都市内中小河川における水量面からみた水環境改善方策について

水 谷 潤太郎*

Improvement of the Stream Environment Concerning Flow in Urban Area

Juntaro MIZUTANI*

* Nippon Jagesuido Sekkei Co., Ltd., 9-15, Kaigan 1-chome, Minato-ku, Tokyo 105 Japan

Abstract

This paper shows how to evaluate the flow conditions in droughty and polluted streams in urban area, and also shows how to improve it. The environmental standard of flow (ESOF) is proposed here to give the target for improvement.

ESOF is decided with the scenic and ecological standpoints.

ESOF is compared with the flow without man-made effects (FWMMF), the equilized flow of whole rainfall in basin (EFWRB), the effluent from sewage treatment plants (ESTP), other effluents (EF), intaked water volume in the upstream (IWVU), and observed flow (OF), in order to evaluate the condition of flow and to adopt proper remedial measures.

This evaluating method is applied for 2 streams in Tokyo urban area, and flow of both streams are found to be much smaller than ESOF after the whole urban effluent is taken into sewer pipes.

(1) Flow augmentation from other basins or sewage treatment plants, or

(2) Change of stream's configuration into series of many ponds, is necessary in this case.

Key words: stream environment, flow, environmental standard, sewage treatment plant, pond

1. はじめに

近年都市内中小河川の水環境の悪化が甚だしくなっている。こうした河川を豊かな水辺に創り変えるためには、そのたたづまいを整えること、清浄な水質を確保することは当然であるが、十分な水量があるようにすることも必要条件である。

河川における水量面からみた水環境問題、あるいは流水の枯渇問題については、主として水量増補の観点から、以下のような提案がなされている。

中西¹⁾は、個人下水道について、処理水が近くの小川などの水を涵養するという点を評価している。

また虫明他²⁾は、降水貯留や地下水の涵養によって

都市河川の維持流量の増加と景観の向上が図れるとしている。

さらに下水処理場の処理水を送水して河川の水量を増補したり（玉川上水等）深層井戸水を揚水して流量を確保したり（港北ニュータウン）する事例もある。

しかし河川における水量面からみた水環境問題については、保全目標値の設定、現状と将来の河川流量の評価などについて、総合的な視点から具体的に検討し、その上でこうした対策を考える必要があると思われる。

本論文の目的はこうした総合的な検討を行い、その上でとりうる改善方策について考察することである。

* 日本上下水道設計協環境事業部 〒105 東京都港区海岸1丁目9番15号（竹芝ビル）

2. 水量面からみた水環境評価の枠組み

水量面から水環境を評価するためには、水質の場合と同様に考えて；

- 水環境面からみた水量の保全目標値を設定し、
- この保全目標に対して現状と将来を評価し、
- 不一致がある場合には、その原因を究明し、
- さらに改善方策を考察する必要がある。

この評価の枠組みとして **Table 1** を提案し、以下にその検討を行った。

2.1 水量の環境基準

河川法施行令10条では工事実施基本計画の中で主要

な地点において流れの正常な機能を維持するため必要な流量（正常流量）を設定することが定められている。河川砂防技術基準（案）³⁾では、正常流量は原則として10カ年第1位相当の渇水時にも維持できるよう計画するものと規定されている。正常流量検討の手引き（案）⁴⁾では、正常流量は代表地点（基準地点、補助基準地点）ごとに、下記の項目別必要流量を勘案して定めることとされている。

- ・河川特性による維持流量、
- ・生態系からの必要流量、
- ・景観からの必要流量、
- ・水質からの必要流量、

Table 1 Framework of environmental evaluation concerning flow

Category of flows			Symbol	The value of flow ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	Amended flow value ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)
Environmental standard of flow (ESOF)			A	Scenic view, Ecology in river Section 2.1	—
Items used for the evaluation of flow condition	Flow without the man-made effects (FWMMF)	Droughty level	B_1	Values are obtained as shown in Section 2.2	Amended values if necessary
		Low level	B_2		
	Equalized flow of whole rainfall in basin (EFWRB)		C	obtained as shown	—
	Effluent from sewage treatment plants (ESTP)	Current	D_N	in Section 2.2	—
		Prospect	D_F		—
	Other effluents (EF)	Current	E_N		—
		Prospect	E_F		—
	Intaked water volume in the upstream (IWVU)	Current	F_N		—
		Prospect	F_F		—
	Observed flow (OF)	Droughty level	G_1		—
		Low level	G_2		—
	$X = B_N + D_N + E_N - F_N$	Droughty level	X_1		—
		Low level	X_2		—
	Prospect OF estimation $Y = B_F + D_F + E_F - F_F$	Droughty level	Y_1		Amended values if necessary
		Low level	Y_2		
	Rainfall infiltration in basin, or groundwater flows from other river basin welling out $Z = X - G, Z' = G - X$	Droughty level	Z_1		—
		Low level	Z_2		—

