

# 河道特性を反映した中小河川管理に向けて —千葉県夷隅川支川落合川を例として—

## MANAGEMENT OF A SMALL-SCALE RIVER —AN EXAMPLE OF OCHIAI RIVER OF ISUMI RIVER BRANCH IN CHIBA PREFECTURE—

宇多高明<sup>1</sup>・田代洋一<sup>2</sup>・長山英樹<sup>3</sup>  
Takaaki UDA, Yoichi TASHIRO and Hideki NAGAYAMA

<sup>1</sup>正会員 財団法人 土木研究センター 理事 (〒110 東京都台東区台東1-6-4)

<sup>2</sup>正会員 財団法人 土木研究センター 河川・海岸研究部 (〒110 東京都台東区台東1-6-4)

<sup>3</sup>財団法人 土木研究センター 河川・海岸研究部 (〒110 東京都台東区台東1-6-4)

The Isumi river basin was formed on the so-called Kazusa stratum consisting of silt, sand and mud layers by the upheaval of the sea bottom in the tertiary period, and the alluvial plain was formed by burying of valley associated with the sea level rise. The Isumi River has formed several river terraces and erosion channels by meandering and erosion in the alluvial plain. The short-cut of the stream called "kawa mawashi" has been carried out to create new paddy fields and to prevent the floods due to meandering, and measures for straightening the channel have been carried out, resulting in downstream bank erosion. The characteristics of this river have been investigated through the field observation from the upstream of the Ochiai River up to the mouth of the Isumi River while using past aerial photographs. Important notes for the management/planning of a small river were proposed.

**Key Words:** *Meandering river, short-cut, measure for river confluence point and bank erosion*

### 1. はじめに

関東地方整備局と千葉・茨城・神奈川県河川・海岸管理関係者は、各県の河川・海岸を対象とした合同現地研究会を持ち回りで実施している。

2007年は、千葉県の夷隅川右支川落合川と夷隅川下流部を対象とした研究会が11月に計画されたことにより、10月19日に現地踏査を実施した。

落合川では、日雨量350mmに達する2004年10月の台風22号により、夷隅川桑田地点で確率1/30相当の流出で1,300m<sup>3</sup>/sに達し、背水の影響を受けて747.6haの大きな浸水被害を受けた。

現地踏査は、落合川上流の御宿ダム付近から開始し、落合川の流路に沿って下流へと下り、夷隅川本川と合流した後、河口までの踏査を行った。

これにより河道特性を理解するとともに、河川災害の状況を調べ、河川計画と河川管理における留意点について考察したものである。

### 2. 夷隅川および落合川の流域概要

夷隅川は勝浦市の清澄山に源を発し、古新田川・西畑川・大野川・落合川・江場土川等の支川を合わせ、岬町で太平洋に注ぐ流路延長67.5km、流域面積299.4km<sup>2</sup>の二級河川である。右支川の落合川は、流域面積47.0km<sup>2</sup>、流路延長は約18kmで、全流域の約1/6を占める。

夷隅川流域の平均気温は15～16℃と比較的温暖であるが、年平均降水量は2000mmと、降雨量の多い地域で、1970年7月の集中豪雨、1971年9月の台風25号、1996年9月の台風17号、2004年10月の台風22号等の洪水など、浸水被害が頻発している。

夷隅川流域は、第三紀の海底隆起によってシルト層・砂層・泥層が互層を成す上総層を基盤として標高150m程度の丘陵と谷を形成し、その谷を埋めて堆積した沖積層が標高15mから25m前後の高さで平地を形成している。

