白子川流域の水路跡と管理用通路及び

隣接する土地を活用した雨水流出抑制による治水効果の試算

A TEST CALCULATION OF FLOOD CONTROL EFFECT BY THE OUTFLOW CONTROL
OF RAINWATER FROM WATERWAY TRAILS, RIVER MAINTENANCE PASSAGES
AND ADJOINING LANDS IN THE SHIRAKO RIVER BASIN

市川 尚紀*, 中込 英樹**, 鈴木 信宏***

Takanori ICHIKAWA, Hideki NAKAGOME and Nobuhiro SUZUKI

Collecting rainwater in a river basin and slow flowing out can prevent urban river flood and create a pleasant walkway along a stream. We surveyed the location and area of waterway trails, river maintenance passages, and adjoining public and private open lands for rainwater in the Shirako River Basin. And we did a test calculation of flood control effect by outflow control of rainwater and measured collecting amount of rainwater and section sizes of the waterways.

We also examined that the waterway can be a daily walkway along a rainwater stream. In heavy rain, the waterway is made such as to become a wider and deeper stream which controls river flood. In addition we examined that the present river which was constructed for a 30mm/h rain fall has enough section size for 50mm/h rain fall because of the controlling devices for outflow rainwater at the adjoining open lands, waterway trails and river maintenance passages.

Keywords : river basin, rainwater, waterway trail, river maintenance passage, adjoining land, control of outflow

流域、雨水、水路跡、管理用通路、隣接土地、流出抑制

1. 序

1.1 はじめに

対象とした白子川は、練馬区東大泉の大泉井頭公園付近の湧水を起点とし、和光市と板橋区を流れ新河岸川に合流する一級河川である。その全長は約10km、流域面積は約25k m²である。かつての白子川流域にあった多くの水田や用水路は都市化とともに宅地化され、流域に降った雨水は地面に浸透せずに川へ一気に流出する都市洪水が起きるようになった。そして、支流は枯渇し用水路は不要となって、蓋がかけられたり埋め立てられて水路跡^{#1}となった(写真1と2)。このような水路跡がある川近傍の低地は地下水が高く、雨水を浸透させるよりも貯留の方が適している。また、水路跡の延長は非常に長く、自然な地形に沿っており、大規模な造成を施さ

写真1 支流跡と白子川

写真2 練馬区大泉地区の用水路跡

なくても、雨水を川までゆっくりと流すことができると思われる。さらに、水路跡は流域住民の生活道路としても使われているため、川沿いの管理用通路^{#2}と一体に活用すれば、回遊性のあるせせらぎ散歩道ができると考えた。

1.2 視点と目的

既報¹では、白子川流域の水路跡の位置と幅、延長、それに隣接するオープンスペースの位置と数を文献とフィールドワークによって把握した。その結果、水路跡のせせらぎ散歩道の資質を確認する際に、治水、利水、親水、生態育成、環境教育といった効果に着目することが重要であるとした。しかし、隣接土地を含めた大雨に対する雨水流出抑制能力や、水路に流れる雨水の流量は算定していない。

そこで、流域に降った雨水をその場に一旦溜めて、水路跡にゆっくりと流すことで、川へ雨水を一気に流出することを抑制しながら雨水と親しむことができる治水効果に着目し、次を目的とした。

- ①流域の水路跡と管理用通路、及び雨水を溜めることができる隣接土地の位置と数、面積を把握すること。
- ②水路跡と管理用通路に隣接する公私土地に雨水を溜めて、川への流出を抑制することによる治水効果を試算すること。
- ③公的土地に溜めた雨水を流す水路を、大雨時には調整水

* 東京理科大学工学部建築学科 補手

** 東日本旅客鉄道㈱ 修士(工学)

*** 東京理科大学工学部建築学科 教授・工博

Research Assistant, Dept. of Arch., Faculty of Engineering, Tokyo University of Science

East Japan Railway Company, Master of Architecture

Prof., Dept. of Arch., Faculty of Engineering, Tokyo University of Science, Dr. Eng.

路、平常時にはせせらぎ水路にするための、水路断面の大きさを算定し、その水路に雨水が流れる日数を試算すること。

1.3 位置付け

野中ら²は、流域を直接流出域か地下水流出域に区別し、北川ら³は田畑か森林、市街地といった土地利用で区別して流出抑制施設による治水効果を試算している。賈ら⁴は大規模な単一の防災調節池による治水効果を試算している。いずれも流域に点在する学校や公園といった土地用途別に流出抑制施設を設けることは想定していない。また、大澤ら⁵、鶴田ら⁶は、愛知県新川流域における宅地開発指導要綱等による流出抑制施設の設置状況を把握し、小規模な開発や既存敷地に対する制度の必要性を指摘している。

水空間の持つ親水効果を把握した研究には、村川ら⁷の都市親水施設が周辺環境に及ぼす影響を把握したものや、畔柳ら⁸、渡辺ら⁹の都市部の水辺空間の利用者の行動特性を把握したもの、紀谷ら¹⁰、小瀬ら¹¹の団地などの人工水景施設が人間の行動へ及ぼす影響を把握したもの、上山ら¹²の、都内親水公園の利用実態と住民の評価を把握したもの等がある。しかし、いずれも河川や上水の空間を対象としており、雨水空間は扱っていない。