- ・その他政令5項目（舟運、塩害の防止、河口閉塞の防止、河川管理施設の保護、地下水位の維持）からの必要流量、および
- ・水利流量

このように水量の保全目標としては生態系、景観、水質（保全）、水利、その他があることが示されているが、人間の営為による水環境への影響の軽減を図るための水量の保全目標としては、(1)景観からの必要流量、(2)生態系からの必要流量、について検討対象とすればよいと思われる。この両者を包含するものを「水量の環境基準」と定義する。

2.1.1 景観からの必要流量

都市内中小河川の景観の視点から見て必要とされる水面の幅（水幅、Fig.1参照）について、コンピューター・グラフィックス技術を用いて水幅を種々に変えた水路の写真を作成し、アンケート調査を行った結果、次の事項が分かっている⁵⁾。

- (1) 水路景観に対する満足度は、概ね水幅の水路底幅（Fig.1参照）に対する割合（水幅比と定義する）の傾向と一致している。
- (2) 景観上十分な水幅にするためには、
 - (a) 堤防、高水敷とも草で覆われた水路について、水幅比を40%以上にする、
 - (b) コンクリート護岸・床などの水路では、流れが河床を全面的に覆って水幅比が100%であること、が必要である。

日本の都市域で景観上特に問題となる都市内中小河川は(b)のケースであることが多く、底部は100%水で覆われていないと景観を良好にすることは難しい。

つまり水路の水幅＝水路底幅としなければならない

い。

2.1.2 生態系からの必要流量

河川に棲息するフナ、コイなどの魚類の棲息条件から平均水深0.1～0.5m、平均流速0.1～0.5 ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)、流量としてはEq.(1)のようにすることが提案されている⁶⁾。

$$Q = B(\text{水幅}) \times \text{水深}(0.1 \sim 0.5) \times \text{流速}(0.5 \sim 0.1) \\ = 0.05 \cdot B (\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}) \quad (1)$$

2.1.3 水量の環境基準値の求め方

2.1.1節、2.1.2節の各節の考え方に基づき求めた値のうち大きいものが一般的には水量の環境基準値となる。ところで下記のEq.(2)により算定された流量は2.1.1節末尾、および2.1.2節の両条件を満足する。本論文は主として東京郊外の中小河川について分析を進めることにしており2.1.1節末尾と2.1.2節の両条件が適用されることが多いので、本論文ではEq.(2)により水量の環境基準値を求めることとする。

$$Q = 0.05 \times (\text{水路底幅}) (\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}) \quad (2)$$

2.2 水量の環境基準を評価する項目

水量の環境基準値は水環境面からみた河川流量の保全目標であるが、これが容易に満たせるのかどうか、どのような対策が必要とされるかは、関連する他の各種の流量項目と比較して始めて分かる。関連する流量項目としては、次のようなものがある。

- (1) 固有流量、
- (2) 極限開発流量、
- (3) 処理場系排水量、
- (4) 用水取水量、
- (5) 実測流量

2.2.1 固有流量について

ここで定義する固有流量とは取排水の影響がない河川本来の流量である。多くの都市内中小河川の流量には都市域からの排水が相当量流入している。下水道が完備されこうした排水が収容された後に、水量の環境基準が達成されるかどうか判断するためには、こうした都市域からの排水、あるいは用水取水の影響のない河川本来の流量（固有流量）を把握しておく必要がある。

本論文においては、固有流量の将来推定値は現状と同じであるとして、分析を進めている。たしかに道路舗装や建物が土壌面を被覆する割合や下水道普及率が変化すると、河川への降水の流出形態も変化するので、この固有流量も現状から将来にかけて変化することが考えられる。しかし、今後は無秩序な都市開発は減る傾向にあり、土地の改変が固有流量に与える変化も緩慢になると思われるので、将来値を現状と同様にするによる誤差は大きくないと思われる。また現状では固有流量の将来変化を予測するのは困難である。

2.1節で述べたように正常流量は10カ年第1位相当の渇水時にも維持できるよう計画するものであるの

Fig. 1 Stream bottom width and water width

で、流量の環境基準を評価する固有流量についても10カ年第1位相当の渇水時に検討する必要がある。

また生活環境の保全に関する環境基準の関係項目については低水量以上の河川流量がある場合に測定することが定められている(「水質汚濁に係る環境基準について」(昭和46年12月28日、環境庁告示59)、第2;公共用水域の水質の測定方法)から、固有流量についても低水流量時について検討する必要がある。本論文では10カ年平均の低水流量で代表させることとする。

