

都市河川流量の減少に伴う計画 親水水位・流量の設定手法

Methods of Estimation for "Shinsui" water level and water
discharge on decreasing Water discharge in the Urban river

土屋十園*、中村良夫**

By Mitsukuni TSUCHIYA and Yoshio NAKAMURA

Lately Low-water discharge had become the centre of wide interesting the urban river. In the present report we have studied the methods of estimation for "Shinsui" water discharge (water level).

The summary of the result is; Firstly, We studied the methods of estimation for hydrological statistics grounds. "Shinsui" water discharge gave definition to average 275 day discharge of period of ten years. Secondly, we obtained the methods of estimation on the lands scape assessment and on the photograph of urban river difference from discharge. Thirdly, we obtained the methods of estimation on the ecological grounds, and we obtained a map of relation between hydroulic condition and ecological condition. and Finally, The methods of variable flow by the time and space was obtained.

Keywords: "Shinsui" water discharge, "Shinsui" water level,
275 day discharge, lands scape assessment,
hydroulic condition, ecological grounds

1. まえがき

都市中小河川での河川整備は水質、水量、生態などを総合的に考えた水辺環境の設計・デザインが求められている。しかし、特に、水文・生態に関する資料は過去に遡ってはほとんど少なく、河川の地域特性にあった適切な親水維持流量を計画することが困難な場合が多い。(以下、ことわりがない限り親水流量と同意語として使用) いままで、都市中小河川の多くは河川改修の繰り返しの歴史でもあり計画高水流量(水位)を問題にすることが優先された。自然形態あるいは農業用水の形態にあった河川は改修により、河川断面は広がり相対的に流量は少ないものとなった。従って、河川のイメージは一変し、河川景観は単調なものとなった事例が多い。これは適切な親水維持流量(水位)についての親水設計の考え方が体系的に検討されてこなかったことによるものと考えられる。親水性や生態環境の問題を考え、日常的な河川環境を考えると低水時の親水水位(流量)が水環境及び河川景観的には極めて重要な意味を持っており、これらについて検討する意義は大きいものと考えられる。

本研究では、都市河川において親水性を考えた河川設計を行う場合、計画高水流量(水位)に対応して計画親水水位(流量)という概念を設定し、親水水位および流量を算定するにあたっての手法について考察し、検討を加えたものである。

2. 親水水位・流量の算定の考え方

* 正会員 工修 東京都土木技術研究所主任研究員 河川研究室
(〒136 東京都江東区新砂1-9-15)

** 正会員 工博 東京工業大学教授 工学部社会工学科
(〒152 目黒区大岡山2-12-1)

親水性の向上を図るための水位あるいは流量の設定には基本的には河川流域、河況の状態など個々の川の特長によって異なる。すなわち、川の水文特性、河況の特性、水文データの有無、改修状況、流域の開発状況、順流部か感潮部か、によって設定方法も異なってくる。特に、順流部で、都市化された河川の親水流量(水位)を考える時、絶対的な流量だけを求めることは困難な状況にある。また、人工的な河川であればあるほど流量だけでは水量感は決まらない側面があり、河川構造を取り巻く各要素についても検討する必要がある。

即ち、親水維持流量の算定手法で、一般的に考えられることは、1.水文データから算定する方法(水文親水流量)、2.河川景観の構造を要因分析などによって景観評価から必要流量を算定する方法(認知感覚的親水流量)、3.生態系を考慮し、魚類などの産卵、稚魚の遡上など季節、場所に応じて流量を算定する手法(生態学的親水流量)が考えられる¹⁾。また、上記の3つの方法とは異なるが、4.時間的・空間的にバリエーションを与えて算定する方法が考えられる。このように、親水維持流量・親水水位を算定する手法には概ね、3-4つの方法が考えられる。

4の方法は1.2.3.のいずれかを設定した上で、ある区間、地点において何日流量を保つという場合、年間を一定に考えるのではなく、季節的、時間的に流量をコントロールする手法である。また、この方法はその他の3つの手法と相互に関連しながら用いられる方法と言える。ここで、図-1はこれらの親水水位、流量の算定の考え方について整理を行い示したものである。

