

菊池川河道内氾濫原の水域再生のための基礎研究

BASIC STUDY FOR FLOODPLAIN WATERBODIES RESTORATION AT THE KIKUCHI RIVER

皆川 朋子¹・恒崎 大輔²
Tomoko MINAGAWA, Daisuke TSUNEZAKI

¹正会員 工博 熊本大学大学院准教授 自然科学研究科 環境共生工学専攻社会環境マネジメント講座
(〒860-8555 熊本県熊本市中央区黒髪2-39-1)

²非会員 大分県豊肥振興局 農林基盤部 (〒878-0013 大分県竹田市大字竹田町1501-2)

This study aims to acquire the basic knowledge for the floodplain waterbodies restoration at the Kikuchi river. We classified the floodplain waterbodies, and compared and evaluated the past and present, in addition, we investigated the fish and shellfishes depending on the floodplain waterbodies. The result is as follows. 1) The number of the floodplain waterbodies on the sandbar and the merging section of its tributary decreased, the number of the waterbodies on the river terrace and artificial structure origin increased. 2) The size of the waterbodies has a correlative relation with the number of the fish depending on the floodplain.

Key Words : flood plain, sand bar, river terrace, endangered species, river environment

1. はじめに

国土開発や河川改修の進捗に伴い氾濫原が消失し、これに依存し生育生息する生物（氾濫原依存種）の多くが絶滅危機種に選定されている。このような中、氾濫原の再生は生物多様性の保全において緊急に対処すべき重要な課題として認識されている¹⁾。しかし、市街化が進んだ堤内地において氾濫原を再生することは難しいことから、河道内における氾濫原的環境としてのワンドやたまり（以下、河道内氾濫原水域とする）の創出が各地で実施され、魚類の再生産、仔稚魚の生息場としての機能していることが報告されている²⁾。その一方で、土砂の堆積や外来種の侵入により、求められている機能が得られないケースもある。

熊本県北部を流れる菊池川には、タナゴ類6種が生息し、ドジョウ等の氾濫原依存種が多く生息するが³⁾、堤防設置による河川と水田との分断化、圃場整備、用水路のコンクリート化等により、特に中下流域をとりまく環境は大きく変化してきている。一方、菊池川においては、現在、流下能力を増大するための高水敷の切り下げが実施されている。近年、九州のタナゴ類の減少傾向が著しいことが報告されていること⁴⁾も踏まえると、高水敷掘削に併せて、河道内において氾濫原的環境を創出し、氾濫原依存種の保全を図ることが望まれる。

河道内氾濫原再生に際しては、まず、基礎情報として、対象とする河川の過去からの河道や河川環境の変遷及び

その要因に関する基礎情報を得ておく必要がある。また、設計においては、河道特性とワンドやたまりの構造との関係、構造と氾濫原依存種にとっての機能との関係等に関する知見が必要である。既往研究においてはワンドやたまりの形成要因⁵⁾、ワンドやたまりの形状や冠水頻度と生息種や生息密度にとの関係に関する研究等²⁾⁶⁾が示されている。実河川における氾濫原再生のための計画立案、設計においては、これらの知見を踏まえ、上記に示した基礎情報に基づき検討し、氾濫原依存種の生息場として機能し、空間的・時間的な変動を許容しながら持続的に維持しうる河道内氾濫原の創出を図る必要があると考えられる。そこで本研究では、菊池川における河道内氾濫原水域再生のための基礎知見を得ることを目的に、ワンドやたまり等といった河道内氾濫原水域の現状を過去と空中写真を用いて比較することにより評価し、さらに、氾濫原水域依存種の生息状況とこれに関与する環境要因を考察する。

2. 対象河川の概要

菊池川は、熊本県阿蘇市深葉（標高1,041m）に源を発し、菊鹿盆地を貫流した後、山間部を流下した後、玉名平野に出て有明海に注ぐ、幹川流路延長71km、流域面積996km²、支川数69の一級河川である。河口から14kmまでがセグメント2-2、14～38kmまでがセグメント2-1、38～50kmまでがセグメント1、50km以上がセグメントMに区分される。なお、河口から約7km地点までは

