トンネル湧水の河川への復活*

佐藤 和 利

1. はじめに

川の親水化への住民の期待は大きく、水の浄化と自然回復は、現在の行政課題となっている。都市河川を覆蓋して下水道化する時代に終わりを告げ、少ない維持流量と悪い水質に対応すべき時代となっている。

写真1のアーチ噴水は、東京電力洞道の湧水を平成元年に港区立一之橋公園で河川に放流しているものである。水質浄化対策として十分な事例であるとはいえないが、ひとつの切り口として紹介させていただくものである。

2. 古川と人々のかかわり

図1の古川周辺概要に示すように、二級河川の古川水系は、渋谷区を渋谷川の名称で流れ、港区に入り古川と名を変える。川幅15~20mである二級河川古川は、港区の中央部を横断して流れ、河口の北側を竹芝埠頭とする区内で唯一の川である。

落語の「芝浜」は古川の河口の話であり、上流支川では「春の小川はさらさら流る、岸のすみれやれんげの花に、……」と高野辰之により謡われ、沿川の町工場は京浜工業地帯の発祥の地といわれる。

古来より川は、人々に親しまれ、町の成り立ちの軸であった。古川は、震災復興で垂直護岸となり、流域の都市化は維持流量を減少させ、上空を高速道路に遮られた。河口の金杉橋の釣船を除くと、今日の古川と人々は疎遠となり、町の造りと川との関係は無縁の様相を呈しているといえる。

区民の意識調査では、古川環境に「満足している人」は5%と少なく、「不満な人」は5割と多く、沿川

の人達ほど不満が多い。整備に対する賛否は、「同感できない人」は5%であり、3割の人が「どちらともいえない」となかば諦め、6割の人が「同感」と環境改善を期待する結果が得られた。

整備の方向性は、3つの選択「都会的情緒のある空間」「都会的情緒のある空間と自然な空間」「自然な空間」に対して、それぞれ割合が2割、2割、5割と『自然な空間』を望む人が多く、自然に対する思いの強さが読み取れた。整備内容の要望順位は、第1に水環境の改善であり、第2に緑の遊歩道、第3に水に親しめる水辺であった。

3. 古川の水質

現在の維持流量 $0.07\text{t}\cdot\text{s}^{-1}$ は、計画流量 $230\text{t}\cdot\text{s}^{-1}$ ($50\text{mm}\cdot\text{H}^{-1}$ 降雨)に比べ3000分の1と極端に少ない。水深は15cm程度であり、「川らしさ」を喪失している。古川橋から下流の感潮区間は、流れの停滞で水質の悪化がもたらされている。淡水および感潮区間の水質は表1のとおりである。また、表2の生活環境の保全に関する環境基準では、古川をE類型に指定している。

勿論、水質の数値の年間変動は大きく、表1の古川の水質は一断面にすぎない。水質に対する実感は、淡水区間では、コイが泳ぎ・カルガモが遊ぶ水質が保たれ、維持流量の少なさが水質に対する悪いイメージをもたらしめている。しかし、感潮区間は、魚類の生息できない環境であり、臭い・色相の問題もあり、住民の苦情が多いのが現状である。これは、都市河川感潮区

写真1 夜間のアーチ噴水

Kazutoshi Sato
昭和48年 中央大学理工学部卒業
51年 東京都港区土木部
一級土木施工管理士
〔趣味〕 映像鑑賞、情眠

* Revival of Gushed Water in Tunnels to a River, 1991年
9月30日受理

間での一般的な問題であるといえる。

4. 汚濁の原因

感潮区間で発生する悪臭・色相の原因は、底泥有機物の微生物による分解に伴い発生する硫化水素にある。底泥有機物は、嫌気（酸素のない状態）的な条件下で醗酵細菌により分解（醗酵・腐敗現象）される。この生成物（中間産物）を硫酸還元菌が利用して、臭気性の強い硫化水素ガスを発生する。硫酸還元菌の分解の最終段階に寄与するのは、硫酸塩の豊富な海水である。なお、硫酸塩の少ない淡水域では、メタン生成菌によりメタンガスが発生する。硫化水素は、海中の金属と結合し金属硫化物（黒色を呈する物が多い）を形成して底泥に黒いフロックとして沈積する。水溶性である硫化水素は、水量の多い場合は水に溶け気化が少ないが、水量が少ないと気化しやすい。