3. 水文データから算定する方法(水文親水流量)

検討すべき河川のある地点における流量観測データから水位-流量関係式を求め、年間の日平均流出量を算定し、流況年図を作成する方法である。この水文データから作成された流況年図をもとに渇水量、低水量、平水量、豊水量が決まる。この流況分析から決まる各流量と維持日数は表-1に示す通りである。ここで、親水維持流量を決めるのに当たって、低水量を算定の根拠と考える。低水量は年間の275日はこれを下回らない流量であるため渇水期(12月~2月)を除く流量となる。

また、親水維持流量は人間の水との触れ合いなどの活動を伴うことを前提としているため冬期を除くこと

親水維持流量・水位の算定手法

(1) 水文データから算定する方法

- ・水文データがあること。(EX、渇水流量、低水流量など)
- ・洪水対策として水門ゲートによる人為的管理が必要。
- ・自然・気象条件に支配される。
- ・ダム、調整池等の管理との調整が必要。

(2) 河川景観から算定する方法

- ・河川環境を構成する要素を抽出し、膨大な統計的処理が必要。
- ・人間の感覚に支配されるため正確な流量を算定しにくい。
- ・河道と河川周辺の人工物の多少によって影響される。
- ・河川の周辺環境を含む総合的な評価ができる。

(3) 生態環境の生態条件から算定する方法

- ・生態が明確でないものもあり、魚種によって異なる。
- ・しかし、流速、水深、水面幅で概ね算定できる。
- ・河道の流水形態を瀬、淵などの多様な形態を整える。
- ・農業水利、ダム水利との調整が必要。

(4) 時間的・空間的算定手法

- ・年間を一定に考えるのではなく、季節的、時間的に流量をコントロールする手法である。
- ・ダム、調整池等の管理との調整が必要。
- ・ダイナミックに変化に富む。

図-1 親水維持流量・水位の設定手法

表-1 流況分析による維持日数

名 称	維持日数	支配確率(%)	維持不可日数
渇水量	355	97.26	10
低水量	275	75.34	90
平水量	185	50.68	180
豊水量	95	26.03	270

表-2 野川・櫻橋における水文データ

観 測 年	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
豊 水 量	0.38	0.18	0.16	0.43	0.35	0.17	0.28	0.57	0.25	0.62
平 水 量	0.20	0.11	0.10	0.21	0.15	0.13	0.12	0.32	0.22	0.32
低 水 量	0.11	0.05	—	0.16	0.05	0.09	0.20	0.20	0.19	0.22
渇 水 量	0.06	—	—	0.10	—	0.03	—	0.15	0.11	0.20
年最大流量	12.00	2.74	4.78	9.47	13.32	7.28	17.05	14.88	9.33	26.20
年最小流量	0.05	0.03	0.05	0.07	0.01	0.01	0.01	0.15	0.08	0.17
年平均流量	0.34	0.19	0.21	0.44	0.32	0.21	0.38	0.53	0.33	0.68
年間降雨量	1535.5	1302.0	869.5	1463.5	1186.5	1090.5	1140.5	1853.0	1341.5	1988.5

注：—印は欠測期間あり、単位は流量(m³/s)、年間降雨量は(mm)である。

になるためである。この場合、低水流量は各年の降水量などに支配されるため過去10か年間の平均値とする。従って、親水維持流量をつぎのように定義することができる。

親水維持流量=10か年の平均低水量(1)

(野川の橋樑地点における具体的検討)

野川における橋樑地点の過去10か年間の水文データを表-2に示した。流出量は年間の降雨量の影響を受け1984年の渇水年(年間降雨量869.5mm)には平水量も少なく、1991年の豊水年(年間降雨量1988.5mm)には増加している。1982年から1991年の10年間の豊水量、平水量、低水量および渇水量の平均値はそれぞれ $0.34\text{m}^3/\text{s}$ 、 $0.19\text{m}^3/\text{s}$ 、 $0.14\text{m}^3/\text{s}$ および $0.08\text{m}^3/\text{s}$ である。