干拓地である。治水事業は、昭和3年及び同10年洪水を契機に、昭和15年から直轄改修事業として、築堤、掘削、護岸等が整備されたが、昭和54年、55年、57年の洪水後、無堤部の多かった本川中流部や、改修工事の遅れていた支川において築堤・掘削等の河川整備が行われ、支流迫間川には、洪水被害の防止、軽減を含む多目的ダムとして竜門ダムが建設された（昭和62年着手、平成14年完成）。現在も本川や支川において掘削、築堤、堰の可動化等の事業が進められている⁷⁾。

3. 方法

(1) 菊池川の河道内氾濫原水域の現況評価

(a) 河道内氾濫原水域の類型化

現況把握に際し、まず、空中写真を用いて河道内氾濫原水域の類型化を行った。用いた空中写真は、国土交通省菊池川河川事務所により1947年から2009年までに撮影された6時期のうち（表-1）、最も古い1947年、最新の2009年、そして次いで撮影時期が古く、1947年のものよりも縮尺が大きい1959年の3時期とした。これら3時期の空中写真は、撮影日の流量データ、あるいは、平水時に撮影された空中写真との比較から、出水時でないかと判断された。なお、1947年と1959年の間には、築堤等の大規模な河川改修工事が行われており、河道形態の変化がみられた。類型化には、1959年測量の地形図、安政2年の古図、1963年から2012年までの菊池川横断図（国土交通省菊池川河川事務所測量）を適宜補足資料として用いながら河道内氾濫原水域を抽出し分類した。

(b) 河道内氾濫原水域の変化

(a) により得られた類型化に基づき、1947年、1959年、2009年の空中写真を対象に、河口から7～14kmまでのセグメント2-1、14～38kmまでのセグメント2-2について各水域を判別した。ただし、1959年においては、空中写真の撮影範囲が河口から7～34km区間であったことから、セグメント2-2を河口から14～34km区間までとした。また、1959、2009年を対象に、各水域の大きさについて、ワンドは延長、開口部長、最大水面幅、たまりに関して、長径と短径、二次流路は延長、開口部長、中心幅、閉口部長を測定した。これらから得られたデータから、河道内氾濫原水域の変化を把握した。

(2) 氾濫原水域依存種の生息状況

砂州上及び高水敷上における氾濫原水域再生に資する情報を得るため、ここではこれらに形成されている水域に着目し、氾濫原水域依存種（魚介類）の生息状況を把握した。調査は2013年12月～1月に行った。調査地点は、現在、河川管理者により高水敷掘削が実施されているセグメント2-1の区間のうち、調査が可能であった砂州上及び高水敷上の氾濫原水域10箇所（S1～S10）とした

表-1 空中写真の諸元

撮影年月日	縮尺	撮影範囲 (河口からの距離)	カラー or モノクロ	撮影日の流量	類型化 使用	大きさ、 面積測定
1947年3～4月	1/30698	0k～55k付近	モノクロ	不明	●	
1959年9月4日	1/15000	7～23k、18～34k	モノクロ	不明	●	●
1971年8月7日	1/5000	0～29.5k、29.5～50k	モノクロ	196.65 m ³ /s		
1984年12月7日	1/12500	0～22k、22～55k	カラー	14.30 m ³ /s		
1996年3月6日	1/25000	0～60k付近	カラー	9.30 m ³ /s		
2009年5月	1/7500	0～52k	カラー	月平均12.85 m ³ /s	●	●

