

豊平川における河川利用の安全性に関する調査

Experimental Study on River Safety of Toyohira River

開発土木研究所河川研究室 ○正 員 山崎 真一 (Shin-ichi Yamazaki)
大田見 定 (Sadam Ohtami)
日本データーサービス株式会社緑地計画室 渋谷 健一 (Kenichi Shibuya)

1. まえがき

貴重な自然が残された河川空間は、自然を学ぶ場として、また地域住民の憩いの場として重要な公共空間であるが、一方で河川利用には危険が伴う。例えば、平成11年8月において神奈川県酒匂川水系玄倉川においてキャンプをしていた人が増水した河川の中州に取り残され13名の死者を出した事故や、平成12年8月に群馬県利根川水系湯檜曾川で鉄砲水によりサッカー少年団員が流され引率者が死亡した事故など、記憶にあたらしいところである。特に近年の自然体験型のレジャーを楽しむ人々の増加により、このような痛ましい事故が多く発生している。これらの事故は、河川利用者が河川の危険性を十分に認識していないことが大きな原因として考えられる。

当研究所においては豊平川において河川利用の安全性に関する調査を実施しており、平成9年度には、床止、護岸などの構造物周辺における現地実験を行い、その危険性の存在、その改良について考察している。また平成10年度には、豊平川の支川山鼻川における巨石の配置を改良した後の安全性の評価を行っている。

調査対象としている豊平川は札幌市街を2分して流れ、札幌市の市街地を流下する中流部において高水敷の整備、親水施設の整備が進められ、また水辺環境が良好であることから水域の利用者が非常に多い。しかし、豊平川は河床勾配がこの区間において急で流れが速いことから、一旦水中に入った場合には危険性が高く、実際に事故が多い河川である。本論文では、平成12年度に豊平川で実施した現地調査をもとに豊平川の持つ危険性について調査した結果を示すものである。

2. 豊平川の現状について

2.1 河川の諸元

豊平川は、南22条から東橋の区間では兩岸に約80mの高水敷幅を持ち公園整備が行われており、また親水護岸なども整備されている。低水路幅は約60mで、河床勾配は、およそ1/200から1/300で、河床材料は幌平橋付近で平均粒径80mm、最大粒径300mmでレキで構成されている。

低水路には河道を維持するために6基の床止が設置されている。



写真-1 豊平川斜め写真

2.2 豊平川の現状

札幌市消防局からの提供資料によると、平成2年から平成12年(11月現在まで)までの11年間に於ける河川関係への出動回数は、合計167件である。そのうち自殺企画者、誤報、虚報、盗難車廃棄のための出動件数を除くと92件であるが、このうち豊平川が38件と全体の約41%を占めている。豊平川での事故別出動回数は、このうち川及び高水敷利用者の事故が14件、転落事故が9件となっている。

