ロジスティック回帰分析の先にタカハヤとツチガエルの出現と環境因子間の公選性を調べるために分散拡大係数 (VIF) を算出した結果、すべての因子で公選性が存在しないことが分かった。

ロジスティック回帰分析によりタカハヤとツチガエルの生息に影響を与える環境因子を調べた結果、タカハヤの場合は水温、水素イオン濃度、電気伝導率、溶存酸素量、流速、ステップ・プールの数が、ツチガエルの場合は水素イオン濃度、電気伝導率、溶存酸素量が有意な因子として現れた（表1）。タカハヤとツチガエルの生息に影響を与える最適なモデルを究明するために後退消去法を実施した結果、タカハヤの場合は月降雨量と土壌水素イオン濃度が、ツチガエルの場合は水温が追加的に選ばれた（表2）。

3.2. 砂防ダムのタイプによるタカハヤとツチガエルの生息特性を究明

砂防ダムタイプによるタカハヤとツチガエルの生息特性を明らかにするため、調査区間ごと（重力式砂防ダムの下流・上流、バットレス型砂防ダムの下流・上流）に後退消去法から選定された環境因子を調べた結果、各区間で月平均降雨量、水温、流速は有意な差を示さなかったが、水素イオン濃度、電気伝導率、溶存酸素量、ステップ・プールの数、土壌水素イオン濃度は有意な差を示した（図1）。

有意な差を示さなかった因子である月平均降雨量と水温は溪流延長が長くない（約720m）単一流域での気象因子を収集したため、有意な差を示さなかったと考えられる。また、流速の場合は韓国の山地溪流の代表的な地形構造であるステップ・プールによって落差が形成され、これによって流速が緩和されたため、有意な差を示さなかったものと判断できる。

調査期間中に測定された電気伝導率の数値は、区間別に最小値と最大値の差が $5.79\mu\text{s}/\text{cm}$ であることを考慮した時、砂防ダムの影響ではないと考えられる。ただし、平成30年と令和2年に測定された降水量が

平年より多いことを考慮した時、降雨による浮遊土砂によって高い数値を示したと考えられる。水素イオン濃度の場合、土壌の水素イオン濃度と類似した増減形態を見せたが、これは土壌に存在する水素イオンが降雨などによって地下水に流出し渓流水に影響を与えたものと見られる。溶存酸素量は調査区間の下流で低い

値を示したが、これは山地溪流の幅が下流に行くほど廣くなり、溪床勾配が緩やかに変わり上流に比べて落差の幅が少なく、これによって溶存酸素量の発生が低いと判断される。最後にステップ・プールの数の場合、魚類の生息地の役割としてステップ・プールの個所数の増減によって影響を与えたものと考えられる。

表1. ロジスティック回帰分析の結果

環境因子	タカハヤ		ツチガエル	
	Estimate	p-value	Estimate	p-value
月別平均降水量(mm)	-0.0019	0.1222	0.0010	0.3355
水温(℃)	0.1661	0.0000	0.0605*	0.1047
水素イオン濃度(pH)	-2.6911	0.0000	-1.5835*	0.0012*
電気伝導率(μs/cm)	-0.1462	0.0000	0.0434*	0.0046*
溶存酸素量(mg/L)	0.1815	0.0049	0.1460*	0.0128*
流速(m/s)	-4.6993	0.0002	0.0504*	0.9634
樹冠疎密度(%)	-0.0068	0.3504	-0.0057	0.3758
溪床勾配(m/m)	0.1900	0.8860	-0.1047	0.9282
ステップ・プールの数(n)	0.3197	0.0000	-0.0475*	0.3365
土壌水素イオン濃度(pH)	0.4638	0.0595	0.2023	0.3524
土壌湿度(%)	-0.0029	0.7232	0.0005	0.9490

p<0.05 水準で有意。

表2. AIC公式を用いた後退消去法の結果

タカハヤ生息モデル		AIC(ΔAIC)			
		重力式砂防ダム		バットレス型砂防ダム	
		下流	上流	下流	上流
1	MR+WT+WPH+WEC+WDO+WFV+CC+BS+NP+SPH+SHM	212.16(-)	187.35(-)	175.04(-)	99.99(-)
2	MR+WT+WPH+WEC+WDO+WFV+CC+NP+SPH+SHM	210.92(1.24)	185.43(1.92)	173.20(1.84)	100.39(-0.40)
3	MR+WT+WPH+WEC+WDO+WFV+CC+NP+SPH	208.93(1.99)	183.82(1.61)	171.42(1.78)	98.89(1.50)
4	MR+WT+WPH+WEC+WDO+WFV+NP+SPH	208.54(0.39)	182.91(0.91)	173.57(-2.15)	103.07(-4.18)