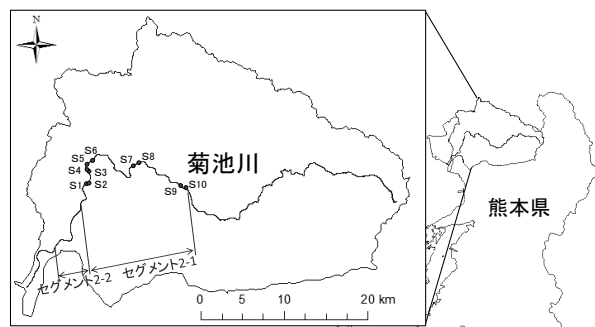


図-1 調査対象地点

(図-1) . このうち、2箇所（S7及びS8）は2011年に高水敷の切り下げが行われた区間に位置し、その後、出水により小規模のワンドが形成されたものである。

(a) 魚介類調査

対象とする水域全域を対象に、魚類及び甲殻類をエレクトロフィッシャー（スミスルー社 LR-20B）を用いて採捕し、同定、計数、標準体長の計測を行った。ただし採捕数の多い場合には、同定後、魚種ごとにスケールを入れ写真撮影し、画像から標準体長を計測した。二枚貝は2名が鋤簾を用いて採取し、その場で同定、計数し、殻長を計測した。なお、ニッポンバラタナゴ（*Rhodeus ocellatus kurumeus*）とタイリクバラタナゴ（*Rhodeus ocellatus ocellatus*）の2種の同定は遺伝子解析が必要であり、また、タナゴ類（*Acheilognathinae*）稚魚の種同定は現地では困難であったため、これらは一括してタナゴ類として記録した。また、甲殻類のうちヌマエビ科（*Atyidae*）についても、同定は現場では困難であったため、ヌマエビ科として記録した。

(b) 環境要因調査

魚介類の生息に関与すると考えられる環境要因について調査した。氾濫原水域の形状に関しては、延長（たまりは長径）を測定し、水域の大きさに応じて横断方向に3～6本の測線を設定し、各測線の中央で水深、流速、水面幅を測定した。河床材料に関しては、25cm×25cmコドラートを用いて巨礫（250mm以上）、大礫（64～250mm）、中礫（4～64mm）、細礫（2～4mm）、砂（1/16～2mm）、泥（1/16mm以下）を目視により5%ピッチで読み取り記録した。また、砂州及び高水敷の高さ、河岸勾配を測定し、水際域における植生の分布状況を記録し、水際域植生割合（水際域に占める植生の分布の有無の割合）を算出した。水質について、水温、pH、濁度、溶存酸素、電気伝導率を水域中央部において水質

計（HORIBA U-52G）を用いて3回測定し、その平均値をその地点の代表値とした。SS、VSS、chl.aについては、採水した試料を冷暗所で保管し実験室に持ち帰り、SS及びVSSはガラス繊維濾紙法、chl.aはSCOR/UNESUCO法により測定した。

4. 結果

(1) 菊池川の氾濫原水域の現況評価

(a) 河道内氾濫原水域の類型化

河道内氾濫原水域は、砂州上、高水敷上、支川合流部に存在するもの、そして人工構造物（堰、用排水路合流、水制）に起因したものに分類した（図-2）。なお、砂州、高水敷の区分は、国土交通省が実施した横断測定の結果や河川改修などの人為的な整備の有無から判断し、低水路内に存在するものを砂州上、高水敷に存在するものを高水敷上とした。さらに、砂州上の水域に関しては、砂州を複列砂州、単列砂州、湾曲部の内岸側に形成されるポイントバー上のものに区分した。支川合流部付近の水域は、支川からの土砂供給や流れの影響を受け形成されたものであり、支流合流部として区分した。

堰、用排水路合流、水制に起因して形成された水域に関しては人工構造物由来として区分した。また、それぞれ、主流路との接続状況の違いにより、ワンド、二次流路、たまりに区分した⁸⁾。砂州上のワンドに関しては、開口部が上流側に向いているものを砂州頭ワンド、対岸側に向いているものを砂州中腹ワンド、下流側のものを砂州尻ワンドとして区分した¹¹⁾。

(b) 河道内氾濫原水域の変化

氾濫原水域は、1947年は計154箇所、1959年は計175箇所、2009年は計142箇所確認された（図-3）。図-4に各

年代の1kmあたりの出現数を示す。1947年及び1959年においては砂州上の氾濫原水域の出現数が最も多く、2009年は高水敷上の水域が最も多いことが読み取れる。砂州上、高水敷上、支川合流部、人工構造物別に変遷をみると、出現数は1947年から2009年までに、砂州上、支川合流部はそれぞれ約42%、約40%に減少し、高水敷上、人工構造物に起因するものはそれぞれ約3.7倍、約2.5倍に増加していた。図-5、6にはセグメント2-2、セグメント2-1における各水域の出現数の内訳を示した。水域面積については図-7に1kmあたりに出現する氾濫原水域の変化を示した。1959年から2009年までに1kmあたりの水域面積の合計は2,914 m²から2,458 m²へやや減少していたが、変化の傾向は水域によって異なり、砂州上及び支川合流部の水域は1959年と比較してそれぞれ約53%、約86%に減少し、高水敷上の水域及び人工構造物に起因するものはそれぞれ約2.1倍、約1.1倍に増加していた。