古川橋から下流が感潮区間であり、古川橋と一之橋の間は引き潮時に河床を露呈する。河床の露呈する所

では、底泥の黒いフロックが見え、硫化水素の気化が多くて悪臭を漂わせる。常時海水がある一之橋より下流では、悪臭が若干緩和されるが、色相が硫化水素で緑白色を呈する。このことは、表3の底質調査による淡水区間と感潮区間の硫化物数値で歴然としている。写真2は、感潮区間の干潮時の河床状態であり、露呈した河床の黒いフロックは、実際以上に河のイメージを損なっている。

この問題解決のためには、物理的・化学的・生物学的な方法により、硫化物発生メカニズムである底泥有機物・硫酸還元菌・海水をなくし、酸素を増やすことが対応策となる。

5. 環境整備計画

このような状況のもとで、港区行政は、古川を生活環境改善の特定地区と位置付け、昭和63年に『古川環境整備基本計画』—アーバンリバーサイド・ふるかわ—を作成した。

『水環境整備計画』は、維持流量の $0.07\text{t}\cdot\text{s}^{-1}$ を景観上「川らしく」見える最低流量 $0.3\text{t}\cdot\text{s}^{-1}$ より著しく少ない、水質の浄化および景観面の改善を図るために、維持用水の導入が必要であるとして、次の供給水源を計画した。

表1 古川の水質調査

港区環境資料集より 平成元年度の平均

	淡水区間 狸 橋	感 潮 区 間		
		古 川 橋	一 之 橋	金 杉 橋
透視度 cm	85	77	46	51
BOD $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	3.6	3.3	6.4	4.8
SS $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	3.5	3.4	7.3	7.4
DO $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	7.1	6.4	2.8	2.6
塩 分 %	0.02	0.02	0.20	1.25

DO（溶存酸素量）：有機物の分解で消費される。自浄作用・水中生物に欠かせない。

DOD（生物化学的酸素要求量）：好気性バクテリアが有機物の酸化分解に消費する酸素の量

SS（浮遊物質）：水を懸濁する無機物・有機物・微生物

図1 古川周辺概要

表2 生活環境の保全に関する環境基準

類 型	AA	A	B	C	D	E
BOD $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	1 以下	2 以下	3 以下	5 以下	8 以下	10 以下
SS $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	25 以下	同左	同左	50 以下	100 以下	ごみ浮遊ない
DO $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	7.5以上	同左	5 以上	同左	2 以上	同左
利用目的 の適応性	自然環境 保全	水 浴			農業用水	環境保全

自然環境保全：自然探勝等の環境保全，環境保全：不快感を生じない限度

表3 古川の底質調査
港区環境資料集（元年11月調査）および古川河床調査より

調 査 箇 所		淡水区間 狸 橋	感 潮 区 間		元年3月 一之橋
			一之橋	金杉橋	
強熱減量		1.8	4.7	2.4	1.6
硫酸還元菌		65	7.3×10^4	7.0×10^5	1.4×10^6
全硫化物		0.08	0.18	0.51	0.485
遊離硫化物					2.7
結合硫化物					482.5
硫酸イオン					4.75
重 金 属 類	カドミウム	0.22	0.81	0.70	
	ヒ素	3.1	3.8	2.7	
	総水銀	0.51	0.51	1.80	
	鉛	390	349	140	

強熱減量：600度で強熱したときの減量で、主に有機物である。硫酸還元菌：還元的環境で硫化水素を発生させる。硫化物：還元状態で硫酸イオンが生じ、硫化水素が発生する。

写真2 干潮時の河床

写真3 十番夏祭りの公園利用

5.1 湧水の導入

古川周辺の大規模湧水には、東京電力洞道の日量500～800tと地下鉄の2,000tがある。前者の導入が本件の事例となる。

5.2 下水処理水の導入

東京都の清流復活事業により落合処理場の高度処理水 $0.23\text{t}\cdot\text{s}^{-1}$ を導入するもので、水量感と生物の生息環境改善が期待できる。これは近年中に実現される。

5.3 海水の導入

潮汐による海水の出入りは8,000tと想定され、流量は3～4 $\text{t}\cdot\text{s}^{-1}$ である。維持流量が $0.07\text{t}\cdot\text{s}^{-1}$ では、汚濁物質が堆積する。この汚濁物質を流下させるためには、流速が $0.5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 、流量を3 $\text{t}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上必要とする。この流量を海水に期待するものであるが、ポンプ施設・管路の費用および管路敷設ルートの問題があり、実現は困難である。

