

千曲川におけるワンドの実態とその特徴に関する基礎的研究

The basic study about the factors that cause the creation of Wando
and their characteristics at Chikuma river

萱場祐一* 傳田正利** 島谷幸宏***

By Yuichi Kayaba*, Masatoshi DENDA**

Yukihoro SHIMATANI ***

ABSTRACT: Separation zone is a type of backwater that occurs on banks of the main stream or on sandbars where water is pooled (M. Church, 1993). Flow diverges into these pools, with declining velocity and energy gradient. Thus, separation zones is suitable for the refuge for aquatic organisms (hydrobionts) such as small fish. This is called wando* in Japanese. Until recent days separation zones (wando) have been decreasing due to the old type river improvement or the development of river basin area. With these backgrounds, several activities to restore the separation zone have started. However, it is difficult to control the river dynamics and to keep the land in a form of a separation zone.

In this study, the Chikuma River was selected as a study river and we analyzed that causes the creation of the separation zone based on river characteristics in order to effectively restore the separation zone. As a result, separation zones were classified into four types and the features of each type of separation zone were recognized.

KEYWORD: Wando, habitat, river characteristics, sand bar, aerial photograph, river dynamics

1. はじめに

ワンドとは、湾になったところという意味で「湾処」と表記することもある¹⁾²⁾。その語源はオランダ語とする説もあるが詳細は明らかでない³⁾。厳密な定義があるわけではないが、ここでは一般的に用いられる本流と一部つながった河岸沿いの停滞水域や砂州上あるいは高水敷上にある池と定義する。

生物の生息の観点から考えると、ワンドは魚類の産卵場、本川内に生息する稚魚・子魚の生育の場、出水時の避難場の提供、水面採餌型のカモ等の休息場所等の機能を有している⁴⁾。また、ワンドでは比較的狭い空間でも多くの種の魚種の生存が可能になるという調査報告もあり、ワンドのような流速の緩やかな止水域が本川とは異なる環境を提供し生物多様性に寄与してきた⁵⁾⁶⁾。

このようなワンドは砂州の移動、河道の変化などの自然の営みでできる場合もあるし、淀川、木曾川のケレップ水制周辺に土砂が堆積し、形成された例のように人為の結果としてできる場合もある。しかし、近年まで行われてきた河川改修や流域の開発により、その多くが消失してきたと考えられる。

近年、自然環境に対する認識の変化からワンドを保全しようとする動きも活発であるが、ワンドを保全する際の規模や形状、保全する位置等については合理的な計画、設計論が確立されていないのが現状である。本研究では、自然要因によって形成されるワンドのうち特に千曲川の扇状地河道を中心とし、空中写真を用いたワンドの実態把握とそれを特徴づける河道特性、特に砂州の配置やみお筋の移動との関係を調べワンドの保全に関する基礎的知見の確立を試みる。

2. 本研究におけるワンドの定義

本研究では、河道内において流速が著しく小さい湛水部で、湛水部がある程度以上陸域に囲まれており、ある程度の面積を有する物理的空間をワンドと定義する。「ある程度」とは、湛水部における流速が著しく小さくなると予想される場合とし、本川流水部との接続状況、例えば、湛水部の開口方向や流水部との相対的な位置関係から総合的に判断する。

* 建設省土木研究所環境部河川環境研究室研究員 Researcher of River Environment division, Public Works Research Institute