2.2.2 極限開発流量

ここで定義する極限開発流量とは、流域に降る年降水量がすべて平均的に流出するとした場合の流量である。例えば該当流域に多数の雨水貯留池を設け、すべての降水を平均して流出させた場合の流量であり、水源開発の極限ともいふべき流量である。

水量の環境基準に関連する流量項目としてこの極限開発流量を含める意義は、他流域からの導水をせずに自流域の降水だけで水量環境の向上を図る施策をとろうとした場合に、最大限度を示すことにある。実際には蒸発散や(深層への)地下浸透があるので、川の年平均流量が極限開発流量に達することはなく、いわんや10カ年平均低水流量や10カ年第1位渇水流量は極限開発流量を大幅に下回る。

2.2.3 処理場系排水量

下水処理場は、都市内河川の流量を大きく左右する存在となっており、水量に係わる水環境の重要な影響因子となっている。

処理場系排水量は、下水道整備の進展により、将来的に大幅に変動する。そのため現状値と将来値を求める必要がある。

都市河川の低水時、渇水時にも生活用水の使用は通常どおりであることが普通であるので、本論文においては処理場系排水量は日平均量で評価する。

2.2.4 その他排水量

生活雑排水流入、産業排水、農業排水など処理場系排水量以外の流域からの排水を総称してその他排水量と定義する。

特に生活雑排水流入については下水道整備の進展につれて大幅に減少することが考えられる。従ってその他排水量についても現状値と将来値を求める必要がある。

また処理場系排水量と同様に考えて、本論文においては、その他排水量についても日平均量で評価する。

2.2.5 用水取水量

用水取水量は、当該河川からの、対象地点上流の取水量である。

現在のところ、水質悪化のため、わが国の都市内中

小河川から用水を取水する例は少ないが、将来的には多くなるかもしれないので、用水取水量についても現状と将来値を求める必要がある。

他の流量項目との比較を行う上での便宜性から考えて、本論文においては、用水取水量は実測流量が10カ年第1位渇水となる時期の日平均取水量で評価する。

2.2.6 実測流量

実測流量とは現状の河道の流れを実際に測った流量である。流速計等による流速の測定値に流水断面積を乗じる方法や、水位流量曲線から求める方法がある。

固有流量との対比性を確保するため、10カ年第1位渇水流量および10カ年平均低水流量について求める必要がある。

ただし十分な観測値がない場合には、1年間の月毎観測値を小さいものから順に並べたものの0.75×(資料数)番目の値(75%値)をもって低水流量値とみなしたり、1年間の日毎観測値に基づいて渇水量、低水量を求める等により対処せざるをえないことがある。

2.2.7 水量の環境基準と関連する流量項目との比較による評価

2.1節の水量の環境基準と、2.2節の以上の項で提示した関連する各種の流量項目をつぎのように比較する(Table 1)。

- (1) 水量の環境基準値(A)と実測流量(G)を比較することにより、現状で、水量の環境基準が満たされているかどうか判断する。
- (2) 水量の環境基準値(A)と固有流量(B)を比較することにより、取排水がない場合に、水量の環境基準が達成できるか判断できる。
- (3) 水量の環境基準値(A)と極限開発流量(C)を比較することにより、他流域に影響を及ぼさず、自流域の降水のみで対策を行えるかどうかの目途がつけられる。
- (4) $Y = \text{固有流量}(B) + \text{将来の処理場系排水量}(D_F) + \text{将来のその他排水量}(E_F) - \text{将来の用水取水量}(F_F)$ (3)

として、Yの値は将来の実測流量の推定値となる。Yと水量の環境基準値(A)とを比較することにより、水量の環境基準が将来は満たせるかどうか判断できる。

Table 1によれば、さらに以下のような情報も入手できる。

- (5) 固有流量(B)と実測流量(G)の値が近似している場合には、流量について取排水などの人為的な影響が余り加わっていないことが推定される。
- (6) 現状と将来の処理場排水量(D_N と D_F)、その他排水量(E_N と E_F)を比較することにより、下水道の

整備につれてこの両排水がどのように推移するか明瞭に把握できる。

- (7) $X = \text{固有流量}(B) + \text{現状の処理場系排水量}(D_N) + \text{現状のその他排水量}(E_N) - \text{現状の用水取水量}(F_N)$ (4)