夷隅川は、こうしたおぼれ谷の沖積層を大きく蛇行し侵食しながら下刻し、数段の河岸段丘と侵食流路を形

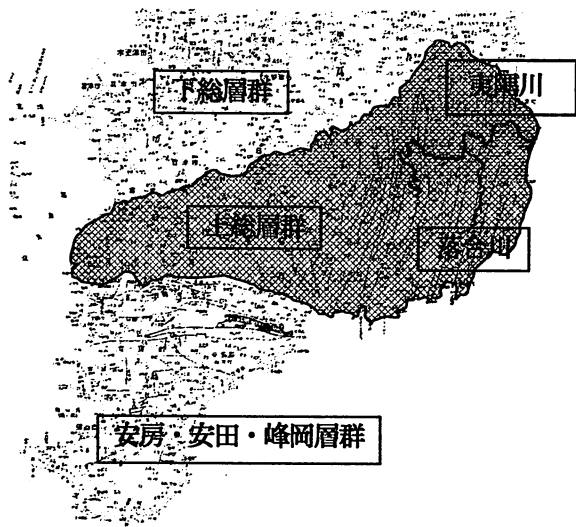


図-1 夷隅川流域の地質<sup>1)</sup>

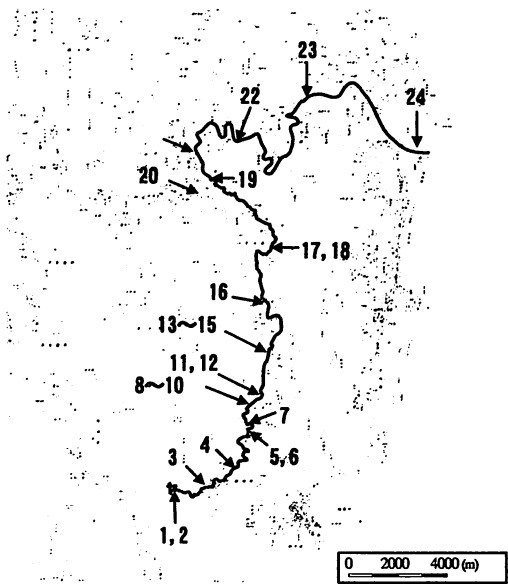


図-2 現地踏査写真の位置

成してきた。蛇行度=流路延長/直線距離は現時点においても1.8程度で、千葉県でも類まれな蛇行の激しい河川を形成している。

### 3. 夷隅川の川廻し

この流域では、肥沃な沖積平野に水田耕作を展開するため、江戸中期から明治中期まで、耕作地の拡大と流下阻害要因となってきた蛇行部を解消する方法として、上総層を掘りぬいて直線化する「川廻し」と呼ばれるショートカットが盛んに行われてきた。今でも、こうした巣堀のトンネルが機能しているが、近年においても流下能力の確保のため、コンクリートトンネルや開水路による大規模なショートカットが行われてきた。

こうした結果、落合川は蛇行が著しい侵食流路であ

るにもかかわらず、御宿ダム地点の1/100をはじめとし、中流部でも1/300、1/500と急勾配で、夷隅川合流点近くに達して、1/1000で合流する河川に変貌してきた。しかし、河床は既に上総層が露出しているため、河床低下は抑制されている。

### 4. 現地踏査

現地調査では、落合川の河道特性と2004年の災害の爪跡を確認することに重点を置いた。写真の撮影箇所は図-2に示すとおりである。

ダム湖。周辺の山地の標高は150m程度と低い。アースダムで貯水容量は約60万トンである。



写真-1 御宿町の水道用貯水池の御宿ダム

貯水池周辺には上総層の基盤が露出している。地層は固結し太東崎の海蝕崖に似ている。上流端付近でも土砂の堆積がほとんどないことから土砂流入量は小さい。砂礫分が少ないため軟岩層と未固結の粘着土層が侵食されずに残されている。



写真-2 ダム湖の最上流端

上総層群で構成された河床は、砂礫による磨耗作用が少なく、主に乾湿風化と流水力によって削られる。このため平坦河床が形成されている。この特徴は夷隅川にも共通している。



写真-3 ダム湖直下の河道

軟岩層は流水に対して抵抗力を有するが、それでも次第に侵食され河床が低下する。護岸の建設時期と、護岸基礎と現河床面との標高差を調べれば、平均的な侵食速度が求められる。