** 建設省土木研究所環境部河川環境研究室 River Environment division, Public Works Research Institute

*** 建設省土木研究所環境部河川環境研究室長 The head of River Environment division, Public Works Research Institute

3. 対象河川及び研究の方法

3. 1 対象河川及び対象区間の概要

本研究では扇状地部を主たる対象として、砂州が発達し人為的な影響が少ないこと、自然のワンドが多く形成されていること、既存文献、資料、空中写真等が多く存在することから千曲川を選定した。千曲川は甲武信岳(2,475m)に源を発し、長野市において槍ヶ岳(3,180m)を水源とする犀川を合わせて北流し、新潟・長野県境で信濃川と名を改め新潟県を北流し新潟市において日本海へ注ぐ、流域面積、7,163k m²、流程は214kmの1級河川である(図-1)。対象区間はワンドの判読に使用した空中写真の撮影区間が65km～109.5kmであること、河道内の状況が明瞭に判読できる区間が65km～97.5kmであることから65km～97.5km区間とした。この区間は河床勾配が1/1481～1/213と変化し、河道内微地形の形成の要因となる中規模河床形態が交互砂州～複列砂州へと変化する。また、これに対応して、この区間内に存在するワンドは、その大きさ、存在する位置、形態が異なるといった特徴を有する。この区間での計画高水流量は5,500(m³/s)、平均年最大流量は1,380 (m³/s)(昭和28年～59年、杭瀬下流量観測所データ)である。

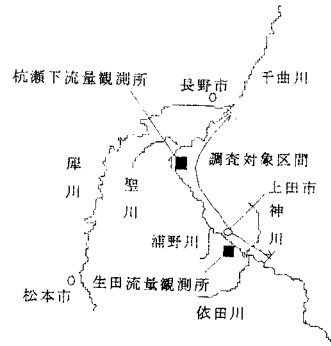


図-1 対象河川及び対象区間

3. 2 研究の方法

本研究では、空中写真を利用してワンドの分布、ワンドの特徴の把握、成因の分析を行った。ワンドの分布、ワンドの特徴の把握は、1996年の空中写真から実体視鏡を用いて判読を行い、ワンドの出現位置、写真撮影時のワンド水面と本川との比高差、ワンドと中規模河床形態との関係という点に留意しながら判読を行った。ワンドの成因については、表-1に示す1948年から1993年までの空中写真を用いて砂州の配置や出水に伴う砂州の移動を考慮しながら分析を行った。尚、ここで、ワンドとして取り扱ったのは空中写真上で2.5mm以上、実寸約10m以上とした。

表-1 使用した空中写真

写真No	撮影年月日	縮尺	カラーor白黒	撮影日の流量(m ³ /S)
1	1948年3月31日	1/19960	白黒	不明
2	1965年11月4日	1/28000	白黒	40.7
3	1975年11月12日	1/15000	カラー	48.56
4	1986年6月9日	1/15000	白黒	46.08
5	1996年11月10日	1/4000	カラー	47.88

4. ワンドの縦断分布と基本的特徴

4. 1 対象区間における河道特性

表-2に本研究で対象とした区間の区間別河道特性の諸元を示す。本研究で対象とした千曲川65km～97.5km区間ではおよそ79km地付近を境に縦断勾配、平面形状が変化する。河道内微地形を特徴付ける中規模河床形態の領域区分は83km付近を境に変化するが、79km下流では砂州が水面上に出現しないため不明瞭な区間となっている。このように対象区間では、河道特性が異なる2つの区間が見られるが、その境界が曖昧である。

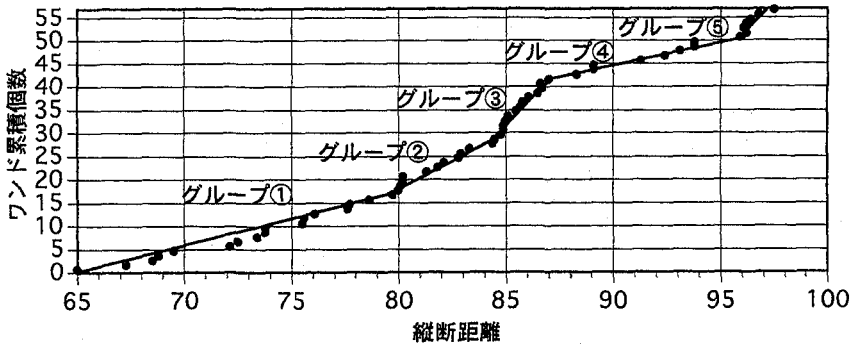
83km下流では、計画河床勾配が緩やかである。中規模河床形態の領域区分は交互砂州であるが、明瞭な砂州は79km～83km区間でしか見られない。堤防法線は緩やかに蛇行し、湾曲部の内岸側には寄州の発達が見られる。また、低水路の位置は時間的に安定しており大規模な流路の変更は見られず、高水敷と低水路の境界が明瞭である。一方、83kmより上流では河床勾配が大きくなる。複列砂州の領域区分となりみお筋が2つに分かれるところが多くなり、砂州の発達が見られる。平面形状は直線部と単湾曲部がつながった形状となる。低水路の位置は時間的に安定せず、大出水により大規模な流路の変更が認められる。