として、この X の値が実測流量(G)より大きい場合には、降水が地下に浸透していることが推定される。この浸透量は、

$$Z = X - G \quad (5)$$

で求めることができる。

一方 G が X より大きい場合には、例えば他流域から涵養されている地下水の湧出があることが推定され、その湧出量は

$$Z' = G - X \quad (6)$$

で求められる。

またこうした浸透や湧出のある場合には、固有流量(B)は2.3.1節の方法で求める値ではなく、

$$\text{修正後の } B = \text{実測流量}(G) - \text{現状の処理場系排水量}(D_N) - \text{現状のその他排水量}(E_N) + \text{現状の用水取水量}(F_N) \quad (7)$$

により算定した値に修正される。

この値を Table 1 の修正流量値の欄に記入する。

さらに Y の値も修正して記入する。

2.3 各流量項目の求め方

ここでは2.2節で提示した各流量項目のうち、固有流量、極限開発流量について、その求め方を説明する。

処理場系排水量、その他排水量、用水取水量については、実地に積み上げることににより求められる。

また実測流量は、河川流量の測定を行うことにより求められる。

2.3.1 固有流量

固有流量の推定については、次の方法がある。

- (1) 近傍水系で、都市取排水や農業用取排水の影響が比較的少ない地点で比流量を求め、これを用いて当該河川の固有流量を推定する。例えば荒川水系の場合、上流秩父盆地の水がすべて集まってくるので取排水の影響を避けることができる上、ダムによる影響も少ない、荒川の寄居地点の「流量年表⁷⁾」のデータから、10カ年第1位渇水比流量 $0.45 (\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot (100 \text{ km}^2)^{-1})$ 、10年平均低水比流量 $1.02 (\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot (100 \text{ km}^2)^{-1})$ を得ている (Table 2)。
- (2) 全国河川の渇水流量の実績値を流域面積に対しプロットして分析した結果、10カ年第1位渇水流量比流量については、 $0.40 (\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot (100 \text{ km}^2)^{-1})$ 程度であるとする報告がある。(文献(4)中の図より読みとった)
- (3) まとめ

Table 2 Flow and specific discharge of Ara River at Yorii (droughty, low level)

Year	Flow ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	
	Droughty level	Low level
51	5.18	10.20
52	5.15	9.28
53	4.22	6.57
54	4.45	9.54
55	6.06	13.18
56	6.35	11.41
57	5.28	7.89
58	6.46	9.71
59	4.18	6.04
60	4.05	7.58
Minimum in 10 years	4.05	
Average		9.14
Specific discharge ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot (100 \text{ km}^2)^{-1}$)	0.45	1.02

* 1. Basin area at Yorii is 892.29 (Km^2)

2. Flow data is obtained from reference paper 7).

以上のデータに基づき、10カ年第1位渇水比流量は $0.45 (\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot (100 \text{ km}^2)^{-1})$ 、10年平均低水比流量は $1.00 (\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot (100 \text{ km}^2)^{-1})$ 程度であるとして、3章の分析を行う。

2.3.2 極限開発流量

例えば、関東地方の臨海部では、10カ年第1位渇水年の降水量は $1,224 (\text{mm} \cdot \text{y}^{-1})$ であり⁸⁾、これから Eq.(8)により極限開発比流量が求まる。

$$\begin{aligned} & 1,224 \times 100 \times 10^6 \times 10^{-3} \div 86,400 \div 365 \\ & = 3.88 (\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot (100 \text{ km}^2)^{-1}) \end{aligned} \quad (8)$$

3. 実例による水環境評価

3.1 大岡川 (神奈川県) の例

大岡川本川 (向坂橋)、支川日野川 (日野橋) 地点で、2章の手法に基づいて、水環境の分析を行った。

両地点の流域面積と水路底幅を測定した結果を Table 3 に示す。

流域面積に2章の各比流量を乗じることにより、固有流量と極限開発流量が求まる。例えば、向坂橋地点では次のとおり。

$$\begin{aligned} & \text{10カ年第1位渇水固有流量;} \\ & 311 \times 0.45 \times 10^{-4} = 0.014 (\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}) \end{aligned}$$

10カ年平均低水固有流量；

$$311 \times 1.00 \times 10^{-4} = 0.031 \text{ (m}^3 \cdot \text{s}^{-1}\text{)}$$

$$\text{極限開発流量；} 311 \times 3.88 \times 10^{-4} = 0.121 \text{ (m}^3 \cdot \text{s}^{-1}\text{)}$$

また水路底幅から、Eq. (2)を用いて水量の環境基準

Table 3 Basin area and stream bottom width of Ohoka river at Mukaisaka-bridge, Hino-bridge

