

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月24日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22310050

研究課題名（和文）人為改変による亜熱帯河口域の冬季水温上昇のメカニズムと自然再生手法

研究課題名（英文）Evaluation of human impact on thermal environment of subtropical estuary in association of the restoration technique

研究代表者

島谷 幸宏（SHIMATANI YUKIHIRO）

九州大学・工学研究院・教授

研究者番号：40380571

研究成果の概要（和文）：

本研究では、亜熱帯河口域の干潟干拓等の人為改変が水域の水温上昇に影響する可能性を検証するとともに、それによる生物への影響を定量的に評価した。奄美大島において干潟やマングローブが保全された河川と干拓により干潟を喪失した河川において物理環境の調査、解析、比較を行った。環境評価指標種としては、奄美大島のみで生息するリュウキュウアユを用いた。水温と関連の強い生息場の生理的好適条件の優劣を表現するモデルを用いた生息場評価モデルと現地観測結果、及びシミュレーション結果を重ね合わせることで、河口域の人為改変による水温環境の変化が生物に与える影響を定量的に評価することを試みた。

研究成果の概要（英文）：

The aim of this study was to examine the influence of human development of thermal environment of subtropical estuary and evaluate the biological impact by the physical changes. The rivers in the Amami Oshima Is. which have contrastive environments in the estuaries were selected as study sites and physical investigation and 3D flow simulation were conducted and the results were compared to clarify characteristic of thermal environment of estuary with tidal flat. An endangered freshwater fish, *Plecoglossus altivelis ryukyensis* called "Ryukyu-Ayu" were selected as index of quality of ecological environment which use estuary in their larval stages. Ecological impacts were determined by estimating the field survival rate of the larva in an experimental model and the density of the copepods statistically. With these physical and ecological models, we analyzed predicted effect of tidal flat restoration showed that the restoration would result in a two-fold increase in the size of the suitable habitat area.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	10,200,000	3,060,000	13,260,000
2011年度	2,700,000	810,000	3,510,000
2012年度	1,800,000	540,000	2,340,000
年度			
年度			
総計	14,700,000	4,410,000	19,110,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学，環境技術・環境材料

キーワード：河口，生息場評価，水温，海水遡上，自然再生，奄美大島，リュウキュウアユ

1. 研究開始当初の背景

河川汽水域は生産性が高く、多様な生物の生息場となっている。特に、多くの魚類が生活史上の稚魚期に利用している。近年、「多自然川づくり」に代表される自然再生、生態系保存に向けた様々な施策が行われるに至るが、河川汽水域はその動きが本格化しているとは言い難い。一方、我が国のみならず世界的に河口域・沿岸域の多くは人為改変によって甚大なダメージを受け、様々な環境への影響が叫ばれている。これらのインパクトによる環境の変質については様々論じられているが、本研究では特に水温に対する環境インパクトに着目し、その生物生態系への影響評価と再生方法について取り扱った。本研究では、河口域における人為改変に対する環境指標種として、リュウキュウアユ

Plecoglossus altivelis ryukyuensis に着目した。本種は奄美大島にのみ生息し、近年絶滅が危惧されており、沖縄島では80年代に絶滅が確認された。本種の個体数減少要因について最も有力視されていた要因としては仔稚魚生息場となる冬季河口域における生息場の高水温であった。一般に魚類の仔稚魚段階では浸透圧を調整する機能が未発達であるため、水温上昇は生理的なダメージを与える。リュウキュウアユについては、特に20℃以上の水温環境に対し脆弱である。奄美大島における河川河口域に目を移すと、国内最大のマングローブ林と広大な干潟を伴う役勝川・住用川河口がある一方、今回対象とする河内川のように多くの河口域は、干潟域や氾濫原を干拓・埋め立てた直線化・狭隘化された河口になっている。これらの人為的インパクトは、相対的に低温の河川水と高温の海水が混合する領域を奪うとともに、冷源としてのポテンシャルを持つ干潟そのものを消失させることから、仔稚魚にとり生理的に有利な水温環境の形成を阻害する可能性がある。このような河口域の環境機能を裏付けるよう、奄美大島において干潟域が喪失した河内川においては、役勝川と比較し生息数が少なく個体群絶滅が懸念されている。河口干潟域の持つ温熱環境特性に関する先行研究としては、地盤・水塊間に発生する熱輸送に着目した現象論的研究は散見されたが、人為改変による影響と共に論じられた研究は少なかった。特に、低水温域の形成に着目した研究、それらが生物生態系に与える影響に関する研究であった。