都市洪水に対しては行政の様々な取り組みが見られる。1980年に、河川だけでなく流域で雨水を貯留したり、浸透させて流出を抑制する総合治水という考えが示されたが、流域の大部分を占める建築敷地には河川法が適用されない。また、流出抑制施設の設置に対する自治体の助成金制度があるが、施設の設置を義務付けるものではない。宅地開発要綱で流出抑制施設の設置を指導する自治体もあるが、大規模な開発行為に対するもので、既存の敷地や小規模な開発行為には適用されない。このように、現在の法律や要綱では、建築敷地での雨水流出抑制施設による治水効果を河川改修計画に反映できない。1995年には河川法で「河川立体区域制度」が設けられ、放水路や調節池などの河川管理施設を、河川以外の土地の下部等に設けることができるようになった。そして、白子川流域には、既設の比丘尼橋上流調節池(3.4万m³)に加えて、この制度によって75mm/hの雨量に対処するための比丘尼橋下流地下調節池(21.2万m³)が設けられた。さらに、東京都は白子川も含めた都内の46本の河川を、降雨強度^{注3}50mm/hに対応させるために河川改修を進めている。本論では、このような河川区域だけで洪水対策を行なう治水効果に対して、雨が降った建築敷地で雨水の流出を抑制することが、どのくらいの治水効果を期待できるのかを試算する。

2. 水路跡と管理用通路、隣接土地の位置、数、延長、面積

2.1 雨水調整区域と涵養域の設定

川近傍の低地は標高が低く、雨水を浸透させるよりも溜めることが適しているため、水路跡と管理用通路、及びそれらに隣接する公私土地を「雨水調整区域」、その他の区域を、雨水を浸透させて地下水の涵養の推進を図る「涵養域」とした(図1)。公的土地は、雨水を貯留するための広い外部空間を持っている学校と公園、公用緑地、公共集合住宅、神社・寺

とした。私的土地は学校、公共集合住宅、神社・寺以外の宅地と生産緑地とした(表1)。

図1 雨水調整区域と涵養域

2.2 現状調査の項目と方法

水路跡と管理用通路、公私土地の調査概要を表1に示す。なお、水路跡は既報¹の調査結果に西東京市の水路跡を加えた。

2.3 調査結果

水路跡と管理用通路、隣接土地の位置と数、延長、面積を算定した(表2、3と図2)。その概要は次のとおりである。

水路跡は合計387本、総延長は約35kmであった。この内、水路の形態を残さず、面積や延長の算定が不可能なものを除いた362本(約34km)を、以降で扱う試算の対象とした。この内、開渠は約1kmで、残りの約33kmは埋め立てられたり暗渠となっていた。また、歩専道は約13km、車道は約20kmで、歩道の約9割と車道の約2割は4mに満たない道であった。

管理用通路は合計131本で、白子川兩岸の延長の約7割(約14km)に通路があり、この約6割(約8km)は歩専道であった。また、通路の約6割(約9km)は4mに満たない通路であった。

なお、雨水調整区域は431万m²で、その内公的土地は約59万m²、私的土地は約243万m²となった。

表1 調査概要

調査項目		方法
A水路跡	1 位置・幅・延長	文献13, 14, 15, 16
	2 開渠・暗渠・埋め戻し	フィールドワーク(2003.8)
	3 歩専道・車道	フィールドワーク(2003.8)
B管理用通路		
		4 位置・幅・延長
		5 歩専道・車道
C隣接土地	α. 学校・幼稚園・保育園 小学校、中学校、高校	6 位置・面積
	β. 公園・都市公園法と 児童福祉法上の公園	7 位置・面積
	γ. 公用緑地・私有公用緑地と 公有公用緑地	8 位置・面積
	δ. 公共集合住宅	9 位置・面積
	ε. 神社・寺	10 位置・面積
	ζ. 宅地(住宅敷地とその他)	11 位置・面積
	η. 生産緑地	12 位置・面積

A. 水路跡幅は現在の道幅とし、算定の際には、開渠・暗渠・埋戻しと歩・車道の変化する所、水路跡幅よりも広い道が横切る所で水路跡を区分して数と延長を算定した。また、暗渠とは河道幅員を覆蓋化したもので、埋め戻しとは河道幅員を埋め立てたものとした。
B. 管理用通路は川辺の既存の通路をすべて調査対象とし、橋間を1本として算定した。
C. 私有公用緑地とは、税制上の優遇措置を受けて市民に開放されている民有の緑地とした。また私的土地の宅地は、学校・神社・寺・公共集合住宅以外の宅地とし、店舗等の宅地もあるが、ここでは流域の大部分を占める住宅敷地とその他の敷地に区別した。

表2 水路跡と管理用通路の数と延長

A. 水路跡				B. 管理用通路		
	数(本)	延長(m)	延長比率(%)	数(本)	延長(m)	延長比率(%)
開渠	8	1,030	3			
歩専道	0<W<4m	140	11,896	34	71	7,469
	4≤W	16	1,454	4	5	460
車道	0<W<4m	48	3,862	11	13	1,556
	4≤W	150	15,666	44	42	4,811
形態不明	25	1,336	4			
合計	387	35,243	100	131	14,296	100