表－2 対象区間別河道特性表

河道区間(km)	(1)65～83		(2)83～97.5
	65km～80km	80km～83km	
河道の微地形の特徴	河道が安定し、明瞭な高水敷が形成される。砂州は不明瞭	堤間幅が減少し高水敷が縮小する。砂州が形成され始める	低水路内に明瞭な砂州が形成され、砂州上を水が流れた跡がみられる。
河床勾配(区間)	1/1064(66km～70km)	1/405(80km～82km)	1/347(86km～88km)
中規模河床波の領域区分	交互砂州		複列砂州
平面形状	蛇行	直線＋単湾曲	直線＋単湾曲

4. 2 ワンドの縦断分布の実態

図－2に千曲川縦断距離とワンドの累積個数との関係を、表－3にグループ毎の区間距離とワンドの区間内個数、1km当たりの個数を示す。80km地点より下流のグループ①は砂州が明瞭に見えない区間であるが1km当たり約1個のワンドが存在する。寄州の内岸側に位置するものが多いが、全ての湾曲部に出現することはない。それより上流では各区間により個数が異なり、最低で0.8個、最大で4.5個とその差が大きい。この区間は、流路の変遷が激しく、砂州の移動によりワンドの分布形態が影響を受けた結果と考えられる。



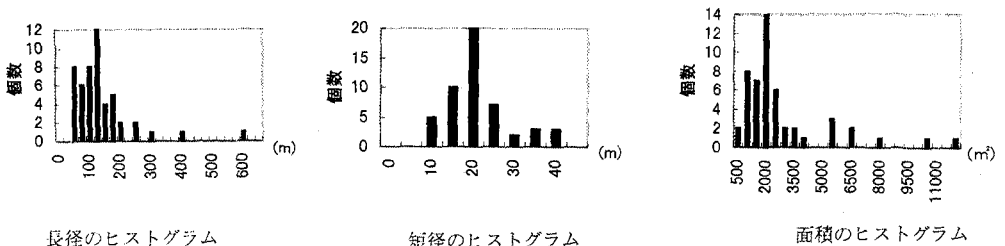
図－2 千曲川縦断距離とワンド累積個数との関係

4. 3 ワンドの基本的特徴－形態及び面積

図－3にワンドの長径、ワンドの短径、ワンドの面積のヒストグラムを示す。区間全体で56個のワンドが確認された。多くのワンドの長径は40m～200mの範囲で、最頻値は120mである。ワンドの短径は10m～40mの値をとり、最頻値は20mである。対象区間内のワンドは扁平な形状を持ったワンドが多いこととなる。ワンドの面積の多くは500㎡～4000㎡の値をとり、最頻値は2000㎡である。本研究で対象としたワンドの57%は2000㎡以下のワンドである。

表－3 グループ毎の区間距離及びワンドの個数

分布形態	区間	区間距離	ワンド個数	1km当たりのワンド個数
グループ①	65km～80km	15	17	1.1
グループ②	80km～85km	5	15	3
グループ③	85km～87km	2	9	4.5
グループ④	87km～96km	11	9	0.8
グループ⑤	96km～97.5km	1.5	6	4
区間全体	65km～97.5km	34.5	56	1.6