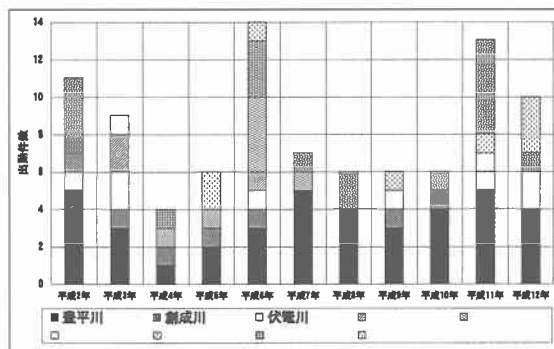


図-1 札幌市の河川別年間出動件数

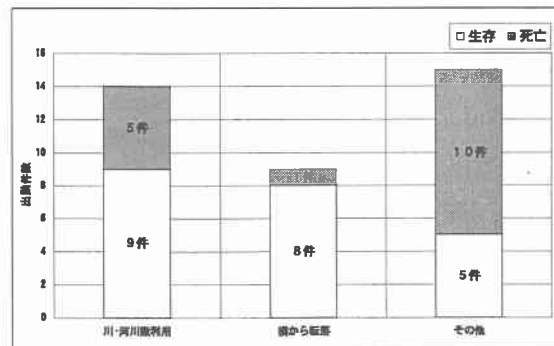


図-2 豊平川事故内訳

2. 3 豊平川の水辺利用状況

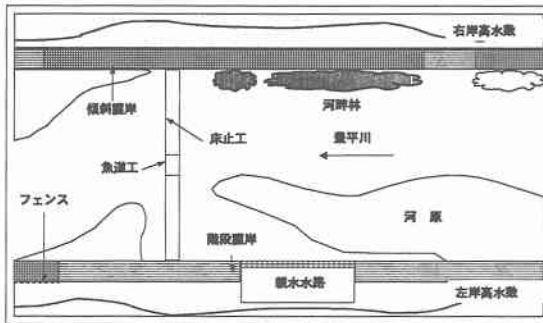
豊平川の水辺の利用状況を把握するために、平成12年8月2日（水）及び19日（土）の9時から18時に豊平川イベント広場（幌平橋下流0.6km）において水辺の利用者数、利用地点などについて調査を行った。

調査の結果、平日の利用者が220人(男:133人、女:87人)、土曜日が238人(男:153人、女:85人)であった。

また、水辺を利用した人間は河川利用者全体の約34%（平日：35%、休日：33%）であった。

利用地点を見ると、直接川に入った人が２２％（平日：２５％、土曜日：１８％）、床止めを利用した人は９％（平日：１０％、休日：８％）、河原は１９％（平日：１５％、休日：２２％）で階段護岸の利用者は４１％（平日：３７％、休日：４４％）であった。

このように、豊平川においては、低水路内（川、床止め、河原）における利用者が全体の５０％を占め、利用頻度は高く、また、危険性の高い床止での利用も確認されている。



図一 3 調査地点模式図

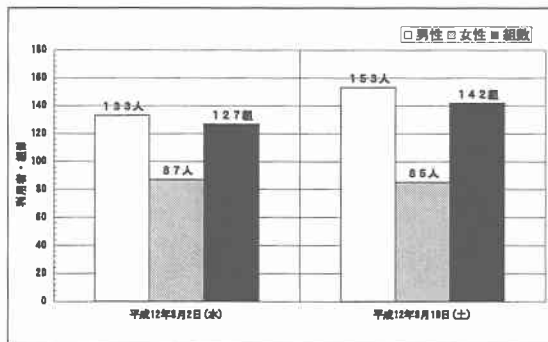


図-4 豊平川の水辺利用者数

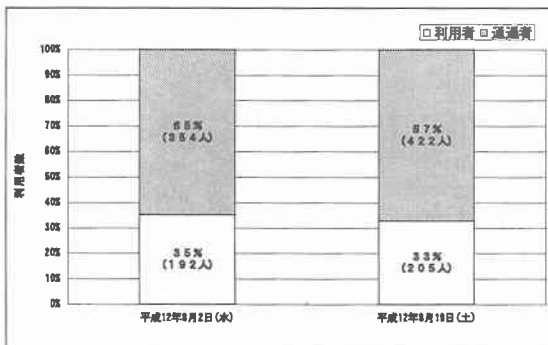


図-5 河川総通過者と水辺利用者の割合

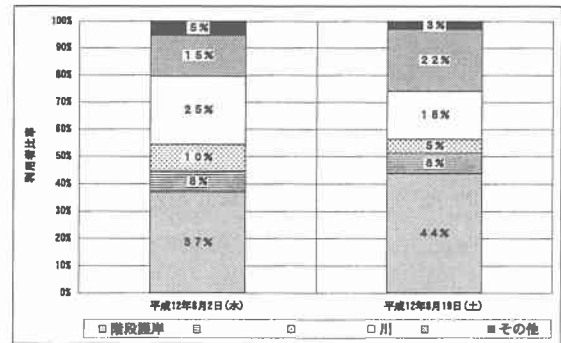


图-6 利用地点别利用者数

3. 現地調査

3. 1 調査概要

平成9年度に主要な河川構造物周辺における安全性の調査を行ったが、平成12年調査では人体模型を連区間において流下させ、実際にどのような動きをするのか調査を行った。調査区間は、幌平橋地点から北13条橋地点までの約5kmとし、流下する人体模型を兩岸及びピカヌーからビデオ及び写真により撮影し、移動速度、軌跡、停止時間、停止状況等を記録した。