図2 水路跡・管理用通路・公的土の配置とせせらぎ水系

表3 水路跡と管理用通路、隣接土地の数と面積

土地用途		雨水調整区域			涵養域			流域			
		数	面積 (万㎡)	面積比	数	面積 (万㎡)	面積比	数	面積 (万㎡)	面積比	
A 水路跡		362	17	4.0%	0	0	0.0%	362	17	0.7%	
B 管理用通路		131	4	1.0%	0	0	0.0%	131	4	0.2%	
C 公的 土地 （ 農 用 土 地 ）	α 学校										
	1. 幼稚園	18	4	0.9%	24	6	0.3%	42	10	0.4%	
	2. 小学校	10	13	3.0%	24	40	1.9%	34	53	2.1%	
	3. 中学校	4	8	1.8%	7	14	0.7%	11	22	0.9%	
	4. 高校	0	0	0.0%	8	18	0.9%	8	18	0.7%	
	β 公園										
	1. 児童遊園	22	2	0.5%	47	5	0.2%	69	7	0.3%	
	2. 都市公園	34	10	2.2%	82	71	3.4%	116	80	3.2%	
	γ 緑地										
	1. 公有公用緑地	7	3	0.6%	29	5	0.2%	36	8	0.3%	
	2. 私有公用緑地	9	1	0.3%	10	7	0.3%	19	9	0.3%	
	δ 公共集合住宅	18	11	2.5%	50	30	1.5%	68	41	1.7%	
	ε 神社・寺	5	7	1.6%	34	12	0.6%	39	19	0.8%	
	ζ 宅地		213	49.4%		1,022	49.4%		1,235	49.4%	
私的 土地	[住宅敷地]		[161.8]			[619.4]			[781.2]		
	[その他]		[51.3]			[402.3]			[453.6]		
	η 生産緑地			30	7.0%		186	9.0%		216	8.6%
	その他（水面・道路・駐車場等）			108	25.0%		654	31.6%		762	30.5%
合計			431	100.0%		2,069	100.0%		2,500	100.0%	

3. 雨水流出抑制による治水効果の試算

水路跡と管理用通路に隣接する土地で雨水を貯留することが、どのくらいの治水効果をもたらすのかを、次のように試算した(図3)。まず、雨水を貯留・浸透させた時の流出係数を土地用途別に設定して、流域の平均流出係数を求め、その時の川へ流れ込む雨量を求めた。次に、流出係数を河川の計画に用いられる河川砂防技術基準²³で指定されている密集市街地の平均流出係数の0.9とした場合の、大雨時に必要な洪水調節容量を算定し、水路跡と管理用通路、それらに隣接する公私土地に貯留可能な量と比較した。なお、大雨とは降雨強度50mm/hとした。

3.1 土地用途別流出係数の設定と流域の平均流出係数

各土地に対する雨水流出係数を次のように設定した。緑地と水路跡と管理用通路は、下水道計画で用いられる工種別基礎流出係数²⁴より各々0.3と0.9とした。学校、公園、神社・寺、住宅敷地の流出係数は、河川砂防技術基準で示されている地域が開発される前の0.6とした(表4)。

そして、2章で把握した流域の水路跡と管理用通路、公私土地の面積と、設定した流出係数を式1に代入して流域全体の平均流出係数を算定した結果、約0.736となった。式2より、流出係数0.9のときの流域から流出するピーク流量は312.5m³、流出係数0.736のときは255.6m³である。白子川の下流許容放流量は式3より292.63m³であるため、平均流出係数0.736として河川の計画を行えば、現在の白子川でも50mm/hに対応していることになる。すなわち、都市計画法や条例で土地の用途に応じて流出係数を定めることで、大規模な流出抑制施設を新たに設けなくてもよいことがわかる。

図3 治水効果の試算模式図

表4 土地用途別の流出係数

土地用途		流出係数	土地用途		流出係数	
A 水路跡	B 管理用通路	0.9	緑地	公有公用緑地	0.3	
		0.9		公有公用緑地	0.3	
C 公的用地	小学校	1幼稚園・保育園	0.6	C 公的用地	公共集合住宅	0.6
		2小学校	0.6		神社・寺	0.6
		3中学校	0.6		住宅敷地	0.6
		4高校	0.6		その他	0.9
	公園	1児童遊園	0.6	D 私的用地	生産緑地	0.3
		2都市公園	0.6		その他	0.9

平均流出係数の算定式

$$f = \sum P_i \times f_i \quad \begin{array}{l} f: \text{平均流出係数} \\ f_i: \text{土地用途別流出係数} \\ P_i: \text{土地用途別面積比率} \end{array} \quad \dots\dots (式1)$$

合理式

$$Q = \frac{1}{360} \times f \times r \times A \quad \begin{array}{l} Q: \text{ピーク容量 (m}^3/\text{s)} \\ f: \text{流出係数} \\ A: \text{集水面積 (万m}^2\text{)} \\ r: \text{tc 内の平均降雨強度 (mm/h)} \\ tc: \text{洪水到達時間 (分)} \end{array} \quad \dots\dots (式2)$$

下流許容放流量 (Qc) の算定式

$$Q_c = A_i \times v \quad \text{マンニングの式} \quad v = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}} \quad \dots\dots (式3)$$

A_i : 流水断面 (m²) v : 流速 (m/s)
 n : 粗度係数 (ここでは三面張り護岸の $n=0.025$ を用いた)
 R : 径深 (m) $R=A_i/P$ I : 水路勾配 (白子川は 1/250)
 P : 潤辺 (m) $P=b+2H$ (白子川の b (水路幅) 10.2m, H (水路高さ) 5.82m を用いた)

3.2 大雨 (50mm/h) に対する必要洪水調節容量

雨が降ったその場で、雨水の流出を抑制できなくても、近くの公的土地に溜めることで治水効果を期待できる。そこで、大雨時に洪水を調節するために必要な容量を算定した。算定には、大規模宅地開発時の調節池技術基準²⁵の式3～6を用いた。その結果、平均流出係数を0.9とした場合の必要洪水調節容量は約61万m³となった。

必要洪水調節容量の算定式

$$V = (r_i - \frac{r_c}{2}) \cdot 60 \cdot t_i \cdot f \cdot A \cdot \frac{1}{360} \quad \dots\dots (式4)$$