図-8、9に、それぞれのセグメントについて、砂州形態別に砂州の出現数と砂州上の水域の出現数を示した。砂州は、河床勾配の小さいセグメント2-2の方がセグメント2-1より多く出現した。セグメント2-2、セグメント2-1、いずれにおいても複列砂州、単列砂州、ポイントバーの数は減少傾向にあり、1947年及び1959年にみられた複列砂州は、2009年にはすべて消失していた。また、セグメント2-2では1947年の複列砂州を除き、すべての砂州上に氾濫原水域が形成されているが、セグメント2-1では、複列砂州上にはすべてに氾濫原水域が形成され、単列砂州及びポイントバー上にはその約7割に氾濫原水域が形成されており、これらの傾向は3時期で同様にみられた。

(2) 氾濫原水域依存種の生息状況

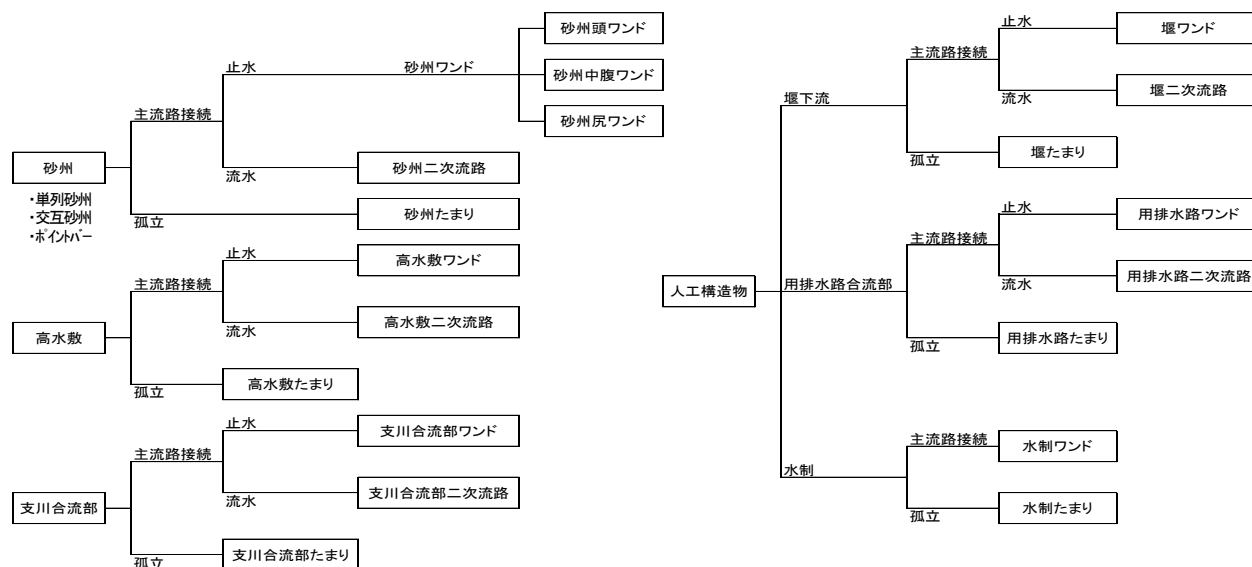


図-2 河道内氾濫原水域の分類

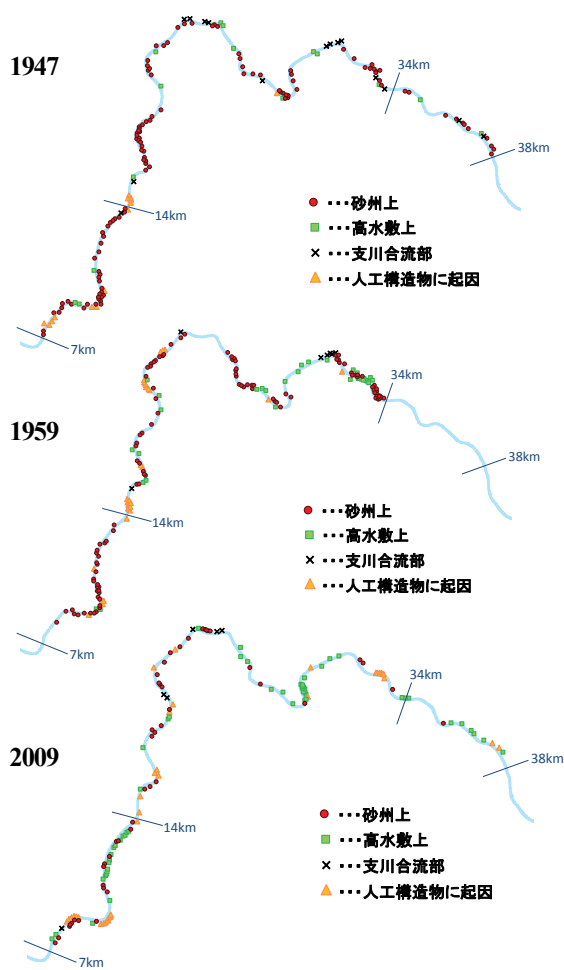


図-3 各年代における氾濫原水域出現位置

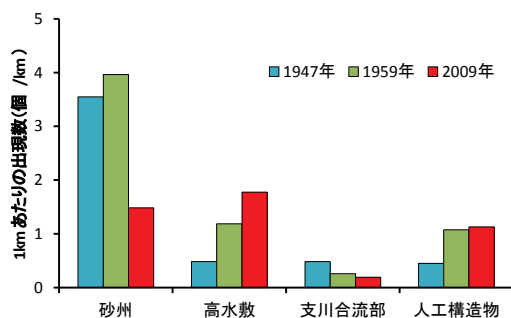


図-4 氾濫原水域の出現状況

調査によって確認された魚種を表-2に示す。魚類15種、甲殻類2種、二枚貝1種の生息が確認された。そのうち、ツチフキ (*Abbottina rivularis*)、タナゴ類 (*Acheilognathinae*)、ウナギ (*Anguilla japonica*)、ギンブナ (*Carassius auratus langsdorfii*)、ゲンゴロウブナ (*Carassius cuvieri*)、コイ (*Cyprinus carpio*)、ドジョウ (*Misgurnus anguillicaudatus*)、ドンコ (*Odontobutis obscura*)、ミナミメダカ (*Oryzias latipes*)、モツゴ (*Pseudorasbora parva*)、ヌマガイ (*Sinanodonta lauta*) の11種は氾濫原水域依存種⁹⁾であった。また、確認された魚介類のうち、ツチフキ、タナゴ類、ウナギ、ゲンゴロウブナ、オヤニラミ (*Coreoperca kawamebari*)、ミナ