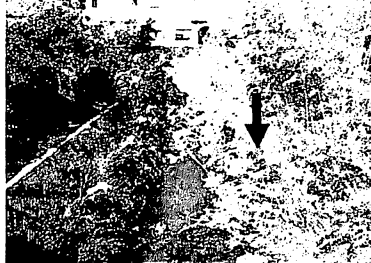
写真-4 右岸水衝部の河床低下によって浮いた護岸基礎

小幡橋下流右岸側に密生する竹林が流下阻害要因となり、洪水流が護岸上へと溢れ、裏込め土砂を運び去った。



**写真-5** 小幡橋直下での護岸裏込めの侵食

右岸側は密生した竹林で覆われている。竹林は洪水流の作用で倒伏し、洪水時の粗度係数が高まる。洪水流は右岸側に溢れ、右岸の田畑を冠水させた。



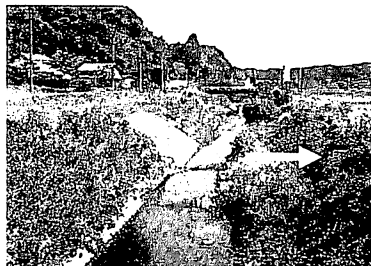
**写真-6** 小幡橋から落合川下流を望む

この付近には護岸がなかったが、水面付近が侵食された結果、上部に載る地層と木が全体的に滑り落ち、河道埋積の一步手前まで落ち込んだ。災害復旧工事のため、立ち木が伐採されている。



**写真-7** 澤又橋付近の左岸に見られた河岸の滑り

この付近は蛇行帯であったが、圃場整備に伴う河道の直線化が行われた。左岸の白く見える護岸場所から対岸のススキの繁茂した区域へと矢印で示す方向に旧河道が延びていた。埋められた旧河道は地盤が弱いため、護岸が張ってはあがるが弱点となっている。



**写真-8** 圃場整備に伴って直線化された河道

護岸の下流端は弱点となることが知られているが、この護岸では小口止めもなく直接基盤と接していたため軟岩層が侵食されつつある。



**写真-9** 護岸下流端での侵食

この接続ブロックは上流端から捲り上がった。接続ブロックを固定していた木杭が引き抜かれている。数本の木杭で接続ブロックをのり面に固定されていることから、見かけ上強度があるように見えるが実際にはこの護岸強度は弱い。



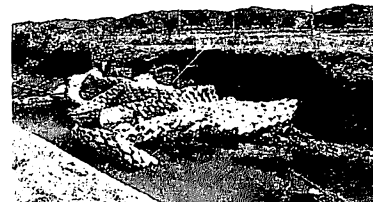
**写真-10** 櫓下橋直下左岸の破壊した接続ブロック

旧河道には雑石混じりの土砂が投入され、接続ブロックで保護していたが、接続ブロックが剥ぎ取られ、下流側へ流されて土羽が剥き出しとなった。



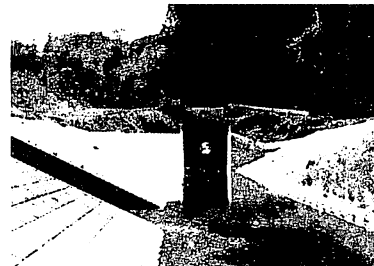
**写真-11** 右岸の旧河道の侵食

写真-11の直下流の状況である。



**写真-12** 下流側に流されて河道横断した接続ブロック

丘陵地を貫くコンクリートの現代の川廻しがある。トンネル正面出口の擁壁と下流河道の接続部は護岸が施工されたが、左岸側護岸が流失している。右岸側からは従前の河道が新川に直角に流入している。



**写真-13** 落合川トンネル出口

写真-13の従前の河道の対岸である。接続ブロックの天端より高い部分が激しく侵食されている。従前からの河道からの洪水流は矢印のように流れ、トンネル出口からの流れを対岸に押し上げたと推定される。



**写真-14** 左岸の侵食の著しい箇所

写真-14の左岸護岸下流端部を示す。左岸に押し上げられた流水が河道に戻る部分では速い流れが発生し、裏法から侵食され接続ブロックがめくれ上げられている。



写真-15 接続ブロック裏法の侵食

この付近になると河床には耐侵食性を示す軟岩層が見られなくなって堆積土層となるため、三面張り護岸となっている。

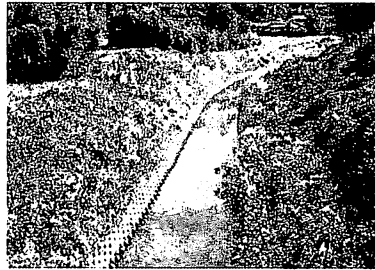


写真-16 原橋上から上流河道を望む

落合川流域の洪水常襲地帯である。右岸奥の矢印A付近から下流方向に地盤高が下がる一方、矢印Bには丘陵地が迫る。現在引堤が行われているが、改修前は狭くかつ竹林が繁茂し粗度が高かった。このため矢印方向に水が逆流し、竹林背後の家屋が浸水した。