したがって、定義した親水維持流量は $0.14\text{m}^3/\text{s}$ となる。そこで、この河川流量は現在の河川断面積に対して水深として横断図(低水路幅8.5m、流速 $0.3\text{m}/\text{s}$)に示すと、図-2のように5.5cm程度である。この水深ではコイ、フナなどの魚類の生態環境にとっては不十分である。ここで、流量を水系内外から増加できない場合は流水幅を狭くするか、堰による調整の方法を考える。河川幅8.5mから5.0mに変更する場合、止水性のコイ、フナは遊泳力から考えて流速 $0.2\sim 0.3\text{m}/\text{s}$ 以下であればよい。また、幼児の水遊び、魚取りにも十分である²⁾。したがって、水深は約9~10cmとなる。更に、水深を確保する場合には小さい杭堰等で水深の増加を図る。仮に、水深 0.2m とすると、河川幅8.5mのもとでは流速は $0.08\text{cm}/\text{s}$ となり、流速は小さく変化に乏しい。流水幅を5mとして再検討すると、水深 0.2m の場合、流速は $0.13\sim 0.15\text{cm}$ となる。これでも水深、流速が確保できない場合は流量の増加を検討し、他河川からの導水、地下水の補充、下水処理水の導入などを総合的に検討することになる。

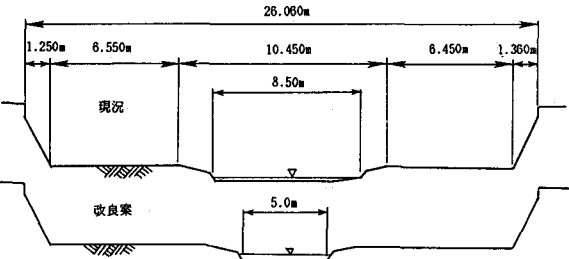


図-2 野川の低水路改良案 (S=1/200)

表-3 住民の流量感に関するアンケート結果

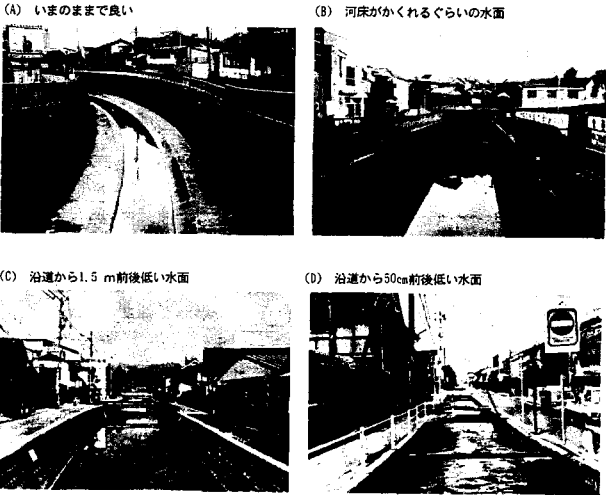
質問項目	一般住民	有識者
A: いまままでよい	7.3%	1.4%
B: 河床が隠れる程度の水面でよい	24.7%	8.3%
C: 沿道から1.5m前後低い水面	46.4%	41.7%
D: 沿道から50cm前後低い水面	21.7%	27.7%

4. 河川景観からみた親水流量(認知感覚的亲水流量)

住民、利用者、専門家などを被験者として河川の環境を取り巻く各要素について変量を考え河川景観に最も影響を与えている要因を明らかにする要因分析など統計的な手法がある。この方法は河川景観に対する親水概念は人間個々の認知感覚によって異なり、支配的要素は水量(比流量)だけで決め難い側面をもつと考えられる³⁾。しかし、ここでは最も初歩的な方法としてアンケートによって直接水量感を答えてもらう方法によって検討した⁴⁾。

このアンケートは神田川流域において住民、有識者を対象として住民基本台帳から無作為抽出によって行った。アンケートの回答者は住民688人、有識者72人である。写真-1は水量感の異なる河川景観である。