Point	Basin area (ha)	Stream bottom width (m)
Mukaisaka-bridge	311	4.0
Hino-bridge	525	7.6

値が求まる。

$$\text{向坂橋では；} 4.0 \times 0.05 = 0.200 \text{ (m}^3 \cdot \text{s}^{-1}\text{)}$$

Table 4 Upstream other effluents of Ohoka river at Mukaisaka-bridge, Hino-bridge

Type	Mukaisaka-bridge	Hino-bridge
Domestic	241(m ³ ・day ⁻¹) (272 houses)	724(m ³ ・day ⁻¹) (547 houses)
Industrial	6(m ³ ・day ⁻¹)	100(m ³ ・day ⁻¹)
Total	247(m ³ ・day ⁻¹) =0.003(m ³ ・s ⁻¹)	824(m ³ ・day ⁻¹) =0.010(m ³ ・s ⁻¹)

Table 5 Framework of various type of flows that is used for the environmental evaluation of river concerning flow, and evaluation of environment concerning flow of Ohoka river at Mukaisaka-bridge and Hino-bridge

Category of flows		Symbol	The value of flow (m ³ ・s ⁻¹)	
			Mukaisaka	Hino
Environmental standard of flow (ESOF)		A	0.200	0.380
Flow without the man-made effects (FWMF)	Droughty level	B ₁	0.014	0.024
	Low level	B ₂	0.031	0.053
Equalized flow of whole rainfall in basin (EFWRB)		C	0.121	0.204
Effluent from sewage treatment plants (ESTP)	Current	D _N	0	0
	Prospect	D _F	0	0
Other effluents (EF)	Current	E _N	0.003	0.010
	Prospect	E _F	0	0
Intaked water volume in the upstream (IWVU)	Current	F _N	0	0
	Prospect	F _F	0	0
Observed flow (OF)	Droughty level	G ₁	0.010	No Data
	Low level	G ₂	0.050	No Data
X = B + D _N + E _N - F _N	Droughty level	X ₁	0.017	0.034
	Low level	X ₂	0.034	0.063
Prospect OF estimation Y = B + D _F + E _F - F _F	Droughty level	Y ₁	0.014	0.024
	Low level	Y ₂	0.031	0.053

日野橋では； $7.6 \times 0.05 = 0.380 \text{ (m}^3 \cdot \text{s}^{-1}\text{)}$

両地点の現状の生活雑排水、産業排水の流入量を見積もったところ、向坂橋で $0.003 \text{ (m}^3 \cdot \text{s}^{-1}\text{)}$ 、日野橋で $0.010 \text{ (m}^3 \cdot \text{s}^{-1}\text{)}$ 程度であった (Table 4)。この流域では農地がほとんどなく、農業排水はほとんどないと推定されるので、Table 4 の数値をその他排水量の値であるとした。また生活雑排水や産業排水は将来は完全に下水道に収容されるので、将来のその他排水量推定値はゼロとする。

両地点とも処理場が上流にないため、現状の処理場系排水量はゼロである。また両地点とも上流に用水の取水点がなく、現状の用水取水量もゼロである。本論文では、将来ともこの状況は続くものと想定する。

昭和62年1カ年の毎日実測流量データから、実測流量欄の値を求めている。一カ年のデータでは10カ年第1位渇水量などを求めるには不十分であるが、他にデータがないので、この一年間の実測値をもとに算定した値を実測流量欄に記入する。

以上を一覧にしたのが Table 5 である。これから以下のように水量に係る水環境の評価が行える。

- (1) 水量の環境基準値(A)は実測流量(G)の4倍程度になっている。この実測流量は1年間のデータに基

づくものであり、10カ年第1位渇水量はこれより小さいことが考えられる。この場合はさらに差が大きくなる。

- (2) A は固有流量(B)の10倍程度の値になっている。
 (3) A は極限開発流量(C)よりも65~90%程度大きい。つまり自流域の降水だけで水量枯渇問題の解決はできない。
 (4) 将来の実測流量の推定値(Y)は、A の20%以下しかない。将来は川の水量の枯渇感があらわになる。
 (5) 現状の実測流量(G)は X の値とそれほど乖離してはいない。大岡川の向坂橋、日野橋地点とも、降水の地下浸透や他流域から涵養されている地下水の湧出などは少ないようである。

Table 6 Basin area and stream bottom width of Huro river at Iriso-bridge, Huro-bridge

Point	Basin area (ha)	Stream bottom width (m)
Iriso-bridge	2830	6.8
Huro-bridge	4070	9.5