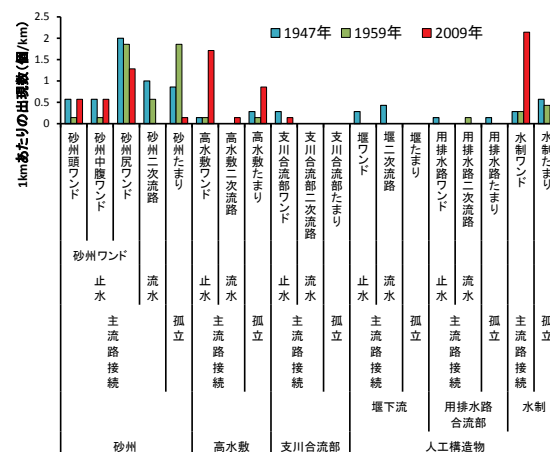


図-5 セグメント2-2における水域別出現数

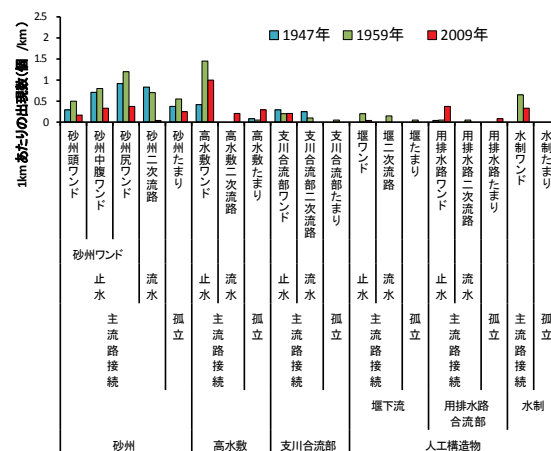


図-6 セグメント2-1における水域別出現数

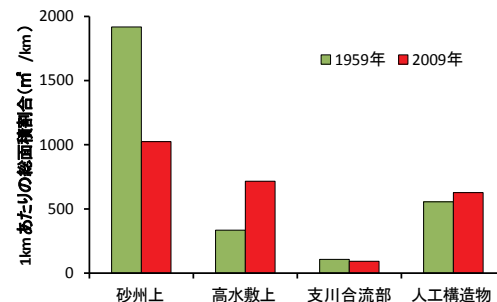


図-7 氾濫原水域の面積

ミメダカは絶滅危惧種 (環境省RDB) である。魚類の確認種数が最も多かったのは、高水敷ワンド(S10)の12種であり、その他の高水敷ワンド (S6, S9) や砂州尻ワンド(S6)も比較的多かった (図-10)。氾濫原依存種については、全ての高水敷上の水域で確認され、砂州上の水域においては、砂州尻ワンド (S1, S9) で確認されたのみであった。氾濫原水域依存種が最も多く確認されたのは、高水敷たまり (S10) の9種であり、この他の高水敷ワンド (S8, S9) おいても多く確認された。タナゴ類が産卵床として利用するヌマガイは高水敷ワンド (S9) においてのみ採取された。

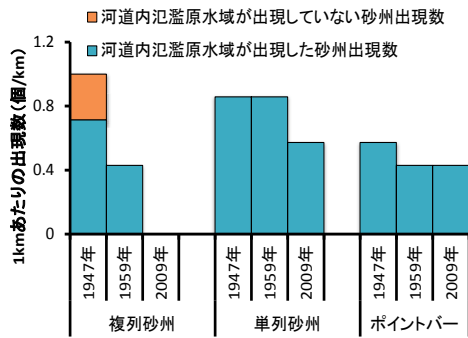


図-8 セグメント2-2における砂州数及び氾濫原水域の出現数

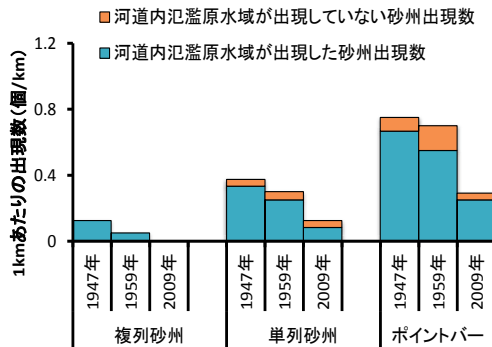


図-9 セグメント2-1における砂州数及び氾濫原水域の出現数

氾濫原水域依存種と氾濫原水域の環境要因との関係について把握するため、氾濫原水域依存種数と各変数との関係をスピアマンの順位相関係数で検定した結果、危険率 $P<0.05$ で有意な相関関係が検出された変数は、面積水際域植生割合、ワンド延長またはたまり長径、VSS、砂州高さ、平均水面幅であり、いずれも正の相関関係が認められた。これらの変数はVSSを除き、氾濫原水域の大きさに起因したものであり、最も相関係数が大きかった変数は面積であった。図-11に水域面積と氾濫原依存種数、それ以外の魚種数との関係を示した。氾濫原依存種は水域面積が 200m^2 以下では生息種数が0~1程度であるが、 400m^2 で約4種、 800m^2 では約8種の生息が確認された。

5. 考察

2009年の氾濫原水域の出現数は、1947年、1959年と比較して減少し、面積も1959年と比べ減少したことが定量的に把握された。タイプ別にみると、減少していたのは、砂州上と支川合流部であり、出現数ではそれぞれ1947年の40、42%、面積では1959年のそれぞれ53、86%に減少していた。砂州上の水域の減少に関しては、砂州自体の減少によるもので、複列砂州は2009年までにすべて消失し、単列砂州及びポイントバーの数も減少していた。ただし、空中写真から、消失した複列砂州は単列砂州への移行が確認でき（写真-1）、これを考慮すると、1947年に存在した単列砂州の実際の減少数は図-4、7に示した数