V : 必要調節容量 (m³) t_i : 降雨継続時間 (分)
 f : 流出係数 A : 集水面積 (万m²)
 r_i : 降雨強度 (mm/h) r_c : 調整池下流の流過能力の値に対する降雨強度 (mm/h)

東京都の50mm/hの降雨強度式

$$r_i = \frac{1610}{(t_i + 10.27)^{\frac{3}{4}}} \quad t_i: \text{降雨継続時間 (分)} \quad \dots\dots (式5)$$

調整池下流の流過能力の値に対する降雨強度 (rc)

$$r_c = \frac{360 \cdot Q_c}{f \cdot A} \quad Q_c: \text{下流許容放流量 (m}^3/\text{s)} \quad \dots\dots (式6)$$

3.3 雨水調整区域の可能貯留量

雨水調整区域の公私土地に雨水を貯留できる容量を次のように算定した。まず、公的土地に設ける貯留施設の敷地に対する面積率と貯留限界水深を流域貯留施設設計指針²⁶の基準を用いて設定した(表5)。なお、緑地は雨水の保水能力が

表5 公私土地の敷地に対する貯留可能面積率と貯留限界水深と可能貯留量

土地用途		貯留場所	貯留可能面積率 (貯留可能面積÷敷地面積)	貯留限界水深 (m)	集水面積 (m ²)	貯留面積 (m ²)	可能貯留量 (m ³)
C 公的土地	1. 幼稚園・保育園	屋外運動場	39%	0.2	39,962	15,585	3,117
	2. 小学校		39%	0.3	131,039	51,105	15,332
	3. 中学校		42%	0.3	78,930	33,151	9,945
	4. 高校		31%	0.3	0	0	0
C 公的土地	1. 児童遊園	築山等を除く広場	60%	0.2	20,728	12,437	2,487
	2. 都市公園	運動施設用地広場等	40%	0.3	98,607	39,443	11,833
	3. 公共集合住宅	棟間緑地	37%	0.3	108,990	40,326	12,098
	4. 神社・寺		40%	0.3	27,637	11,055	3,316
		公的土地合計					58,128
C 私的土地	住宅敷地	一戸当たり1m ³ の貯留施設を設置 雨水調整区域にある住宅は10,013戸					10,013
		公私土地合計					68,141

幼稚園と保育園、児童遊園の貯留限界水深は、幼児用プールの設計目安とされている0.2mとし、中学校の貯留限界水深は校庭、公園は0.3mとした。

あるため、貯留施設を設ける想定はしなかった。また、住宅敷地についての指針はないため、雨水利用を目的とした1m³の貯留槽等を設置することを想定した。そして、雨水調整区域の公私土地の可能貯留量を算定した(表5)。その結果、雨水調整区域の公的土地では約5.8万m³、私的土地では約1万m³の雨水を貯留可能であることがわかった。

3.4 洪水必要調節容量と可能貯留量の比較

公私土地の可能貯留量を合計した約6.8万m³は、白子川比丘尼橋上流調節池(3.4万m³)の約2倍に相当する。また、流出係数を0.9としたときの必要洪水調節容量約61万m³から、公私土地の可能貯留量6.8万m³を引いた54.2万m³が、白子川に求められる容量である。白子川の延長を10km、幅10.2mとすると、その深さは5.3mでよいことになる。現在の白子川の深さは平均5.82mであるから、流域の平均流出係数を0.9としても、雨水調整区域に雨水貯留施設を設ければ、50mm/hに対応することが可能になる。

4. 調整水路とせせらぎ水路の断面検討

水路跡に設ける水路を、大雨時には「調整水路」、平常降雨後には「せせらぎ水路」にするために、必要な水路断面を次のように検討した。

まず、水路跡と隣接する公的土地のまとまりをせせらぎ水系として設定した。ここでは、水路跡に流す水質の保障ができる公有の学校、公園、公共集合住宅に溜めた雨水を水源にすることを想定した。次に、大雨時に公的土地に降った雨水がその貯留施設へ流れ込む雨水の最大流入量(a)を求めた。また、公的土地から水路跡へ雨水を流す放流孔の大きさを算定して、その放流孔から水路跡へ流れ出る最大放流量(b)を算定した。この最大放流量(b)と水路跡に降る最大雨量(c)の和を、大雨時に水路跡に流れる最大雨量(d)とした(図4)。そして、この雨水を流すことができる調整水路の断面と、平常降雨後に雨水を流すせせらぎ水路断面の大きさを算定した。

図4 水路跡に流れる最大雨量の算定模式図

4.1 せせらぎ水系の設定

通学区域に雨水調整区域を含む27の小学校を対象に、各小学校が指定している通学路を聞き取り(2003年12月)によって把握した。聞き取りの対象は、西東京市と練馬区、和光市は各自自治体の教育委員会、板橋区は各小学校とした。その結果、水路跡を指定通学路としている小学校は19校あった。それらの小学校を基点とした11のまとまりを「せせらぎ水系」とした(図2)。なお、基点とした小学校以外の公的土地には、雨水調整区域内の近接している土地も含めた。そして、各水系の延長、面積、勾配と公的土地の数を算定した(表6)。