図－3 千曲川縦断距離とワンド累積個数との関係

5. 考察

5. 1 成因から見たワンドの分類

ワンドの縦断分布、規模や形態等の特徴がどのような要因により支配されているのかを明確にするため、各ワンドの微地形が形成された要因からワンドの分類を行う。尚、ワンドの分類としては大きさや本川との接続状況⁹⁾等から行う方法があるが、これらの特性は微地形そのものと関連が深いため、成因からの分類で十分説明できると考えられる。

成因別に分類できた代表的なワンドは、①砂州前縁型ワンド、②寄州型ワンド、③みお筋型ワンド、④旧河道型ワンド、の4種類である。表-3は各ワンドの成因と模式図を示す。図-4は各タイプ別のワンドの割合を示す。成因が不明瞭なものが15個、上記分類に当てはまらない「その他」が6個、掘削等人為的に生じたと思われるもの（人為型ワンド）が5個存在した。成因分類できたものの中では砂州前縁部に発生するものが12個と最も多く、次いで寄州に沿って生じるものが7個、みお筋型が6個、旧河道型が5個となった。

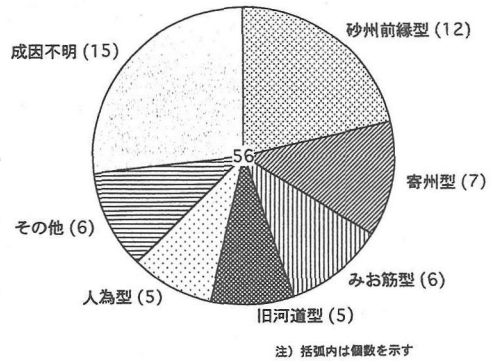


図-4 タイプ別ワンドの割合

表-3 ワンドの成因と模式図

ワンドのタイプ	成因及び特徴	模式図
砂州前縁型	砂州前縁部に生じる洲の一部がくさび状に砂州に入り込むことにより形成されるワンドである。低水路河岸沿いに接する砂州前縁部に多く見られる。通常は流水部と接している開放型ワンドである。	
寄州型	湾曲部に発達した寄州内岸側の微低地が湛水し形成されるワンドである。湾曲部寄州内岸側に出現する。本川とつながる開放型、つながらない閉鎖型の双方のタイプが見られる。	
みお筋型	出水時のみお筋が、出水後水位が低下することによりその一部が取り残され湛水部となり形成されるワンドである。低水路河岸沿いに出現し、開放型と閉鎖型の双方が見られる。	
旧河道型	流路の一部が大出水時の砂州の移動により陸域の中に閉じこめられ形成されるワンドである。高水敷の堤防沿いに留まって出現する。閉鎖型のワンドが多い。	

5. 2 ワンドの分類と縦断分布との関係

図-5は対象区間における成因別ワンドの縦断分布と河床勾配、中規模河床形態、砂州の明瞭・不明瞭、平面形状について示す。ワンドの分布は、80km下流のグループ①では寄州型ワンドが多い。しかし、グループ①の区間で見られた9つの湾曲部で寄州型ワンドが見られたのは2つの湾曲部であることから、湾曲部に一般的に見られるワンドとは言えない。また、寄州型ワンドと分類したものの中には、交互砂州と寄州が同時に発生し成因の区別が難しいもの、寄州の発生が人為的に掘削したところに生じたため人為型との区別が難しいものがあった。また、グループ①には明らかに人為型と思われるワンドが多数存在した。このような人為的に形成された微地形が比較的多く見られるのは、こ

の区間は河床変動が小さく、出水による土砂の侵食や堆積が生じにくいことを示すものである。

80kmより上流では砂州前縁型、みお筋型が見られるようになる。頻繁に出現するのは複列砂州の発生領域となる85kmより上流であり、特に、85km～87km区間のグループ③は2つのタイプのワンドが集中している。この2つのタイプは上流に向かって出現密度が減少し、95kmより上流ではほとんど見られなくなるが、代わりに、96km付近を中心に旧河道型ワンドが出現する。