人体模型はTNO社製のSwimming Dummy（身長180cm、乾燥重量70kg）で関節の動き、比重を人間に近づけているものである。

現地調査は平成12年6月13日に実施し、調査区
間上流の藻岩観測所の流量は21.08m³/sで、過
去8ヶ年の平均

表-1 流速測定結果

表-1 流速測定結果

地点	K _P	水深(m)	流速(m/s)	備考
1	16.60	0.2	1.405	
2	16.50	0.5	0.715	六号床止付近
3	16.45	0.4	1.003	
4	16.15	0.6	1.879	
5	15.95	0.5	0.407	五号床止付近
6	15.85	1.2	1.286	
7	15.60	1.5	0.115	南天橋付近
8	15.45	0.4	0.734	
9	15.20	0.6	0.534	
10	15.10	0.8	1.575	南7条大橋付近
11	14.80	0.3	0.822	豊平橋付近
12	14.50	0.2	1.041	三号床止付近
13	14.10	0.2	1.747	一栄大橋付近
14	13.60	1.2	1.003	水穂大橋付近
15	13.50	0.3	1.074	一号床止上流
16	13.40	0.8	1.175	一号床止下流
17	13.00	0.7	0.592	東橋
18	12.50	0.7	1.18	
19	12.30	0.6	-	1.2(氷割止下部)
20	12.10	0.4	1.175	上白石橋付近
21	11.90	0.4	1.420	
最大		1.5	1.879	
最小		0.2	0.115	
平均		0.6	1.044	

であった。

3. 2 調査区間の状況

=低水護岸=

河岸部は傾斜護岸となっており、一部で川へ降りられるような親水性河岸である階段護岸が設置されている。直線的に続く傾斜護岸部では流量が多くなるとスパイラルフロー（河岸から中心へ流される流れ）が発生する地点が確認されている。

=床 止=

対象区間内には6箇所の(1号・3号・4号・5号・6号・7号)床止工が設置されている。床止付近には、図-7に示すような流れが発生しており、特にバックウォッシュはボイル部分から床止に向かう川の流れと反対の流れで、床止とボイルの間に谷間を形成することになる。このため、この付近に入り込んだ場合には脱出が困難となる。

＝河畔林＝

河道内には多くの地点で河畔林が確認され、河岸には倒木もみられる。中州においても樹木が確認された。

河畔林は、人が流されている時に意識があればつかまることが可能であることや、意識がなくても流れに変化を与え、エディ・プール等の停滞させる機能も備えている。

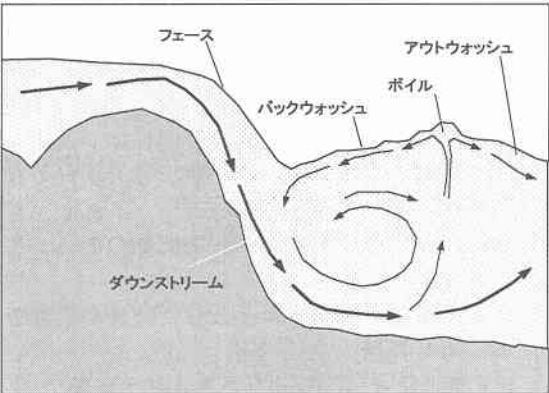
＝河 原＝

河原が数多く確認され、利用者も確認されている。

河岸部での救助が不可能な場合には有効であると考えられる。

＝その他の構造物＝

コンクリート構造物は、人が見ることができものとして水面上に床止工、見えないものとして水中部には根固工、護床工などが設置されている。



図－7 床止め付近の流れの状況

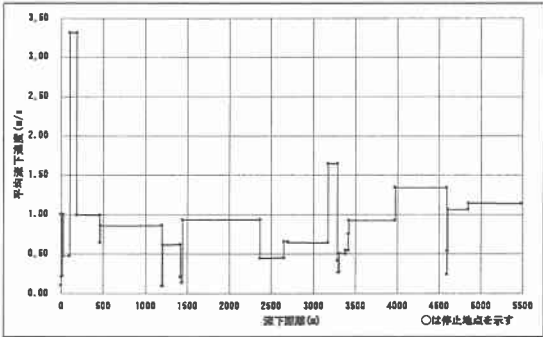
4. 調査結果

4. 1 人体模型の移動軌跡と移動速度

移動軌跡は、川の流心部付近を流下する結果となった。人体模型の流下時の移動速度の最高値は、六号床止上流部より水叩き間を移動時した時の3.3 m/secであった。平均では実質移動距離約5.5 kmを流下するのに必要とした時間は約1時間50分となっており、平均流下速度は0.8 m/secであった。