表6 せせらぎ水系の構成

水系	A. 水路跡						C. 公的土地									
	最大延長 (m)	水路跡平均幅員 (m)	面積 (㎡)	勾配	歩道・車道 比率(%)			α. 学校			β. 公園		δ. 公共 集住宅(ヶ所)			
					歩道	車道	その他	1. 幼稚園 保育園(校)	2. 小学校 (校)	3. 中学校 (校)	1. 児童 遊園(ヶ所)	2. 都市 公園(ヶ所)				
1	4,487	4.8	33,740	0.003	58	40	2	4	6	2	6	7	6			
2	2,802	3.3	13,248	0.004	69	26	5	3	4		2	7	2			
3	380	7.4	2,798	0.013	0	100	0		1	1						
4	323	4.2	1,352	0.006	7	49	44		1			2				
5	98	5.3	518	0.082	0	100	0		1							
6	649	6.9	8,754	0.002	0	99	1		1	1		1				
7	447	5.0	2,246	0.004	18	82	0	1	1							
8	937	2.5	2,379	0.018	74	20	6		1			2	2			
9	315	3.9	1,215	0.064	34	62	4		1							
10	951	4.5	4,375	0.025	61	36	3		1	1	1	1				
11	199	13.2	2,624	0.005	0	100	0	1	1			1	1			
計			73,249					9	19	5	9	21	11			

4.2 公的土地の貯留施設への最大流入量(a)

各公的土地の平均面積を算定し、降雨継続時間と降雨強度の関係を示す計画降雨波形を式4より作成した。その際、中央集中型降雨波形を用いた。降雨継続時間は24時間とし、洪水到達時間は、河川の設計に用いる流域の面積に比べ公的土地の面積が極めて小さいため10分とした。そして、降雨時間毎に各公的土地に降る雨量を式2によって求め、流入ハイドログラフを作成し(図5)、公的土地用途別にその貯留施設へ流れ込む雨水の最大流入量(a)を算定した(表7)。

図5 幼稚園・保育園の流入ハイドログラフ

表7 公的土地への最大流入量(a) (m³/s)

C. 公的土地		最大流入量(a)
α 学校	1. 幼稚園・保育園	0.0020
	2. 小学校	0.3319
	3. 中学校	0.4997
β 公園	1. 児童遊園	0.0239
	2. 都市公園	0.1757
δ 公共集住宅		0.0734

4.3 公的土地に設ける放流孔の大きさ

各公的土地の流入ハイドログラフより、その土地の貯留施設に溜まる雨量を降雨時間毎に式7を用いて算定し、その最大貯留量が各貯留施設の可能貯留量を超えない最小の放流孔の大きさを算定した(表8)。なお、各公的土地の貯留施設の四方に幅0.3m×深さ0.3mの側溝を設け、その1ヶ所に放流孔を設置するものとした。

表8 公的土地に設ける放流孔の大きさ

		C. 公的土地					
		α. 学校			β. 公園		δ. 公共 集住宅
		1. 幼稚園 保育園	2. 小学校	3. 中学校	1. 児童遊園	2. 都市公園	
放流孔の 大きさ	幅B (m)	0.04	0.06	0.05	0.01	0.02	0.04
	高さD (m)	0.03	0.04	0.04	0.01	0.02	0.04
	断面積 (㎡)	0.0012	0.0022	0.0020	0.0001	0.0004	0.0014

4.4 放流孔からの最大放流量(b)

(1) 大雨時の公的土地1ヶ所からの最大放流量

降雨時間別に放流孔から流出する雨量を式2によって求め、流出ハイドログラフを作成して各公的土地の1ヶ所からの最大放流量を算定した(図6と表9)。

(2) 平常降雨後の公的土地1ヶ所からの最大放流量

理科年表²⁷によると東京の年間平均降水量は1466.7mmで、平均降雨日数100.6日であるから、平常降雨はこの年間降水量を降雨日数で除した14.7mm/日と仮定し、その降雨量を公的土地に溜めた時の貯留施設の水深を求め、式7より公的土地の放流孔から流れる最大放流量を算定した(表9)。

ある降雨時間における貯留量を求める式

$$\frac{dv}{dt} = I - b \quad V_{(t+\Delta t)} - V_{(t)} = \left(\frac{I_{(t+\Delta t)} + I_{(t)}}{2} - \frac{b_{(t+\Delta t)} + b_{(t)}}{2} \right) \times \Delta t \quad \dots (式7)$$

V: 貯留量 (m³) I: 流入量 (m³/s)
b: 放流孔からの流出量 (= 公的土地から水路跡への放流量) (m³/s)
Δt: 計算時間ビッチ (sec) (ここでは洪水到達時間tcを用いた)
t, t+Δt: 計算時刻

$$\textcircled{1} \quad H \leq 1.2D \quad b = 1.7 \sim 1.8 \times B \times H^3$$

$$\textcircled{2} \quad H \geq 1.8D \quad b = n \times B \times D \times \sqrt{2 \times g \times \left(H - \frac{D}{2} \right)}$$

③ 1.2D < H < 1.8D H = 1.2DのQとH = 1.8DのCの間値
n: 流量係数 (= 0.6) B: 放流孔の幅 (m) D: 放流孔の高さ (m)
H: 貯留水位までの高さ (m) g: 重力の加速度 (= 9.8 m/s²)

図6 幼稚園・保育園の流出ハイドログラフ

表9 水路跡への最大放流量(b) (m³/s)

C. 公的土地		最大放流量(b) (m³/s)	
		大雨時	平常降雨後
α 学校	1. 幼稚園・保育園	0.0022	0.0018
	2. 小学校	0.0044	0.0033
	3. 中学校	0.0040	0.0030
β 公園	1. 児童遊園	0.0002	0.0002
	2. 都市公園	0.0008	0.0006
δ 公共集住宅		0.0028	0.0021

4.5 水路跡に流れる最大雨量(d)

(1) 大雨時に水路跡に流れる最大雨量(d_大)