このように80kmより上流では、河床形態が複列砂州となり、大出水による流路の変遷が見られることから、出現するワンドのタイプもこれを反映したものとなった。ワンドが局所的に集中する現象については、大出水時の砂州の移動等過去の履歴の影響を受けた結果と考えられるが、その詳細については今後の課題としたい。

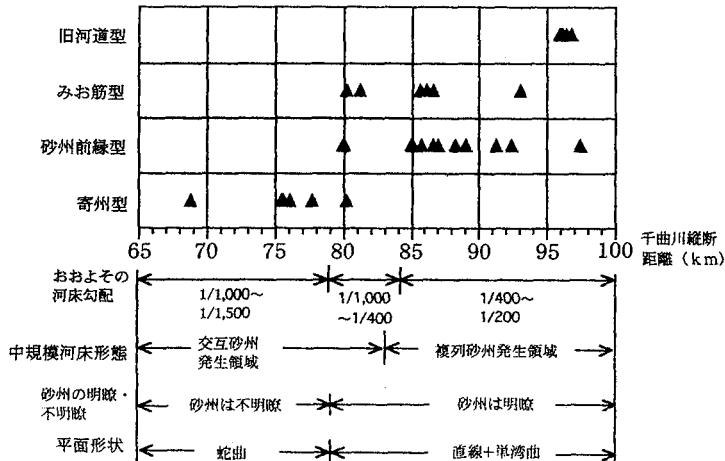


図-5 成因別ワンドの縦断分布と特性

5. 3 千曲川における典型的なワンドの形態と分布

千曲川における典型的なワンドの形態と分布は、長径120m、短径20m、面積2,000㎡程度の楕円形出現頻度は10km当たり約16個である。成因は明らかになったものだけで4種類に分類されたが、この分類とワンドの形態、面積とは明確な関係が見いだせなかった。これは、河道内に形成される窪地はみお筋や旧河道等流水の方向に沿って細長く形成されること、また、ワンドの面積はその日の流況や土砂の堆積、植生の繁茂等により時間とともに変化することに原因があるものと考えられる。尚、淀川におけるワンドに関する調査結果によると、淀川におけるワンドの面積の多くは2,000㎡以下であり、2,000㎡前後の面積で採捕魚種数が大きくなることが報告されている。従って千曲川においても一連のワンド群の存在が生息魚種数の増加に寄与している可能性が高い。

5. 4 まとめ—千曲川におけるワンドの特徴

表-4は各タイプ別ワンドの成因及び特徴について取りまとめた。取りまとめた項目は、出現位置、形態と面積、本川とつながる頻度である。出現位置はどのようなワンドをどの場所で保全するといった工学的な観点から重要であり、本川とつながる頻度は、仔稚魚の生息場としての機能、出水時における避難場としての機能を考える際に重要な要因である。尚、ワンドとして注目すべき特徴として、水循環の程度、ワンドがどの程度の期間出水に破壊されず安定して存在するか、といった点があるが、これらは今回の検討方法に限界があるため取り上げなかった。

出現位置の特徴では、先に説明した縦断分布だけでなく、横断的な出現位置にも特徴が見られた。旧河道型を除く3タイプが低水路内に見られ、結果として本川とつながる頻度も多くなっている。ただし、砂州前縁型だけは常時水面とつながる開放型ワンドである。一方、高水敷に形成される旧河道型ワンドは、本川とつながる頻度が小さく、平均年最大流量程度にならないと本川とはつながらないと