表-2 氾濫原水域で確認された魚介類

和名	学名	希少種
ツチフキ*	<i>Abbottina rivularis</i>	環境省：絶滅危惧ⅠB類
タナゴ類*	<i>Acheilognathinae</i>	環境省、熊本県：絶滅危惧種
ウナギ*	<i>Anguilla japonica</i>	環境省：絶滅危惧ⅠB類
ギンブナ*	<i>Carassius auratus langsdorffii</i>	
ゲンゴロウブナ*	<i>Carassius cuvieri</i>	環境省：絶滅危惧ⅠB類
オヤニラミ	<i>Coreoperca kawamabari</i>	環境省：絶滅危惧ⅠB類
コイ*	<i>Cyprinus carpio</i>	
ドジョウ*	<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	環境省：情報不足
ドンゴ*	<i>Odontobutis obscura</i>	
メダカ*	<i>Oryzias latipes</i>	環境省：絶滅危惧Ⅱ類
カマツカ	<i>Pseudogobio esocinus esocinus</i>	
モツゴ*	<i>Pseudorasbora parva</i>	
イトモロコ	<i>Squalidus gracilis gracilis</i>	
オイカワ	<i>Zacco platypus</i>	
カワムツ	<i>Zacco temminckii</i>	
スマエビ科	<i>Atyidae</i>	
スジエビ	<i>Palaemon paucidens</i>	
ヌママイ*	<i>Sinanodonta lauta</i>	

*：氾濫原水域依存種⁽⁹⁾

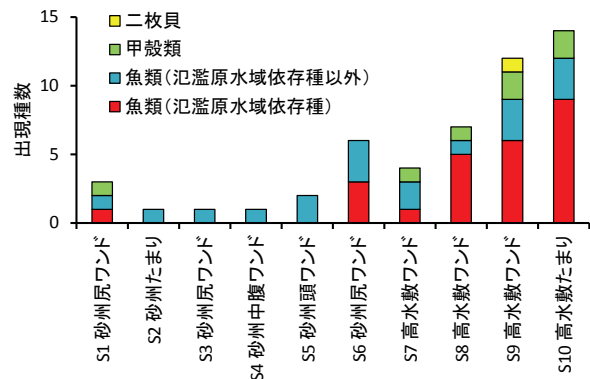


図-10 各調査地点における魚介類の確認種数

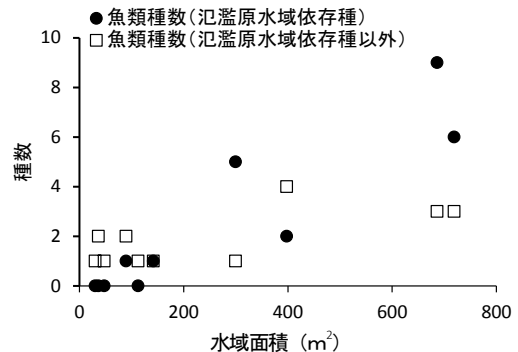


図-11 氾濫原水域の面積と魚種数の関係

より大きいと推察される。複列砂州から単列砂州への移



写真-1 複列砂州から単列砂州への移行
上：1947年、下：2009年（菊池川河川事務所撮影）

行は、一般的に河道横断形状の変化に伴う川幅水深比の減少によるものである。そこで、横断形状の変化を把握するため、1963年と2009年に菊池川において実施された定期横断測量データ（国土交通省、200m間隔で実施）のうち、本研究で調査対象としたセグメント2-1、2-2の区間のデータ、それぞれ202、70側線分を用いて、最深河床と砂州あるいは高水敷高さの差を比高差として計測した結果、比高差は、両セグメントともに1963年から2009年までに有意な増加が検出された（*t*-test、セグメント2-2： $t=-8.026$ ， $df=137$ ， $P<0.01$ ，セグメント2-1： $t=-3.514$ ， $df=173$ ， $P<0.01$ ，図-12）。比高差の増大は、主に低水路の河床低下に伴う河道の二極化によるものであった。特にセグメント2-2では比高差が大きく変化しており、これに伴い川幅水深比が変化したものと推察された。このような河道の二極化の要因は、砂利採取やダム建設等が要因であることが多いが、菊池川においては高度成長期に砂利採取が盛んに行われており、砂利採取が河床低下の要因の一つとしてあげられた。ポイントバーについては、河道の拡幅等により減少していた場所もみられたが、セグメント2-2における減少率は複列砂州や単列砂州と比較するとやや小さい傾向がみられ、砂州よりも安定した地形⁸⁾であることに起因している可能性がある。