なお、浅瀬で自然には流下しない場合や5分以上停滞した場合には、人体模型の状況を観察し、人為的に移動させている。

また、今回の実験で人体模型の停止から停止までの最大流下距離は926 mで、平均で約180 mは停止しないで流下した。



図－8 人体模型移動時の平均移動速度

4. 2 停止要因

実験時の停止回数は29回となっている。停止要因は、「根固ブロック」によるものが最も多く14回、次いで「浅瀬」10回、「護床ブロック」4回、「床止」1回の順となっている。

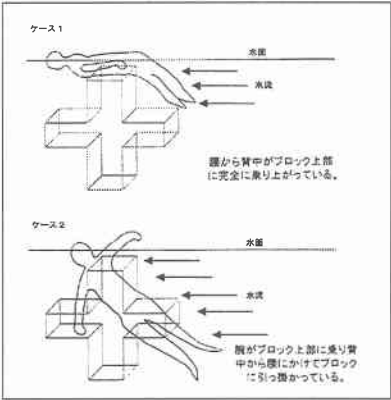
停止要因	回数
浅瀬	10
護床ブロック	4
根固ブロック	14
床止	1
合計	29

根固ブロックでの停止状態は図－9に示すように2種類に分類された。1つは人体模型の一部が接触し、水面上に確認できる状態だが例が5ケースあったが、残りの9ケースは、腕や体の一部分が水面上に確認できるが、ほとんどの部分が水没する状態であった。

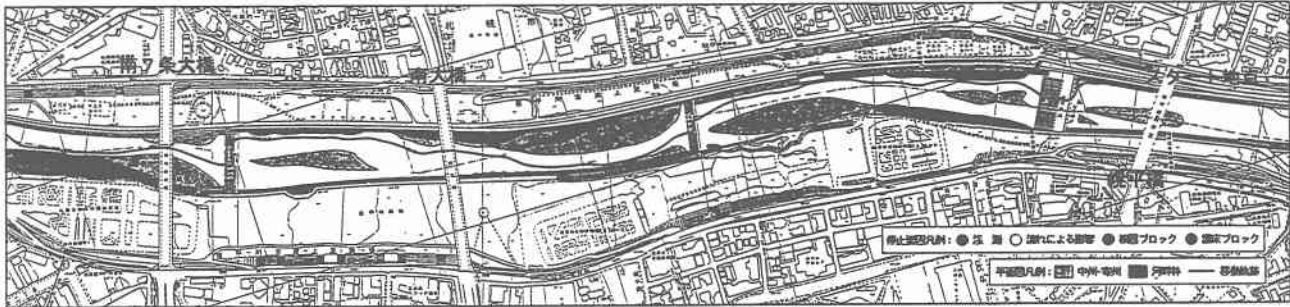
浅瀬での状態は、模型全身が水面上に現れ、背中などの一部が河床に接触し、停止する状態であり、停止場所での水深は0.2～0.3 m程度であった。

護床ブロックでは完全に人体模型が水面上に確認でき、背中などの一部が接触する状態となっており、浅瀬の場合と同様に水深は0.2 m程度であった。

床止付近では、発生している流れの影響（バックウォッシュ）により、水叩き部分より、脱出できない状況が一回確認されている。停滞時間は7分30秒であった。



図－9 根固ブロックの停止状況



図－10 人体模型の移動軌跡と停止位置（幌平橋から南7条大橋の区間）

5. 調査結果の考察

5. 1 河川構造物の危険性

人体模型の停止要因は根固ブロックが多いが、一部が水面上に確認されるものの模型のほとんどが水没する状態となっているケースが多く、実際に人が流された場合には発見しづらい状態と考えられる。また、根固ブロックは流速が早い場合には衝突による危険も高く、またブロックと水流間に挟まれ身動きがとれなくなる可能性もある。根固めブロックは水没している場合も多いことから、設置位置については事前に確認しておくこと、周辺を見通しが利くようにしておくことが救助・捜索を効率的に行うためには重要と考えられる。