写真-17 花見滝橋から上流方向を望む

繁茂した竹林は除去され、引堤が行われている。護岸が一部張られているが、暫定的に木杭と土嚢で堤脚が保護されている。

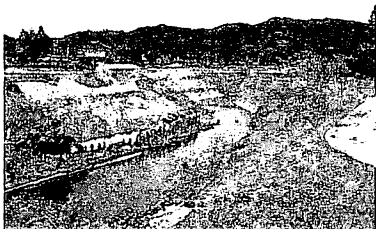


写真-18 花見滝橋の直下流の改修済河道

左岸の護岸の基礎が浮いている。この付近の河床には軟岩があったため基礎がこの軟岩に打たれた。しかし緩やかな侵食を受けた結果基礎が浮いている。この付近になると落合川は川幅も大きく広がる。夷隅川本川との合流直前である。



写真-19 風川橋付近

河床は、御宿ダム直下の河床と同様に平坦である。右岸に沿ってジグザグに見えるのは取水のための小規模な水路の跡である。房総半島は水が足らなかったため、各所でこのような工夫がなされた。



写真-20 刈谷橋上から夷隅川本川を上流方向に望む。右岸側の湾曲部内岸側には軟岩の破砕片が堆積している。矢印で示す人はウナギの放流を行っていた。湾曲部外岸側は矢板護岸と異形ブロックで守られている。



写真-21 万木橋直下の河岸状況

左岸は一面竹林で覆われているが右岸は除去された。



写真-22 環境整備で造られたテラスから下流を望む

河幅は約50mと大きく広がっており、流れは緩やかである。潮止め堰はこの橋の上流約450m付近に位置する。



写真-23 轟橋から下流方向を望む

夷隅川は太東崎の南側で太平洋に注ぐ。河口には現況で平行導流堤が設置されている。護岸上に堆積する竹は洪水時に流されてきたものである。



写真-24 夷隅川河口左岸

## 5. 直線化処理

河道を連続してショートカットし直線化した場合、河道の直線距離は蛇行度に応じて流路延長が短縮されるため、掃流力の増大により河床勾配が変化するが、これに対して次の4つのレスポンスが現れる<sup>2)</sup>。

- ① 河床勾配・河床材料があまり変化せず、掃流力の増大により川幅が増大する場合
- ② 河床勾配・川幅があまり変化せず、掃流力の増大により河床材料の粒径が増大する場合
- ③ 河岸侵食により旧河道に戻ることで掃流力を調整する場合
- ④ 河床低下だけが進行し、落差・滝などを生じて掃流力を調整する場合

落合川では、河床に露出した上総層により河床低下が抑制されているため、①か③のレスポンスが現れたことが推定できる。

したがって、護岸で対抗するには掃流力の変化に対応する耐力が求められてきたことがわかる。

写真-8～16に示した護岸被災を受けた箇所の様子を平面的に眺めたのが、写真-25である。この間は1998年から2000年にかけて直線化されてきた

この間の改修前の蛇行度を旧川流路延長/改修河道延長で求めると1.79で、夷隅川本川の現在の蛇行度1.81とほとんど変わらない。

これより、この間の河道特性と直線化のレスポンスが、夷隅川全川を代表すると考えられよう。

次に、この間で河床勾配だけが変化した場合を考えると、河道の水理量は次のように変化する。

今、旧河道の河床勾配を $I_0$ 、流路延長を $L_0$ 、現河道の河床勾配を $I$ 、流路延長を $L$ 、双方の河道直線距離 $X$ とする。

$L_0/X=1.79$ で現河床勾配が $I=1/300$ であった川が、改修された後、河道延長 $L=$ 河道直線距離となったと仮定すると蛇行度は $L/X=1.0$ となる。