氾濫原水域を対象とした魚介類調査により、絶滅危惧種を含む氾濫原依存種11種の生息が確認され、調査を行った冬期において河道内氾濫原水域は、氾濫原依存種の生息場として機能していることが確認できた。今回対象とした水域では、面積が大きい水域ほど氾濫原依存種が多く確認され、氾濫原水域の造成において考慮すべきパラメータになりうる可能性が示唆された。また、水域の大きさに関連した変数以外では、VSSが氾濫原依存種数に関与していることが検出されたが、VSSと本川との連続性に起因したパラメータとして捉えられ、VSSが大きい、すなわち本川との連続性が低いほど氾濫原依存種数が多く生息する傾向がみられた。しかし、本研究における調査は限られた水域を対象とした、冬期のみの調査である。生活史の各段階で利用の状況は異なり、季節的に氾濫原水域が生物に提供する機能は異なることが予想される。また、冠水頻度等の要因が、生息種や生息密度に影響を与えるため⁶⁾¹⁰⁾、今後、冠水や攪乱等の要因との関係や季節的な機能を加味した検討を行うための調査を行う予定である。

6. まとめ

本研究では、菊池川における氾濫原水域を分類し、その変遷を定量的に示し、氾濫原水域における氾濫原依存種の生息状況を確認し、ワンドやたまり等の造成に関する一知見を得た。今後は、必要な冠水頻度や攪乱等の水

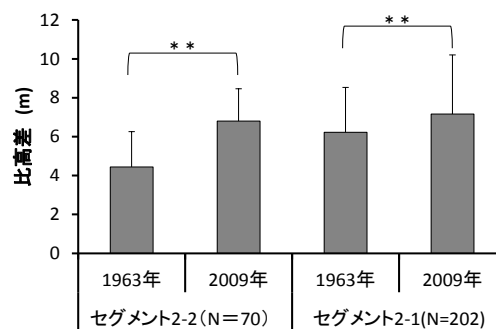


図-12 1963年及び2009年の比高差

**； $P<0.01$ (*t*-test)

理的検討、生活史を考慮した氾濫原水域依存種の生息場としての機能評価等について検討する予定である。

謝辞：菊池川における空中写真や測量データ、古図等、多くの資料を提供して頂きました国土交通省菊池川河川事務所の方々、現地調査にご協力頂きました熊本大学流域環境デザイン研究室の皆様深く感謝の意を表します。なお、本研究は、国土交通省河川砂防技術研究開発地域課題分野（河川生態）の一部として行われたものである。

参考文献

- 1) 鷺谷いづみ：氾濫原湿地の喪失と再生-水田を湿地として活かす取り組み、国際環境研究協会「地球環境」12 (1)，pp.3-6，2007.
- 2) 都築隆禎，竹下邦明，三橋弘宗，石井正人：高水敷掘削によるワンド造成の効果と本川への接続形状が生物群集に及ぼす影響，河川技術論文集，第16巻，pp.173-178，2010.
- 3) 河川水辺の国勢調査：
<http://mizukoku.nilim.go.jp/ksnkankyo/index.html>
- 4) Onikura N, Nakajima J, Miyake T, Kawamura K, Fukuda S: Predicting the distribution of seven bitterling species inhabiting northern Kyushu Island, Japan Ichthyol Res(59)，pp.124-133，2012.
- 5) 萱場祐一，傳田正利，島谷幸宏：千曲川におけるワンドの実態とその特徴に関する基礎研究，環境システム研究 Vol.25，pp.611-616，1997.
- 6) 傳田正利，山下慎吾，尾澤卓思，島谷幸宏：ワンドと魚類群集～ワンドの魚類群集を特徴づける現象の考察～，日本生態学会誌 52，pp.287-294，2002.
- 7) 国土交通省河川局：菊池川水系の流域及び河川の概要（案），2007.
- 8) 川那部浩哉，水野信彦：河川生態学，pp.19-31，p.106，pp.128-131，pp.193-205，講談社，2013.
- 9) 中島淳，島谷幸宏，巖島怜，鬼倉徳雄：魚類の生物学的指数を用いた河川環境の健全度評価法，河川技術論文集，第16巻，pp.449-454，2010.
- 10) Negishi JN, Sagawa S, Kayaba Y, Sanada S, Kume M, Miyashita T: Mussel responses to flood pulse frequency: testing the role of local habitat conditions, *Freshwater Biology*, 57, pp.1500-1511，2012.
- 11) 竹門康弘，角哲也，藤田正治，武藤裕則，竹林洋史，堤大三，石田裕子，小林草平，玉基英：河川環境のための河床地形管理手法に関する技術開発，京都大学防災研究所年報，第56号B，pp.719-730，2013.

(2014. 4. 3受付)