大雨時に各水系の水路跡に流れる最大雨量(d_大)は、4.4(1)で求めた公的土地1ヶ所からの最大放流量に、各水系を構成する公的土地の数を乗じたものと、各水系の水路跡に降る最大降雨(c)を合計したものととして算定した(表10)。なお、大雨時の水路跡に降る最大雨量(c)は、各水系を構成する水路跡の総面積に応じた流入ハイドログラフを作成して求めた。

表10 水路跡に流れるの最大雨量(d)

水系	大雨時			平常降雨後
	公的土地からの 最大放流量(b) (m³/s)	水路跡に降る 最大雨量(c) (m³/s)	水路跡に流れる 最大雨量(d _大) = b+c (m³/s)	水路跡に流れる 最大雨量(d _平) (m³/s)
1	0.101	0.854	0.955	0.051
2	0.057	0.336	0.393	0.027
3	0.014	0.071	0.084	0.006
4	0.011	0.034	0.045	0.005
5	0.009	0.013	0.023	0.003
6	0.014	0.222	0.236	0.007
7	0.012	0.057	0.069	0.005
8	0.017	0.060	0.077	0.009
9	0.009	0.031	0.040	0.003
10	0.015	0.111	0.126	0.007
11	0.015	0.066	0.082	0.008

(2) 平常降雨後に水路跡へ流れる最大雨量(d_平)

平常降雨後に各水系の水路跡に流れる最大雨量(d_平)は、4.4で求めた公的土地1ヶ所から水路跡への最大放流量に、各水系を構成する公的土地数を乗じたものととして(表10)。

4.6 調整水路とせせらぎ水路の幅と流速

4.5で算定した雨量を、大雨時及び平常降雨後に水路跡に流すための、水路の幅と流速を式3を用いて次のように算定した。なお、水路勾配は各水系の勾配(表6)を用いた。

大雨時の水路幅と流速は、児童・生徒の安全確保のために最大水深を0.3mとして、水路幅と流速、水深を算定した(表11)。平常降雨後の水路幅と流速、水深は、次のように算定した。まず、大雨時の水路幅が0.3m以下の場合、平常時の水路幅と同じとした(水系4、8、9)。大雨時の水路幅が0.3mを超えるものは水路幅を0.3mとして、水深と流速を算定した(水系3、5、6、7、10、11)。しかし、この時の水深が0.2m(幼児用プールの安全設計上の指標)を超えるものは、水深を0.2mとして水路幅を広くした(水系1、2)。

なお、親水行為に適した流速は、文献²⁸によると0.2～0.6(m/s)とされており、この流速に適合する水系は1、2、3、4、6、7、8、10、11の9水系、総延長は約16kmであった。

表11 大雨時の水路断面と流速

水系	大雨時				平常降雨後			
	流量($d_{\text{大}}$) (m^3/s)	水深 (m)	水路幅 (m)	流速 (m/s)	流量($d_{\text{平}}$) (m^3/s)	水深 (m)	水路幅 (m)	流速 (m/s)
1	0.955	0.30	4.50	0.711	0.051	0.20	0.61	0.399
2	0.393	0.30	1.75	0.769	0.027	0.20	0.33	0.417
3	0.084	0.30	0.33	0.858	0.006	0.05	0.30	0.428
4	0.045	0.30	0.28	0.548	0.005	0.06	0.28	0.317
5	0.023	0.30	0.35	2.196	0.003	0.02	0.30	0.646
6	0.236	0.30	1.70	0.479	0.007	0.12	0.30	0.215
7	0.069	0.30	0.42	0.553	0.005	0.07	0.30	0.293
8	0.077	0.30	0.28	0.938	0.009	0.06	0.28	0.542
9	0.040	0.30	0.12	1.141	0.003	0.04	0.12	0.699
10	0.126	0.30	0.35	1.141	0.007	0.05	0.30	0.593
11	0.082	0.30	0.46	0.607	0.008	0.08	0.30	0.330

4.7 せせらぎ散歩道タイプの検討

4.6で算定した調整水路とせせらぎ水路の幅を水路跡幅から引いた残りの道幅を求め、それが歩専道か車道として機能するか否かを検討した(図7)。

タイプア: 水系1は、平常時に必要な水路幅は0.6mであるため、道幅4.2mを確保できる。しかし、多くの公的土地が隣接しているため、その水路に流れる雨量も多く、大雨時に必要な水路幅は4.5mとなり、道幅全体を調整水路とする必要がある。なお、この水系を構成する水路跡は暗渠となっているため、その溝渠を利用することも可能である。

タイプイ: 水系2と10は歩専道の部分が多い。水系2の道幅はもともと狭いが、大雨時でも歩行者の通行幅1.5m以上は確保でき、水系10は、常に道幅4m以上確保できる。よって、いずれも大雨時に水路幅が広がるが、常に歩行者が通れるせせらぎ散歩道とすることが可能と思われる。

タイプウ: 水系3、5、6、7、11は車道の部分が多く、大雨時に水路幅が広がるが、道幅4m以上確保できるため、車の通行幅を確保したせせらぎ散歩道とすることが可能と思われる。

タイプ	ア	イ	ウ	エ	オ
水系	1	2,10	3,5,6,7,11	8	4,9
せせらぎ散歩道の断面					
	4.8m	3.3~13.2m	2.5~4.2m		
道用途	大雨時は水路 平常時は歩専道	歩専道	車道	歩専道	車道

図7 せせらぎ散歩道タイプ

タイプエ: 水系8の平均幅員は2.5mと狭いが、大雨時と平常時共に必要な水路幅は0.3mであるため、歩行者の通行幅を確保したせせらぎ散歩道とすることが可能と思われる。