また、床止ではバックウォッシュに巻き込まれて長時間脱出できなかったケースがあり、床止周辺で転落事故などが発生した場合には危険性が高く、利用者に対して十分に危険性を喚起する必要があると考えられる。

河道内の構造物のもつ危険性については、今回の事例以外についてもこれまでの調査で確認しているが、流量規模によっては新たな現象が発生することと考えられ、また危険な箇所が変化する可能性があることから、流量条件を変え同様の調査を実施することが望ましいと考えられる。

5. 2 流れによる危険性

表－3に示す水中歩行実験結果によると、水深が増加すると歩行速度が急激に低下し、水深が0.5m(大人の膝上程度)の場合には陸上の約53%となり、水深が1mになると約42%、1.25mになると約32%まで低下する。また、流れがある場合については水深が0.5m、水深1mの逆流の条件で歩行速度

が低下している。これ以上に厳しい条件のデータがないが、その場合には歩行速度が非常に低下する、もしくは転倒する危険性が高いと考えられる。

このことと豊平川の河床が大きなレキであり足下が不安定であることを考えると、水深が1mを越えるような箇所、もしくは水深が比較的深く流速が1mを越えるような箇所では、水中の人間の移動能力が低下し流される危険性が高いものと考えられる。

今回の豊水流量程度での調査では、このような危険と考えられる条件の箇所は全体の1/3程度であったが、小規模の降雨に伴う増水でも発生した場合には、今回の調査区間ではほとんどが危険な状態となるものと考えられる。従って、豊平川においては、増水時の河川利用については特に注意を喚起する必要があると考えられる。

6. 今後の課題

豊平川のような急流河川は、わずかの流量変化によって危険性が著しく増大すると考えられることから、河川の危険性について利用者に認知させる必要があると考えられる。特に河川は自由使用が原則であり、不特定の人間が利用することから、注意を喚起する立札に限らず、教育の場、イベント時等幅広いPRが必要であると考えられる。

また、水辺を利用する人々は今後も増加することが考えられ、河川管理者も親水施設の整備を進めるものと考えられるが、水面の利用が前提となるような施設整備については、転落等の危険がないかどうか、施設周辺の流速・水深が利用に適しているかどうか、下流に危険な施設がないかどうかを検討し、施設利用に対する安全性について十分に配慮する必要があると考えられる。

表－3 水深・流速と利用形態の関係

流速 (m/s)	造園学の流速 からみた 河川イメージ	現地調査結果から得られた 利用状況 利用形態	歩行実験											
			水深0cm			水深50cm			水深100cm			水深125cm		
以上 ～ 未満			順流	横流	逆流	順流	横流	逆流	順流	横流	逆流	順流	横流	逆流
0.0 ～ 0.1	→せせらぎ		163			86			69			52		
0.2 ～ 0.3	→緩 流	→幼児の水遊び・小魚とり	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.4 ～ 0.5		→川の中を歩く・水泳	—	—	—	96	83	77	81	64	51	—	—	—
0.5 ～ 0.6	→急 流		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.6 ～ 0.7		→ボート遊びや水遊びの限界	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.7 ～ 0.8		→大人ででも立っているのが困難	—	—	—	103	82	75	—	—	—	—	—	—
0.8 ～ 0.9	→激 流		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.0 ～ 1.1		→何かにつかまっていないと流されそう	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.2 ～		→カヌー、舟下り	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

＝参考文献＝

1) 佐藤耕治、馬場仁、鳥谷部寿人：河川安全度に関する研究 平成9年度 土木学会北海道支部年次技術研究発表会 論文報告集 第54号(B) P.P. 174-179 1998年2月

2) 大田見定、横山洋：河川における安全性について 第43回 北海道開発局研究発表会発表概要集(1) P.P. 111-116 1999年

3) オーム社 空調・給排水の大百科 平成10年7月25日

4) 建設省土木研究所河川部都市河川研究室 洪水による死亡リスクと危機回避－すぐに役立つ実践的危機管理のポイント(避難編)－ 平成7年8月

5) リバーフロント整備センター 川の親水プランとデザイン 1995年11月5日