写真-1 水量感の異なる河川景観アンケート



この4枚の写真によって平常時どの位の水位があれば景観上好ましいと考えるか順位をつける設問を行った。この集計した結果を表-3に示した。この4枚の写真は河川断面はすべて矩形断面であり、かつ都市河川としての特徴として河川の両側には側道があり、家屋が連担している市街地河川としての景観である。一般住民、有識者とも沿道から1.5m前後低い水面が最も上位にランクされたのは両側にフェンスがないことも一因と考えられる。

しかし、この回答は河積を一杯に流れなくても川の景観上好ましい水面をどの程度のレベルに保てばよいかを示しているものと考えられる。散策などを通じて眺める行為も親水性として幅広く考えれば、水の音や動きなども大きな影響があるものと思われるが、とりあえず水面と視点場の位置にバランスのある安定感を示す関係を望んでいることがわかる。

したがって、平常時には木杭、石などを使用した小さい堰、落差工、ラバー堰などを工夫することによって水面の位置を上げ、水量を豊かに見せる親水景観づくりの手法が考えられる。

また、河川改修で残された旧河川を利用し水門ゲート操作などによって水面を保持し親水空間をつくるのが可能である⁵⁾(サンアントニオ川:アメリカ)。河川景観からみたこの手法は水量を明確にできにくいこと、また期待感を満足させる水量を必ずしも確保することができないことが問題点として考えられる。

5. 生態環境の生息条件から算定する方法(生態学的親水流量)

水生生物の環境を支配するものは流量とその多様な流水形態による。河川における淡水魚類、水生昆虫、の住み分けに関する研究は可児⁶⁾、津田⁷⁾等によってなされてきた。川の形態と指標となる水生昆虫は流速や水深、底質の状況によって異なる。また、流程によっても渓谷、上流域、中流域、下流域及び感潮域により生息する魚類も異なる。よって、生態に配慮した親水流量を決める場合、ある水系の河川区間を、代表的な区間を定めて設定する。又、主要な魚類などの移動は夏、冬に少なく春、秋に多いことが知られているので、これらのことも考慮に入れる必要がある。

ここでは都市河川のような水量の逼迫化しつつあるところで生態的な親水流量を設定する場合を考える。対象とする魚類によって止水性、流水性などによる相の違いにもよるが、止水性の魚類を想定して水深、流