2. 研究の目的

上記の背景から、本研究ではリュウキュウアユを指標種とし、河口域の物理的構造が温熱環境に与える影響、ならびにそれらがリュウキュウアユに与える影響を明らかにする

ことを目的とした。合わせて、得られた知見に基づいたリュウキュウアユ保全再生案とその効果について検討することにより、河口域の保全のあり方について考察した。

3. 研究の方法

本研究では、(1)河口域における低水温域形成把握のための現地観測並びに数値解析を実施した。水温、塩分濃度、流動場観測を多点において実施し、それらの結果を2つの対象的な河口において比較することにより、干潟の喪失等地形構造の変化に伴い生じる温熱環境の特性の変化を把握した。数値解析においては、干出・冠水スキームを搭載する3次元流動シミュレーションモデルを用い、現地観測において確認された温熱特性を再現した。次に、(2)環境指標種リュウキュウアユの生息場評価モデルの構築した。対象種の生存試験結果と餌資源分布観測結果を統計的にモデル化し、生理的・餌資源の両面から評価可能なモデルとした。また、これらを用いて、(3)保全対策方針の検討を軸に研究を遂行した。干潟を失った河内川において、干潟を復元した際に予測される生物への影響を評価し、保全に向けた指針を検討した。また、これらの現地スケールでの評価と共に、保全に向けた指針を決定する際に重要となる(4)広域的スケールにおける生息場評価を実施した。河口域の低水温域形成に関わる環境要素に着目し、過去の生息分布を説明するモデルを構築した。

4. 研究成果

(1)対照的な2つの河口域における水温・塩分環境の現地調査

干潟域を伴う河口域においては、満潮時に相対的に高温の海水と低温の河川水が流入し一時的に貯留されることや、干出により温熱環境に変化が生じるため、人為改変に伴う地形構造の変化によって水温の変動パターンは大きく異なると考えられる。そこで想定される変動パターンの相違に対して基礎的知見を得るため、人為改変の影響を受けた河内川河口域と干潟・マングローブ域を有する役勝川河口域において、水温・塩分濃度の多点連続観測を行い、地形構造の変化がもたらす水温変動パターンに対するインパクト・レスポンスを整理した。その結果、干潟域を伴う役勝川に見られた特徴的な水温変動パターンとしては、干潟部における冠水直後の局所的な冷却・加熱、干潟冠水時における低温河川水の一時的貯留とそれに伴う、下げ潮時の塩分濃度の低下勾配を鈍化させる現象が見られ、マングローブ自生区間においては水温勾配が鈍化しており、日射樹冠遮断効果の影響も生じ

ていることが明らかとなった。

(2) リュウキュウアユの生息場評価による河口域の人為改変の影響評価と温暖化との関連性

河口干潟の喪失による水温等物理環境の変化の影響を適切かつ定量的に評価するため、生息場評価モデルを構築した。その際、物理・環境パラメータと対象種の嗜好度を一対一に対応させず、物理環境の対象種の生活史における意味（ここでは生理的条件と採餌環境）と対応するよう配慮した。このような手法により、人為的改変に伴い、生息分布と好適環境分布が対応しない場合でも適切な評価が可能となると考えられた。具体的な評価法としては、生存試験結果を元にし、環境の優劣を仔稚魚の生存率として表現した生息場評価モデルを構築し、これを現地連続観測結果に適用させ、現地における仔稚魚生存率の形で評価を実施した。加えて、入力水温値を変化させ応答解析を実施した。その結果、2つの対象河口域におけるリュウキュウアユ生息地での生存率推定値は約30%異なり、生理的な観点からみた環境劣化の程度を定量化できた。水温変化に対しては、役勝川において鈍感である一方、河内川では鋭敏であり、水温環境変化に対して脆弱であることが示唆された。