Table 7 Low level flow of Huro river at Huro-bridge and Iriso-bridge

Huro-bridge													
Fiscal year \ Month	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	Low level flow
53	0.35	0.37	1.63	4.45	0.45	1.64	0.47	0.33	0.29	0.38	0.37	0.43	0.37
54	0.46	1	0.76	0.72	0.47	0.38	1.6	2.6	1.7	0.87	0.34	0.71	0.47
55	0.57	0.61	0.69	0.71	0.87	0.72	0.69	0.96	0.83	0.51	0.46	0.3	0.57
56	0.51	1.8	0.72	0.89	0.55	0.65	1	1.2	0.71	0.33	0.39	0.4	0.51
57	0.45	0.48	0.5	0.99	1.8	3.9	4	1.8	0.46	0.35	0.36	0.44	0.45
58	0.51	0.6	0.76	1.4	0.44	1.5	1.7	1.1	0.41	0.47	0.38	0.51	0.47
59	0.66	0.45	0.65	0.59	0.71	0.7	0.54	0.53	0.61	0.73	0.71	0.88	0.59
60	1.23	1.11	0.95	2.85	1.87	0.75	0.92	0.75	0.78	0.75	0.81	0.71	0.75
61	0.5	0.99	0.85	1.69	2.43	2.1	1.44	0.92	0.44	0.52	0.45	0.69	0.52
62	0.64	0.43	0.28	0.43	0.16	0.48	1.24	0.82	0.75	0.45	0.4	0.33	0.4
Av.													0.51

Iriso-bridge													
Fiscal year \ Month	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	Low level flow
53													
54													
55													
56													
57	0.29	0.3	0.34	0.35	1.3	1.9	1.9	0.93	0.61	0.36	0.41	0.34	0.34
58		0.29			0.42			0.69			0.21		0.29
59		0.39		0.38		0.36		0.44		0.3		0.5	0.36
60		0.76		1.8		0.58		0.59		0.28		0.37	0.37
61		0.56		1.19		1.28		0.59		0.34		0.27	0.34
62		0.3		0.28				0.94		0.45		0.41	0.3
Av.													0.33

* Flow data is obtained from reference paper 9).

以上によれば、大岡川の向坂橋、日野橋地点で、固有流量により水量の環境基準が満たされることはない。さらに、徹底して降水を貯留するなどの対策を講じたとしても、自流域の降水のみでは水量の環境基準が満たせるまで流況を改善することはできない。

3.2 不老川（埼玉県）の例

不老川入曽橋、不老橋地点において、水環境の分析を行った。

両地点の流域面積と水路底幅を測定した結果を Table 6 に示す。大岡川に比べて流域面積が 8～9 倍大きいことが分かる。これに基づいて、2 章の手法で固有流量、極限開発流量、水量の環境基準値を求めた。

また不老橋地点の昭和55年度現在の「下水道整備区域内排水量」は次のとおりである。

上流人口145.3千人×日平均排水量原単位228(1/人・日)+工場排水量17,870(m³/日)=50,940(m³/日)=0.59(m³・s⁻¹)

これから流域面積比で入曽橋地点の数値を求めると、 $0.59 \times (2830 \div 4070) = 0.41 (\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$ となる。

不老川の流域の農地は畑作地帯で、農業排水量はほとんどない。また両地点とも昭和55年度現在下水道未整備区域であるので、この下水道整備区域内排水量をもって現状のその他排水量の推計値とした。

将来下水道が整備されると、下水道整備区域内排水量はほとんど下水道に収容されるので、将来のその他排水量の推定値はゼロであるとした。

両地点とも処理場が上流にないため、現状の処理場系排水量はゼロである。また不老川は極度に水質の悪化している川であり現状の用水取水量はゼロである。本論文では、将来ともこの状況は続くものと想定する。

昭和51年～昭和62年の公共用水域水質測定結果にある月毎データ⁹⁾から75%流量値を求め、実測流量欄の低水流量とみなしている (Table 7)。ただし入曽橋では6年分のデータしかなく、また年間5～6回の測定値しかないが、各年度の75%値を平均して求めた値をもって低水流量とみなした。10カ年第1位渇水流量については、月毎データから求めるのは無理であるので、不明とした。

結果は Table 8 に示す。これから以下の水環境の評価が行える。

(1) 実測流量(G)の値より X の値が大きい。このことは、不老川の流域では降水が地下に浸透していることを示している。浸透量 Z を推算すると (Table 8)、入曽橋で $0.4 (\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$ 弱、不老橋で $0.5 (\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$ 弱である。