ツチガエル生息モデル		AIC(ΔAIC)			
		重力式砂防ダム		バットレス型砂防ダム	
		下流	上流	下流	上流
1	MR+WT+WPH+WEC+WDO+WFV+CC+BS+NP+SPH+SHM	246.87(-)	208.14(-)	238.54(-)	174.79(-)
2	MR+WT+WPH+WEC+WDO+CC+BS+NP+SPH+SHM	245.16(1.71)	207.32(0.82)	236.95(1.59)	178.30(-3.51)
3	MR+WT+WPH+WEC+WDO+CC+BS+NP+SPH	246.85(-1.69)	205.33(1.99)	234.95(2.00)	179.55(-1.25)
4	MR+WT+WPH+WEC+WDO+CC+NP+SPH	245.26(1.41)	204.23(1.10)	236.62(-1.67)	184.73(-5.18)
5	MR+WT+WPH+WEC+WDO+NP+SPH	245.44(-0.18)	202.24(1.99)	236.04(0.58)	182.92(1.81)
6	WT+WPH+WEC+WDO+NP+SPH	245.44(0.00)	202.24(0.00)	236.04(0.00)	182.92(0.00)
7	WT+WPH+WEC+WDO+SPH	243.45(1.99)	201.17(1.07)	234.48(1.56)	180.95(1.97)
8	WT+WPH+WEC+WDO	243.42(0.03)	199.21(1.96)	232.58(1.90)	178.96(1.99)

MR：月別平均降水量，WT：水温，WPH：水素イオン濃度，WEC：電気伝導率，WDO：溶存酸素量，WFV：流速，CC：樹冠疎密度，BS：溪床勾配，NP：ステップ・プールの数，SPH：土壌水素イオン濃度，SHM：土壌湿度

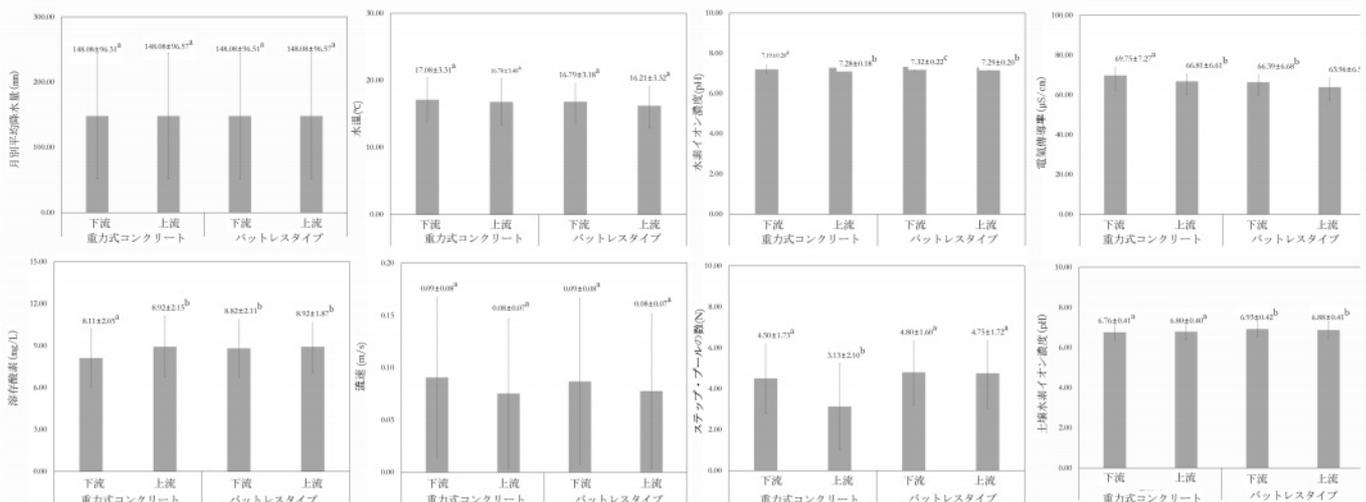


図1. 後進消去法から選定された環境因子の調査区間別の違い

謝辞：本研究は山林廳(韓國林業振興院)山林科學技術研究開發事業(課題番号：2021332D10-2323-AA01)の支援により行われたものです。