(3) 生理・餌環境に着目したリュウキュウアユの生息場評価と保全策

(2)の内容を受け、人為改変による地形構造の変化に伴う流動場・水質構造の変化がリュウキュウアユの生息場の優劣に与える影響を時空間的に評価するため、3次元流動場シミュレーション (Delft3D) を実施した。生息場評価としては、(2)にて開発した生理的好適度を算出するモデルに加え、餌資源となるカイアシ類の存在密度を推定する統計モデルを追加し、モデルの再構築を行った。現況生息場評価と合わせて、河内川において干潟を復元した場合の生息場改善効果を評価するための仮想地形を用いた評価計算を実施した。評価の結果、水温や塩分濃度の空間勾配の大小に伴い、役勝川河口域では、河内川河口域に比べ良好とみなせる環境領域が4倍程度広いことが明らかとなった。(1)における観測の結果から明らかになったように、干潟やマングローブの存在により、塩淡水の混合が促進されること、それに伴い動物プランクトンが広範に輸送されることが要因であると考えられた。河内川における仮想計算の結果、干潟の復元により良好な環境領域は現状の約2倍拡大することがわかった。

(4) 河口形状の相違が海水遡上特性に与える影響

リュウキュウアユ生息河川のうち、役勝川と住用川は同一の河口を持ち同一の内湾に流入しているが、生息個体数としては役勝川の方が1オーダーほど多い。この要因に関して、住用川の河口部において、土砂堆積によってマウンド上の小高い部分が存在することが挙げられる。これにより、海水の遡上形態が異なる可能性があり、結果として仔稚魚にとって好適な生息好適環境に相違が生じていると考えられた。本研究では、役勝川と住用川を対象として、集中的な海水遡上調査を実施し、河川間の海水遡上特性の違いを検討した。海水遡上特性の観測方法としては、合流点下流の検査断面よりフロートを投下するラグランジュ型観測と、定点における物理量の時系列及び空間分布を計測するオイラー型観測を組み合わせた。観測の結果、多くのフロートが役勝川方向に遡上しており、住用川にはスムーズに遡上しない様子が確認された。また、分岐各上流部に設置されたADCP (ドップラー型流速分布計) 及び塩分水温計の観測値の解析結果によれば、上げ潮時における総流量および総塩分フラックスは、役勝川においてそれぞれ、住用川の約7倍および9倍と大きな差異があることが明らかとなった。

(5) 地理・気候的環境要因によるリュウキュウアユ定着可能性の評価

本研究の対象種であるリュウキュウアユは、現在奄美大島にのみ生息地が残されており、かつての生息地である沖縄島においては1980年代に個体群絶滅が確認されている。この要因としては、種々指摘があるが、沖縄島の河川の規模や特性から見て、リュウキュウアユ仔稚魚にとり生理的に有利な低水温・汽水環境が河口域に形成されにくいと考えられ、広域的な環境要因に起因して地域個体群の脆弱性としては沖縄島の個体群のほうが高かったと推察される。本研究では、奄美大島と沖縄島を対象の河川を対象に、マクロスケール要因となる地理的・気候的要因を変数とした統計モデル構築によりリュウキュウアユの定着可能性を評価した。奄美大島及び沖縄島の各々131河川、176河川を対象とし、評価モデルについては、一般化線形モデルを用い、目的変数に過去を含めたリュウキュウアユの在／不在の二値を取り、本種の生息可能性を0~1の値で推定するモデルを構築した。説明変数の抽出においては、河口域の水温・塩分環境形成要因を考慮したハビタット形成環境要因に着目し、対応する地形・気候パラメータを説明変数に抽出した。構築したモデルについてはパラメータの組み合わせごとAICを用いてモデル間の優劣を評価し、