また、Eq. (7)により修正後の固有流量を求めた値が Table 8 に示されている。修正後の固有流量は低

水時ではマイナスとなっているが、これが各数値の誤差によるものか、排水も地下浸透しているためであるか判別は困難である。

(2) この修正後の固有流量を基にして、将来の実測流量推定値 Y の値を算定したのも Table 8 に示した。数値はマイナスとなっているが、将来の実測流量の推定値であるのでゼロとした。不老川については、都市化以前には、冬の渇水期には水枯れしていたという言い伝えがあり、本論文もこれを確認する結果を示した。

都市域からの排水がなくなる将来時点では、低水時には流量がほとんどなくなるようである。

(3) G 欄の値と A 欄の値を比べれば分かるように、不老川においては、昭和55年度現在、水量の環境基準は概ね満たされているが、これは下水道に収容されない生活雑排水など、その他排水量 (E 欄) が大量にあるからである。

(4) 極限開発流量 (C) は A の 3 倍程度あるので、不老川の場合には、自流域の降水のみで対策を行うことは可能である。これは不老川の流域面積が大きいためであろう。

(5) 降水浸透量 (Z) の値は水量の環境基準値 (A) よりも大きい。

将来下水道に生活雑排水が収容されると不老川の両地点の低水流量はほとんどなくなるようだが、流域面積が比較的大きいので、例えば降水を貯留して均等排出するなどの対策により流量の環境基準を満たすようにすることは可能である。

また地下浸透量も大きいようであり、これを汲み出すことにより、流況の改善を図ることも可能性がある。

3.3 結果の評価

大岡川の場合のように流域面積が小さい都市河川の場合、固有流量により水量の環境基準が満たされることはない。さらに、徹底した降水貯留と均等排出などの対策を講じたとしても、自流域の降水のみでは水量の環境基準が満たされるまで流況を改善することはできない。この場合には、虫明他²⁾の言うように降水の貯留などにより維持流量の増加と景観の向上を図ることは無理である。

一方不老川の場合にも、やはり固有流量で水量の環境基準が満たされることはない。しかし不老川の場合には、降水の貯留と均等排出、あるいは地下浸透した地下水の汲み出しにより流況の改善が図れる可能性がある。これは、不老川の両地点の流域面積が、大岡川の両地点の流域面積に比べて 8～9 倍大きいためである (Table 3, 6 参照)。

しかし不老川の場合にも、これだけの降水の貯留を

Table 8 Evaluation of environment concerning flow of Huro river at Iriso-bridge and Huro-bridge

Category of flows		Symbol	The value of flow ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)		Amended flow value ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	
			Iriso	Huro	Iriso	Huro
Environmental standard of flow (ESOF)		A	0.340	0.475		
Flow without the man-made effects (FWMMF)	Droughty level	B_1	0.127	0.183	unknown	unknown
	Low level	B_2	0.283	0.407	-0.080	-0.080
Equalized flow of whole rainfall in basin (EFWRB)		C	1.098	1.579		
Effluent from sewage treatment plants (ESTP)	Current	D_N	0	0		
	Prospect	D_F	0	0		
Other effluents (EF)	Current	E_N	0.410	0.590		
	Prospect	E_F	0	0		
Intaked water volume in the upstream (IWVU)	Current	F_N	0	0		
	Prospect	F_F	0	0		
Observed flow (OF)	Droughty level	G_1	unknown	unknown		
	Low level	G_2	0.330	0.510		
$X = B + D_N + E_N - F_N$	Droughty level	X_1	0.537	0.773		
	Low level	X_2	0.693	0.997		
Prospect OF estimation $Y = B + D_F + E_F - F_F$	Droughty level	Y_1	-	-	unknown	unknown
	Low level	Y_2	-	-	-0.080→0	-0.080→0
Rainfall infiltration in basin $Z = X - G$	Droughty level	Z_1	unknown	unknown		
	Low level	Z_2	0.363	0.487		

行うのは、膨大な貯水池面積と施設が必要となり、実際上は実行が困難であろう。

また、地下に浸透する水を川の流水として汲み出すのは、他流域での深層地下水の枯渇をもたらす恐れがある。

従って不老川の場合にも、降水貯留と均等排出、あるいは地下水の汲み出しによって河川の維持流量の増加と景観の向上を図る場合には、こうした点の検討が必要とされる。

4. 自流域の降水だけで対応できない場合の対処方法

固有流量、あるいは流域降水の貯留などでは対応できない場合には、次の二つの対処方法がある。

- (1) 下水処理水の送水や他流域からの導水、あるいは他流域から涵養されている深層地下水の取水など、自流域外から引水して流水量の増補を図る。あるいは、中西¹⁾の言うように、個人下水道を増やして排水量を増大し、流量の確保を図る。
- (2) 水量の枯渇感をもたらす原因として見落とされて