表 4 各タイプ別ワンドの成因及び特徴

分類名	出発位置に関する特徴		形態と規模	開放型・閉鎖型	本川とつながる程度
	出現位置の特徴	出現した場所での河床勾配			
寄州型	河道が蛇曲する80km付近より下流、湾曲部低水路内岸側に出現する。	1/1,500～1/800程度	典型的な規模及び形態は120×20mの縦長い楕円形、面積2,000㎡程度である	開放型と閉鎖型の双方が見られる	低水路内にある寄州上にあるため、平常時の流量～平均年最大流量の範囲内で本川とつながると考えられる
砂州前縁型	砂州が明確となる80km付近より上流、砂州前縁が位置する低水路の河岸沿いに出現する	1/800～1/200程度	〃	開放型である	砂州前縁線上の淵であるため常時本川とつながっている
みお筋型	みお筋が2本に分かれる80km付近より上流、低水路内に出現する	1/800～1/200程度	〃	開放型と閉鎖型の双方が見られる	低水路内にある寄州上にあるため、平常時の流量～平均年最大流量の範囲内で本川とつながると考えられる
旧河道型	95～96km付近の高水敷堤防沿い付近に出現する	1/200程度	〃	閉鎖型である	高水敷にあることから平均年最大流量以上で本川とつながると考えられる

考えられる。平均年最大流量は2～3年に一度出水する規模であることを考えると、旧河道型はかなり閉鎖性の強いワンドであり、生態的にも他の3つとは区別されるワンドであろう。尚、前述したように規模及び形態については各ワンド間で明確な差は見いださなかった。

6. おわりに

本研究では、千曲川の扇状地部分を中心にワンドの実態把握、成因からの分類等を行った。既往の研究は下流域におけるワンドに関するものが多く、扇状地部のような河床勾配が大きいセグメントでのワンドの実態についてはほとんど知られていなかった。しかし、研究結果から、このようなセグメントにおいてもワンドの数は予想以上に多く、しかも、その分布や特徴は河道内の微地形を形成する要因と関係が深いことが明らかになった。今後は、このようなセグメントにもワンドが多数存在する可能性を十分認識し、河道特性に基づいたワンドの保全、復元を行う必要がある。尚、本研究は河川生態学術研究会の一環として行われた。

5. 参考文献

- 市古貞次：国語大事典新装版、小学館、1990
- 新村出：広辞苑第4版、岩波書店、1991
- 上田穰：ワンドー淀川の治水技術一、大阪春秋第16巻2号、pp29-33、1987
- 島谷幸宏：多自然型川づくり24 淀川、FRONT、第9巻第6号、pp62-pp65、1997
- 山根哲朗：平成の「わんど」づくり、建設月報、1992.3
- 建設省近畿地方建設局淀川工事事務所河川環境課：平成のワンドづくり：人と自然にやさしい川づくりセミナー論文集1992.12.1
- 建設省北陸地方建設局千曲川工事事務所：千曲川、犀川三十年のあゆみ、山海堂、1980
- 阿久津政巳、島谷幸宏、鈴木興道：ワンドにおける魚類の生息実態に基づいたワンドの計画手法に関する研究、土木学会第49回年次学術講演会、pp208～pp209
- 塚原隆夫、渡辺敏、望月達也、藤田光一：礫河床における水際環境の変化と洪水作用、土木技術資料、第39巻第5号、pp30-pp35、1997
- 木下良作：大井川河床形態と洪水流に関する検討業務報告書、建設省中部地方建設局静岡河川工事事務所委託調査報告書、1978
- 建設省近畿地方建設局淀川工事事務所：淀川のワンド
- 建設省近畿地方建設局淀川工事事務所河川環境課：平成のワンドづくり：人と自然にやさしい川づくりセミナー論文集1992.12.1
- 松崎浩憲、玉井信行、河原能久、牧野一正、佐藤康晴、清川仁：多摩川人工ワンドの特性と維持管理への提言、第3回河道の水理と河川環境に関するシンポジウム論文集、pp231-pp236、1997
- 山本晃一：沖積河川学、山海堂、1994
- 建設省土木研究所河川部河川研究室：河道特性論、土木研究所資料第2662号、pp80-pp109、1988