5.4 堰（ダム）設置の検討

ラバーダムの堰を造り、一之橋より上流を物理的に淡水区間にする方法である。堰の転倒によるフラッシュ効果も期待できる。しかし、断面余裕のない治水河川での設置に住民は、増水時の堰転倒の確実性に不安感を抱き反対にするであろう。「雨水貯留施設の検討」施設を大規模に設けても、放流量は $0.02\text{t}\cdot\text{s}^{-1}$ 程度と効果は少ない。

6. 湧水導入の実施

『拠点地区整備計画』の1つである一之橋公園の整備に、東京電力洞道の湧水導入を組み込んだものである。一之橋公園は、図2の施設概略のように川を挟み込む地形であり、隣接して麻布十番商店街があり、波及効果の高い都市的親水公園として計画された。写真3は、完成した一之橋公園の利用状況である。

図2 施設概略と管理区分

湧水の導入計画は、「河川水質浄化のための維持水導入」「洞道湧水の放流処理」「公園での水施設利用」の3つの面をもつ複合計画でいえる。公園施設に利用してから川に放流することにより、湧水導入の付加価値を高めたのである。

利用する湧水は、直径3.80cmのシールドと1.80m×2.50m×2連ボックスの断面で延長が2,500mある青麻洞道で湧いたものである。この湧水は、下水道に放流されていた。青麻洞道は芝麻洞道に合流し、図2のように一之橋公園の地下を横切っているの、直に湧水を公園に引込める立地条件を備えている。

施設は、湧水を40t槽に一時沈砂貯水して、毎時6t（日量150t）を使用量45tの水施設（写真4の池と広場噴水）に送水する。使用された水と未使用の湧水を100t槽に溜めて1時間毎に放流（アーチ噴水）するものである。

洞道の水質は、放流基準だけでなく、付加価値としての水質の評価も必要であり、生活環境の保全基準・環境基準健康項目・遊泳用プールの水質基準・水浴場の基準等に基づき東京電力が水質の測定を行い、すべての項目で問題のない良好な水質であった。

法的な処理として、まず地下水の揚水規制がある。今回の件に関しては、「止水努力後に湧水の公園利用を止む得ない」と環境保全部門の了解を得た。都市公園法の位置付けは、3つの面での兼用工作物とせず、東京電力の管理施設を占用物件とする取扱いにした。下水道法に基づく排水設備設置義務の免除とアーチ噴水の河川占用は、公園管理者が申請した。

水質に対する責任は、公園に入るまでは東京電力がもち、河川放流の水質は公園管理者と決った。

施設の費用分担は、管路と貯水槽は東京電力が負担

写真4 公園の水施設

し、公園の水施設は港区の公園が負担した。施設の維持管理区分は、効率的な管理等の判断もあり、施設建設の分担と若干の違いがある。図2に港区管理を実線で、東京電力管理を破線で示してある。

6. 湧水導入の結果

湧水500tを、冒頭の写真1のアーチ噴水により1時間毎に約5分間で放水している。1日に24回の放水による河川浄化に対する効果は、浄化対象の海水の多さに対して湧水量の少なさと汚濁の季節変化もあるので、数値の測定は不可能であり期待はできない。しかし、一時的な酸素の増加による浄化と、露呈した河床有機物を噴水が叩き剥離流出させる効果はあると思われる。また、噴水により虹ができることもあり、住民の意識が川に向き、ゴミの投棄は少なくなっている。

公園完成後に出た問題は、水質の良好な湧水であったが、水施設での使用により藻の発生および大腸菌の発生があったことである。この対応は、水浴場の基準で水質管理をする水処理施設を設置することにより解決している。

7. おわりに

河川管理者から見た場合、河川に入るべき地下水が戻って来たことになるが、自ら河川区域外に出て湧水を迎える姿勢の取り難さを、私は感じている。本件の場合、公園が事業主体となり動くことにより、「トンネル湧水の河川への復活」が成された。

地下鉄湧水2,000tの導入については、河川管理者が事業主体となり、費用効果の面から付加価値のある導入が必要である。

清流復活事業による導水は、BODが若干高いが、淡水区間の水量感と生物の生息環境の改善に役立つ。しかし、感潮区間の水質汚濁を改善する程度については不明である。