きているのが、水路底幅の拡大と河道の直線化である。2.1.3節に示すように、水路底幅が拡大すると水量の環境基準値も大きくせざるをえない。また、河道を直線化すると、流速が速まって、同一流量なら水深が小さくなり、必要な水深を確保しようとする、水量を大きくせざるをえなくなる。従って、河川形状を変えて、流量が少なくても水面積としては大きく見えるようにすることも、有力な対処方法となる。たとえば、池の連続した形態にすることがあげられる。落差工を設けて流水を階段状に流すことも考えられる。

このどちらかの方策をとることになるが、(2)の方法は、排水が入らないので良好な水質を確保でき、またポンプ揚水がない方法であるので、特に都市内中小河川の上流部で有効な方法である、と考える。

5. ま と め

本論文は都市内中小河川における水量面からみた水環境問題について、総合的な検討を行い、さらにとりうる改善方策について考察することを目的として作られたものである。

まず、景観および生態系の観点から求められる水量の環境基準と、固有流量や極限開発流量あるいは実測流量のような関連する他の各種の流量項目を比較評価することにより、こうした総合的な検討を行う枠組みを提示した。

次に東京郊外の都市河川である大岡川、不老川を例にとってこの手法を適用し、実地に水環境の評価を行った。この結果、理由は異なるが、両河川とも固有流量により水量の環境基準が満たされることはないことが分かった。

また大岡川の場合には、徹底して降水貯留を行い均等排出させたとしても、自流域の降水のみでは、水量の環境基準が満たされるまで流況を改善することはできないことが分かった。

このような場合に、豊かな水量環境を創出する方策としては、

- (1) 下水処理水の送水や他流域からの導水、あるいは他流域から涵養されている深層地下水の取水など、自流域外から引水してくるにより流量を増補しようとする方法、
- (2) 川の形状を変えて、例えば「池の連続形態」や「落差工を用いた階段状河川」にして、流量は少なくとも十分な水面があるようにする方法、

の2つの方法がある。

従来(1)の方法については、港北ニュータウンや玉川

上水等で実施例があり、また随所で検討されている。

しかし(2)の方法も、降水しか用いないので衛生上の問題が少なく、ポンプ揚水がないなどのメリットがあるので、今後検討する必要がある。特に水に触れる親水利用が望まれ、ポンプ揚水費が嵩むことが懸念される都市内中小河川上流部で有効な方法であると考えられる。

ただし(2)の方法は水を停滞させる方法であるので、池の定期的な清掃や水の循環に努め、富栄養化を抑える工夫が必要とされる。

また川の形状を変える前提として、洪水流量を排除する地下河川や下水道の雨水管渠の設置が必要となることもあると料する。

(原稿受付 1994年9月19日)

(原稿受理 1995年2月21日)

参考：用語と各表中で用いた英文対訳

水量の環境基準値；	Environmental standard of flow (ESOF)
固有流量；	Flow without the man-made effects (FWMMF)
極限開発流量；	Equalized flow of whole rainfall in basin (EFWRB)
処理場系排水量；	Effluent from sewage treatment plants (ESTP)
その他排水量；	Other effluents (EF)
用水取水量；	Intaked water volume in the upstream (IWVU)
実測流量；	Observed flow (OF)
水路底幅；	Stream bottom width
水 幅；	Stream water width

引 用 文 献

- 1) 中西準子(1994)水の環境戦略, P.74, 岩波書店, 東京.
- 2) 虫明功臣, 石崎勝義, 吉野文雄, 山口高志編著(1987)水環境の保全と再生, pp.176-177, 山海堂, 東京.
- 3) 建設省河川局監修, (株)日本河川協会編(1993)改訂建設省河川砂防技術基準(案), 山海堂, 東京.
- 4) 建設省河川局河川環境対策室(1992)正常流量検討の手引き(案), 第5回水環境浄化目標像研究委員会資料, 東京.
- 5) 水谷潤太郎(1992)景観の視点から見た都市内水路の水幅について, 下水道協会誌, 29(337).
- 6) 建設省関東地方建設局, 東京都建設局河川部(1974)都市河川環境整備計画調査報告書, 東京.
- 7) 建設省河川局編(昭和50~60年度)流量年表, (株)日本河川協会, 東京.
- 8) 国土庁長官官房水資源部編(1992)平成4年版日本の水資源—その開発・保全と活用の現状, 水資源白書, 大蔵省印刷局, 東京.
- 9) 埼玉県環境部(昭和48~62年度)埼玉県主要河川水質調査報告書.