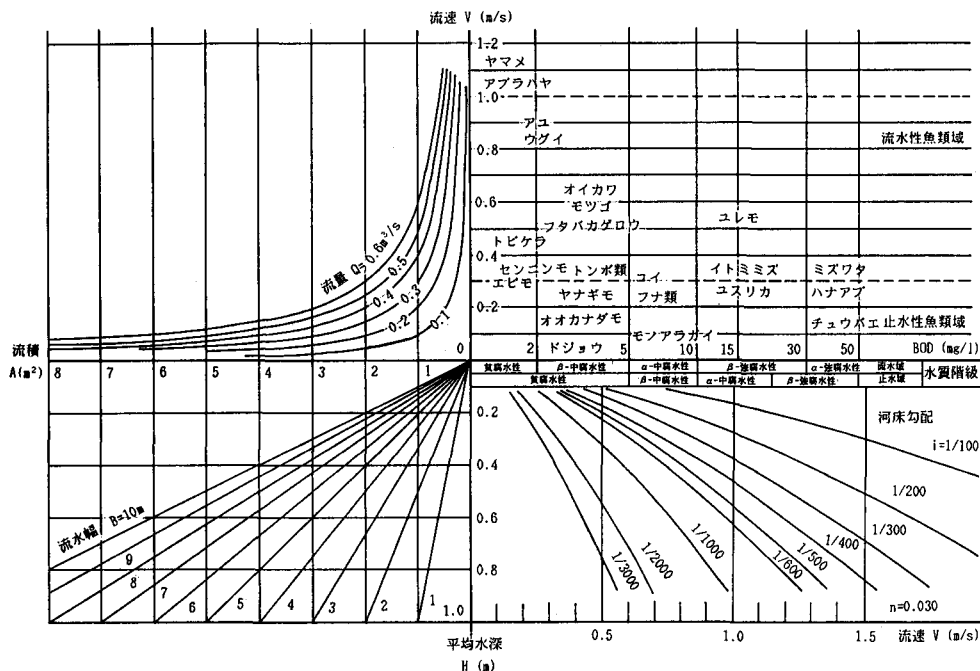


図-3 親水維持流量の算定にあたっての水利条件と生物相

速、流量及び生物相との関係を整理し、検討した。都市河川の平常時の水深は平均水深 $h=0.1\sim0.5\text{m}$ 、流速は平均流速 $V=0.5\sim0.1\text{m/s}$ の範囲にあるものと考えられる。従って、平均流水幅を $B(\text{m})$ とすれば、必要な流量 Q はつぎようになる。

$$Q=B\cdot h\cdot V=B\cdot(0.1\sim0.5)\cdot(0.5\sim0.1)=0.05\cdot B\cdots\cdots(2)$$

ここで、流速は独立したものではないため、水深、河床勾配、流量、粗度などの影響を受けるので、ある水深を与えたとき流速が常に期待する範囲内($V=0.5\sim0.1\text{m/s}$)にあるとは限らない。従って、都市河川では河床粗度として $n=0.030$ を与えるものと仮定し、この値を固定して平均水深、平均流速、必要な流量との関係をManning式から河床勾配を変数として整理をした。また、同時に、止水性生物、流水性生物について流速と水質階級との関係から整理し、図-3に示した。

この図の使用例は対象魚類をコイ、フナ(流速 0.3m/s 程度)、河道内流水幅を $B=5\text{m}$ とする、従って、 $Q=0.05\cdot B=0.25\text{m}^3/\text{s}$ となり、水深 $h=0.17\text{m}$ 、河床勾配 $i=1/1200$ となる。また、逆に、実際の河床勾配が $i=1/600$ であれば、流速 V を仮定して $V\rightarrow B\rightarrow h\rightarrow i\rightarrow V$ の順序で試行錯誤により水深 $h=0.14\text{m}$ 、 $V=0.37\text{m/s}$ と決めることが出来る。更に、河床勾配 $i=1/500\sim1/300$ とすると、 $h=0.1\sim0.5\text{m}$ では、流速は概ね、 $V=0.35\text{m/s}\sim1.00\text{m/s}$ となり、止水性魚類に対してはやや大きな流速となる。従って、このような場合には河床勾配の人為的な調整が必要となる。

6. 時間、空間的親水維持流量の算定手法

上記の算定方法は景観という観点から考えるならば年間を一律に、一定流量で考える方法であり、バリエーションに乏しい。都市河川においては季節的あるいは時間的に親水維持流量を制御することができる可能性も考えられる。図-4には時間的、季節的な条件を考慮した親水維持流量の考え方を示した。したがって、この方法はダム管理の中で観光利用者の多い季節と時間に放流を実施するなど実際に行われている。また、この方法は洪水対策との関係からコントロールをすることが条件となるため極めて限定された方法でもある。具体的には対象地点より上流のダムによるコントロール、貯水池や防災調節地などからの時差放流が考えられる。又、感潮河川では水門ゲート、開門などをコントロールすることによって高潮だけでなく、日常の潮位変動をも支配して時間、空間的な親水水位を設定することができる。この場合の手順としては以下のように考えられる。

1. 河川の地点あるいは区間を問題にするのか、それによって流量の設定がことなる。
2. 検討すべき対象河川の中から、河川景観的に良くみえる場所を網羅的に地点、区間を抽出する。
3. 河川全体の景観の価値、あるいはその地域の整備テーマに合わせ、日常的生活環境として設定するのか、非日常的生活環境として設定するのか、あるいはそれらが混在するような設定をするのか周辺環境、河川景観の特徴を把握して決める。

4. 以上の点を総合して具体的に～橋から～橋の区間～ $K\text{m}$ 、～川の河岸～ $K\text{m}$ 、あるいは鉄道に沿って～ m 、などと区間設定をし、必要時期、必要流量(親水流量)を決める。