タイプオ: 水系4、9はは車道の部分が多いが、大雨時と平常時共に必要な水路幅は0.3mである。よって、常に車の通行幅を確保したせせらぎ散歩道とすることが可能と思われる。

したがって、水路跡に設ける水路は、大雨時に雨水を川までゆつくりと流す調整水路としての資質が高いといえる。

5. せせらぎ水路に雨水が流れる日数

水路跡に雨水を日常的に流すことができれば、高い親水効果を望むことが可能と思われる。そこで、4章で検討したせせらぎ水路に、どのくらいの期間雨水を流すことができるかを算定した。

5.1 公的土地から雨水が流れ出る日数

降水量1, 10, 30, 50mm以上/日別に、公的土地に降った雨水が平常降雨後に水路跡に流れ出る湛水日数を式8を用いて算定した(表12)。その湛水日数と降雨日数の和をせせらぎ水路に雨水が流れ出る日数とした。なお、降雨後に雨水が流れる日と降雨日の重複は考慮しないことにし、降雨日数は理科年表²⁷の記録を用いた。算定の結果、降雨日数101日に対し、中学校から流れる日数が一番長く、年間約213日間雨水が流れることがわかった。

湛水時間の算定式

$$T = \frac{2A}{C \times a \times \sqrt{2g}} \times (H_1^{0.5} - H_2^{0.5}) \quad \dots\dots (式8)$$

T: H_1 から H_2 に低下するのに要する日数(秒)
A: 貯留面積(m^2)
C: 放流孔(オリフィス)の流量係数(0.6)
a: 放流孔(オリフィス)の断面積(m^2)
g: 重力の加速度($=9.8 \text{ m/s}^2$)
 H_1 : 放流孔の中心から貯留水位までの水深(m) 中心
 H_2 : 放流孔の中心から利用面までの水深(m) オリフィス(放流孔)

表12 公的土地別にみた雨水が水路跡に流れ出る日数

C 公的土地	降水量 (mm)	降雨日数 (日)	降雨後の 湛水日数 (日)	年間 湛水日数 (日)	水路跡に雨水 が流れる日数 (日)
			①	②	①+②
α 学校	1 幼稚園	1~9	56.3	0.07	4.2
		10~29	31.6	0.28	8.9
		30~49	8	0.55	4.4
		50~	4.7	0.69	3.2
		計	100.6		20.8
	2 小学校	1~9	56.3	0.24	13.7
		10~29	31.6	0.92	29.0
		30~49	8	1.79	14.3
		50~	4.7	2.22	10.4
		計	100.6		67.4
	3 中学校	1~9	56.3	0.40	22.6
		10~29	31.6	1.52	48.1
		30~49	8	2.98	23.8
		50~	4.7	3.70	17.4
		計	100.6		112.0
β 公園	1 児童遊園	1~9	56.3	0.38	21.1
		10~29	31.6	1.44	45.4
		30~49	8	2.84	22.7
		50~	4.7	3.54	16.7
		計	100.6		105.8
	2 都市公園	1~9	56.3	0.29	16.3
		10~29	31.6	1.10	34.7
		30~49	8	2.15	17.2
		50~	4.7	2.67	12.6
		計	100.6		80.8
δ 公共集合住宅		1~9	56.3	0.20	11.3
		10~29	31.6	0.76	23.9
		30~49	8	1.47	11.7
		50~	4.7	1.69	8.0
		計	100.6		54.9

5.2 せせらぎ水系に雨水が流れる日数

公的土地から流れる最大の日数を、各水系に雨水が流れる日数とすると、最も雨水が流れる日数が長い水系は、中学校を含む水系1、3、6、10の4水系であり、年間降雨日数の約2倍である。全水系には小学校が隣接しているため、少なくとも168日間は雨水がせせらぎ水路に流れることが予測できる。したがって、水路跡に設ける水路は、治水だけでなく日常的に雨水に親しむことができるせせらぎ水路としての資質が高いといえる。

6. まとめ

流域に降った雨水をその場で一旦溜めて、水路跡にゆっくりと流すことで、雨水の流出を抑制する治水効果を試算した。その結果を次のようにまとめた。

- ①水路跡は、白子川流域に張り巡らされており、上流から中流域に多く、その延長は約35kmで、そのほとんどが埋め立てられたり、蓋がかけられた暗渠となっていた。また、歩専道の水路跡は約13km。全体の約4割は4mに満たない狭い道であった。管理用通路は約14kmあり、その内約7kmは歩専道。全体の約6割は4mに満たない狭い道であった。
- ②現在、河川断面の計画に用いられている市街地の平均流出係数は0.9に対し、雨水を貯留や浸透させることを想定した流域の平均流出係数を求めると約0.736となり、この流出係数で河川の計画を行なえば、現在の白子川は既に50mm/hに対応していることがわかった。
- ③流域の流出係数を0.9としても、水路跡と管理用通路、及び隣接する公私土地に雨水を貯留すれば、約6.8万m³の洪水調整容量をもつことができ、これ以上川を掘り下げなくても降雨強度50mm/hの大雨に対応することが可能になる。
- ④公的土地に降った降雨強度50mm/hまでの雨水を、下水道に流さずに、水路跡を使って川までゆっくりと流すことができることを、水路に流れる雨量の試算によって確認した。また、水路跡に小学校が隣接していれば年間168日間、敷地面積が広い中学校が隣接していれば年間212日間、雨水のせせらぎを楽しむことが可能と思われる。