$L_0/X=1.79$ ,  $L/X=1.0$  より,  $L_0/L=1.79/1.0=1.79$ で、当然長さが $1/1.79$ となる。

この直線化で河床勾配だけ変化したとすると $I_0/I=$   
 $L_0/L=1.79$ であるから勾配も $1/1.79$ に変化したことになる。

これより、現在の河川勾配 $1/300$ より、旧川は $1/540$ 程度であったと想定できる。

従って、水深、粗度係数が変わらないとして、流速が増大したと仮定すると、

$$V_0/V=nR^{2/3}I_0^{1/2}=nR^{2/3}I^{1/2}=(I_0/I)^{1/2}=1.79^{1/2}=1.34$$

すなわち1.34倍の流速となることがわかる。

実際は、河床が平坦で、かつ改修されて左右岸の竹林が伐採されれば、粗度係数も小さくなり水深も低下するので、下手をすると2倍程度の流速をとりうる可能性もなくはない。

こうした流速増加によって河岸侵食を引き起こし、蛇行度を回復しようとした河道のレスポンスによって、旧川埋め戻し部がトラブルスポットとなったと思われる。氾濫による埋め戻し箇所の裏法の侵食が引き金になったことは、いうまでもない。

急激な直線化は急激な掃流力の変化で、大きなレスポンスを引き起こす可能性が高い。蛇行河川として持っていた河道貯留が失われ、夷隅川合流点の背水区間では、今以上に氾濫頻度もダメージも大きくなる可能性もある。

川幅の拡幅とセットにした直線化などの工夫で、掃流力の大きな変化を避けるなど対策が必要である。

旧川の締め切り部は、護岸の強化だけでなく、護岸天端の裏法への十分な貫入や裏法自体の地盤改良も視野に入れて強度アップを図っておくべきである。

なお、将来は旧川の締め切り部には、越流堤を設け旧川跡を調節地として利用する方法など、河道貯留効果を回復する方法も検討されている<sup>3)</sup>。対策とも有効であるが、締め切り部の細部構造は慎重な検討が必要である。

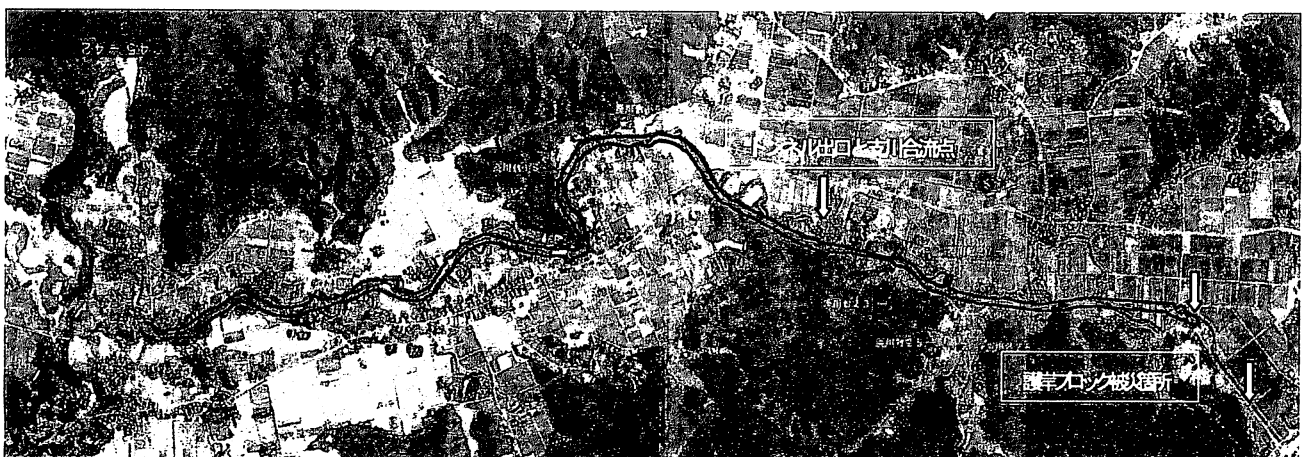


写真-25 落合川の直線化処理

## 6. 合流部の処理

写真-13, 14, 15から、落合川トンネル出口から流出する流れに、左岸から合流する川幅2mほどの三面張り支川からの流出が重なった結果、合流損失を起こし合流点の水位上昇をもたらした。この結果、閉塞されたトンネル出口の左右岸では激しい平面渦が発生し、左岸側擦り付け護岸を流失させたことがわかる。