しかしながら、この方法は時間的、空間的に流量を調節し、コントロールするためダム、調節池等の管理との調整が必要となる。

また、人工的な親水河川、小規模河川などでは循環維持流量の一定放流からダイナミック放流を実施することで極めて変化に富む流水形態をつくり出すことが可能になるものと考えられる。

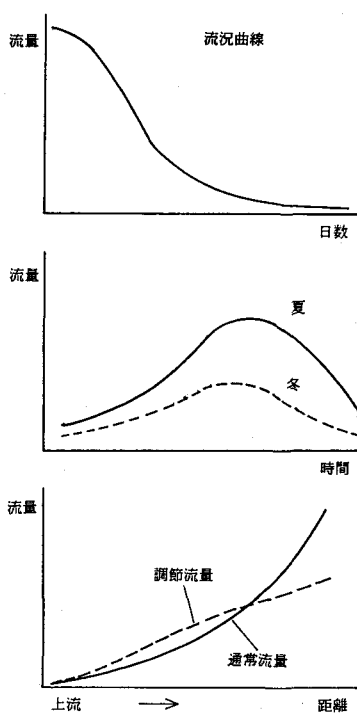


図-4 時間的、季節的な条件を考慮した手法

7. まとめ

都市河川は水量の絶対的涸渇化あるいは河川改修に伴う河川断面の拡がりによる相対的流量(水位)低下によって、河川環境は親水性の乏しい状況が生まれている。本研究では親水維持流量および親水水位の設定の手法についての考え方に関して整理を行った。結果を要約すると次の通りである。

親水維持流量および親水水位の設定手法には3~4つの方法が考えられる。即ち、(1)水文データから算定する方法(水文親水流量)、(2)河川の景観評価から必要流量を算定する方法(認知感覚的親水流量)、(3)生態系を考慮し、魚類などの生息条件から必要流量を算定する手法(生態学的親水流量)が考えられる。また、上記の3つの方法とは異なるが、これらの方法と組み合わせる手法として(4)時間的・空間的にバリエーションを与えて算定する方法が考えられる。

(1)については水文データがあり、流況年図が作成され、渇水量、低水量、平水量などが把握できることが必要である。しかし、河川の流況特性を前提とするため生態環境、河川景観の視点から求められる必要な親水流量を必ずしも満足させることはできない。

(2)の方法は河川の周辺環境を総合的に評価し、必要な親水水位を設定することができる。しかし、人間の感覚によるため正確な必要流量を決めにくいものと考えられる。また、河川景観を構成する要素を抽出し、因子分析など統計的な処理が必要となる。

(3)の生態環境から算定する方法は生息条件が生物の種類、生物相によって異なるため一律には決めにくいものと考えられる。しかし、河川の中でも生物種の上位に位置する魚類を目安として流速、水深、河床勾配を決めることができるものと考えられる。また、流程によっては魚類は瀬、淵など多様な流水形態を前提とするため河道での水際線の取り方などの検討が必要になる。

これらの考え方を基本として都市河川において今後、親水性の保全手法の1つとして親水水位・流量を検討することが必要となっている。

参 考 文 献

- 1) 北川明、鈴木研司、神庭治司:生態系保全からみた維持流量算定の基本的考え方、土木技術資料、pp.31~37,1989.31-5.
- 2) 松浦茂樹、島谷幸宏:水辺空間の魅力と創造、鹿島出版、pp.75~77,1987.12月.
- 3) 若谷佳史、山本公夫:河川景観の評価、(財)電力中央研究所報告、pp.35~37,1984.8月.
- 4) 土屋十圓、和泉清他:神田川水系にみる住民および有識者の河川環境に関する意識調査、環境システム研究、Vol.17、土木学会環境システム委員会、pp.152~157,1989.8月.
- 5) VERNON G. ZUNKER:ROBERT HUGMAN AND SAN ANTONIO'S RIVER WALK -A DREAM COME TRUE-,1983
- 6) 可児藤吉:溪流性昆虫の生態、研究社、東京、1944.
- 7) 津田松苗:陸水生態学、共立出版、pp.107~114,1974.7月.