7. 成果と課題

水路跡と管理用通路、及び隣接土地を活用した雨水流出抑制によって、治水効果を期待するだけでなく、雨水と親しむことができるせせらぎ散歩道ができることを、降雨強度に応じた雨水の流量試算により確認したこと。その治水効果を河川計画に反映するために、建築敷地に適用される法律によって、水路跡と管理用通路の隣接土地からの雨水流出量を抑制する考えを提案したことが本研究の成果である。

過去の出水事例の観測値と計算値を比較することで、試算結果の妥当性を検証すること。また、提案した流出係数の他流域への汎用性の確認と、私有地から流れ出る雨水の受け止め方を検討すること。さらに、水路跡のせせらぎ散歩道としての資質の高さを、利水、親水、生態育成、気候調整といった効果によって重みづけることが今後の課題である。

謝辞 水路跡と管理用通路のフィールド調査において、当時卒業研究生であった松崎泰輔君と横山聡君の協力を得た。ここに感謝の意を表します。

注

- 1 水路跡:かつての支流や用水路の跡で、国有であるが、区や市が管理している。
- 2 管理用通路:河川改修に伴って、堤防内に幅員3m以上の管理用通路を整備することが、河川法河川管理施設等構造令第27条⁹⁾と河川管理施設等構造令施工規則第15条¹⁰⁾で義務付けられており、水防活動のための緊急車両や河川の維持管理のための車両が通行する幅員を持った通路のこと。
- 3 降雨強度30mmは1年に1回の確率で起こり、同50mm、同75mmは、それぞれ3年、10年に1度の確率で起こる降雨量のこと。

参考文献

- 1 市川、鈴木:白子川流域水路跡のせせらぎ散歩道としての資質検討のための基礎調査、日本建築学会計画系論文集、第569号、pp.1-6、2003.7
- 2 野中樹夫:防災調節池の洪水流出抑制効果の検討、土木学会年次学術講演会講演概要集第2部 Vol:48巻、pp.202-203、1993
- 3 北川善広、川登、野中樹夫:流出解析に基づく雨水貯留施設の流出抑制効果の検討、土木学会論文集II巻497/II-28号、pp.21-29、1994.8
- 4 賈仰文、倪广恒、木内豪、吉谷純一、河原能久、末次忠司:分布型モデルを用いた都市河川流域における流出抑制施設の効果の比較、水工学論文集 Vol:45巻、pp.109-114、2001
- 5 大澤依莉、鶴田佳子:水害危険区域における開発許可システムに関する研究—その1 新川流域市町における雨水流出抑制施設設置の実態—、日本建築学会学術講演梗概集、NO.7201、2003.9
- 6 鶴田佳子、大澤依莉:水害危険区域における開発許可システムに関する研究—その2 新川流域総合治水における雨水流出抑制に関する行政指導の実態—、日本建築学会学術講演梗概集、NO.7202、2003.9
- 7 村川三郎、西名大作、飯尾昭彦:都市内親水施設を対象とした距離圏域による住民の利用・評価の分析、日本建築学会計画系論文集第389号、pp.53-61、1988.7
- 8 畔柳昭雄、渡辺秀俊:都市臨海部の水辺空間における利用者の親水活動特性に関する研究—都市住民の親水行動特性に関する研究—その3—、日本建築学会計画系論文集、第459号、pp.195-203、1994.5
- 9 渡辺秀俊、畔柳昭雄、近藤健雄:都市化に伴う住民の意識・行動変化から見た親水行動特性に関する研究—都市住民の親水行動特性に関する研究—その1—、日本建築学会計画系論文集、第449号、pp.151-161、1993.7
- 10 紀谷文樹、小瀬博之:水景施設における人の滞留行動の解析、日本建築学会計画系論文集、第507号、pp.35-40、1998.5
- 11 小瀬博之、紀谷文樹:画像処理を用いた水景施設における人の行動と周辺環境の解析—水景施設における人の行動と周辺環境の解析に関する研究—その2—、日本建築学会計画系論文集、第509号、pp.65-70、1998.7
- 12 上山肇、若山治憲、北原理雄:親水公園の利用実態と評価に関する研究—東京都23区における親水公園の現状と利用状況—、日本建築学会計画系論文集、第462号、pp.127-135、1994.8
- 13 練馬区公有通路・公共溝渠路線図、1997
- 14 和光市水路認定路線図、作成年不明
- 15 緑と水の総合計画—板橋500,000人のグリーンクラブ—調査編、公共溝渠調査、東京都公園協会、1986.2
- 16 西東京市道路網図、西東京市、2003.3
- 17 ゼンリン住宅地図、ゼンリン、2001.4
- 18 ねりま憩いの森、練馬区、2001
- 19 西東京市生産緑地地区指定図、西東京市、2003.3
- 20 東京都都市計画生産緑地地区図、練馬区、2001.8
- 21 和光市都市計画生産緑地地区図、和光市、1998
- 22 板橋区都市計画図、板橋区、2003
- 23 建設省河川砂防技術基準(案)同解説 計画編、山海堂、p.19、1976.6
- 24 土木学会編:水理公式集、丸善、p.360、1999.11
- 25 防災調節池等技術基準(案)、社団法人、日本河川協会、p.72、1977.11
- 26 建設省河川局都市河川室監修:流域貯留施設等技術指針(案)、日本河川協会、1986.10
- 27 文部科学省国立天文台編:理科年表平成16年度版、丸善、2003.11
- 28 松浦茂樹:水辺空間の魅力と創造、鹿島出版会、pp.77-78、1987.12

(2004年5月7日原稿受理、2004年8月12日採用決定)