モデル選択を行った。モデル選択の結果、流域面積、標高で補正した流域平均気温、および内湾面積をパラメータに持つモデルが選択された。定着可能性推定値の算出値としては、奄美大島の生息河川では概ね90%以上、非生息河川でも70%以上の値を持つ河川が見られる一方、沖縄島の過去の生息河川においては最大でも56%であった。また、標高で補正された気温を変化させて感度分析を行ったところ、河口域に内湾を持たない沖縄島の過去の生息河川での値は鋭敏に変化した。変化量を -3°C としたとき概ね90%以上となり、沖縄近海において推測されている海水温上昇量と符合した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 4件)

- ①大槻順朗, 島谷幸宏, 河口域の人為改変に伴うリュウキュウアユ仔稚魚の生理的生息条件に対する影響評価, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol. 68, No. 4, pp. 513~518, 2012.
- ②大槻順朗, 二瓶康夫, 島谷幸宏, 整理・餌条件に着目したリュウキュウアユ仔稚魚生育場に対する人為改変影響評価, 土木学会論文集 B1(水工学) Vol. 69, No. 4, I_1237-I_1242, 2013.
- ③原田渉, 大槻順朗, 二瓶泰雄, 高橋真弓, 島谷幸宏, 同一内湾に流入する二河川の海水遡上特性の比較 ~リュウキュウアユ生息環境評価を念頭にして~, 土木学会論文集 B1(水工学) Vol. 69, No. 4, I_1243-I_1248, 2013.
- ④大槻順朗, 立道大伸, 島谷幸宏, 地理・気候的環境要因によるリュウキュウアユ定着可能性の評価, 河川技術論文集, Vol. 19, (印刷中), 2013.

[学会発表] (計 8件)

- ①立道大伸, 大槻順朗, 島谷幸宏: 河口域における汽水域面積とリュウキュウアユ在・不在の関係, 土木学会西部支部研究発表会, 九州工業大学(福岡), 2011年3月
- ②大槻順朗, 島谷幸宏: 河口域の人為改変に伴うリュウキュウアユ仔稚魚の生理的生息条件に対する影響評価, 第56回水工学講演会, 愛媛大学(愛媛), 2012年3月
- ③原田渉, 大槻順朗, 二瓶泰雄: リュウキュウアユ遡上パターン解明を目的とした漂流フロート調査, 第65回土木学会全国大会, 土木学会, 名古屋大学(愛知), 2012年9月.
- ④大槻順朗, 二瓶泰雄, 島谷幸宏, 生理・餌条件に着目したリュウキュウアユ仔稚魚

成育場に対する人為改変影響評価, 第57回水工学講演会, 土木学会, 名城大学(愛知), 2013年3月.

- ⑤原田渉, 大槻順朗, 二瓶泰雄, 高橋真弓, 島谷幸宏, 同一内湾に流入する二河川の海水遡上特性の比較 ~リュウキュウアユ生息環境評価を念頭にして~, 第57回水工学講演会, 土木学会, 名城大学(愛知), 2013年3月.
- ⑥大槻順朗, 立道大伸, 島谷幸宏, 地理・気候的環境要因によるリュウキュウアユ定着可能性の評価, 2013年度河川技術に関するシンポジウム, 土木学会水工学委員会河川部会, 東京大学(東京), 2013年9月(予定).
- ⑦大槻順朗, 二瓶泰雄, 島谷幸宏, 成育場機能を適切に考慮したリュウキュウアユ仔稚魚の生息場評価モデルの提案, 第67回土木学会全国大会, 土木学会, 日本大学(千葉), 2013年9月(予定)
- ⑧Kazuaki OHTSUKI, Yukihiro SHIMATANI, Impact of estuarine development on an endangered fresh water fish larva, 4th Int. Conf. ESTUARIES AND COASTS, WRU, Hanoi, Vietnam, Oct. 9th 2012 (with referee)

[その他]

- ①九州大学学位請求論文: 大槻順朗, 冬季亜熱帯河口域の環境機能に着目したリュウキュウアユ保全に関する研究

6. 研究組織

(1) 研究代表者

島谷 幸宏 (SHIMATANI YUKIHIRO)
九州大学・大学院工学研究院・教授
研究者番号: 40385071

(2) 研究分担者

大槻 順朗 (OTSUKI KAZUAKI)
東京理科大学・理工学部・助教
研究者番号: 10618507

(3) 連携研究者

なし