一方、合流点の水位上昇により一端左岸護岸に乗り越えた流れが、合流点直下の水位に復する際に流速を増加させ、護岸背面の侵食と下流端護岸をめくり上げたようである。

流域面積は、落合川の1/5程度の支川であるが、直角合流による損失は小さくないことをあらわしている。小規模の支川といえども、適切に合流損失を回避するだけでなく、合流部河床の安定、対岸への影響を緩和する適切な合流角度についても慎重に検討すべきである。

## 7. 河岸の処理

### (1) 竹林の管理

夷隅川流域の河岸に繁茂する竹林の管理は、流下能力を支配する粗度要素の管理だけでなく、倒伏などによる氾濫要因を回避する上でも重要な管理業務である。

ただ筆者は、今も旧川跡に残る竹林は、自然に繁茂したものではなく、むしろ河畔林として育成管理されてきたものではないかと考えている。

古くから、竹林の耐侵食力を利用した河岸保護と、水田に氾濫する流速緩和と土砂の沈殿促進を目的として育成管理されたものであれば、当地にとってはもっとも適した河岸保護工と考えられる。竹林の密度管理が難しいければ、高さ・幅を適切に管理し、独自の河岸保護工を展開することも可能である。

### (2) 河岸保護工の管理

接続ブロックによる河岸保護工は施工延長が長いほど、接続されていることが逆効果となり、わずかな被災が被災延長を拡大する。被災した接続ブロック自体が氾濫要因となり、深刻な氾濫ダメージを発生する可能性が高い。少なくとも、接続ブロックの上下流は小口止めで確実に固定し、最大でも施工延長は10m程度で収め、被災の伝達を阻止することが必要である。

また、夷隅川全体はシルト粘土から成る沖積層を侵食してできた侵食流路である。こうした侵食流路では、洪水において飽和状態となった湾曲部外湾側の沖積層が、側方侵食によって鉛直に切り立ち、洪水末期の河道の水

位低下に伴って円弧すべりを起こしやすい。

このため、河道断面は元来U字型となっている。

今、2割の緩勾配として透過性の接続ブロックで河岸保護工を施工しているが、蛇行部外湾側では、たとえ護岸背面の法面であっても、小規模の崩壊を招く可能性もある。場所によっては、不透過性の河岸で裏法との剥離を防止するなど慎重な検討が必要である。

## 8. まとめ

現在、夷隅川の計画流量を河道満杯流量の800m<sup>3</sup>/sとする確率1/10規模相当とし、落合川は170m<sup>3</sup>/sで合流する計画が立案された。これに基づいて、夷隅川の背水区間にあたる合流点上流1.0kmから5.4kmまでの間から、築堤を基本とする河川改修を計画し、現在工事に着手している。

氾濫地帯の現状、人口減少という流域の変貌からみれば、計画の規模、河道直線化を多用しない築堤計画は妥当な対応と考えられるが、場合によっては、二線堤、輪中堤などの内水対策も考えておく必要があろう。

今回、夷隅川支川落合川の現地踏査をもとに、関東地方整備局・千葉・茨城・神奈川県河川・海岸管理関係者による合同現地研究会を実施した。

水源から河口までの現地を見る機会は少ないが、その中でも古くから「川廻し」が行われてきた沖積平野の蛇行河川を見る機会を得た。こうした現地踏査と航空写真などの情報だけでも、河道特性など河川計画だけでなく管理面からも非常に重要な情報を提供してくれる。「百聞は一見にしかず」である、今後とも合同現地研究会を通じ、机上ではなく現地で河道計画・管理を学ぶ機会を持ちたい。

謝辞：本論文をまとめるにあたり、資料提供をいただいた千葉県県土整備部河川整備課、夷隅地域整備センターの関係各位のご協力に感謝致します。

### 参考文献

- 1) 産業技術総合研究所地質調査総合センター (編) (2007) 20万分の1日本シームレス地質図データベース 2007年5月12日版。産業技術総合研究所研究情報公開データベースDB084, 産業技術総合研究所地質調査総合センター。
- 2) 構造沖積河川学：山本晃一著、山海堂、pp.406。
- 3) 夷隅川流域委員会資料第1回~第4回：千葉県県土整備部河川整備課

(2008. 4. 3受付)