

流域水収支に着目した山崎川の水循環改善に関する研究

指導教官 富永 晃宏 教授

18418545 二宮 伸二

1.はじめに 都市河川流域では、都市化の進展に伴う流域の不浸透面積の増大によって、降雨が短時間に排水されることによる河川のピーク流量の増大、下水道の雨水吐からの越流水の増加、そして平常時流量の減少などが引き起こされ問題視されている。

山崎川は親水広場が整備され子供たちの遊び場となっているなど市民にとって身近な憩いの河川であるが、夏場の水質や平常時の流量に十分であるとは言えない現状がある。その原因の一つに上述のような都市河川における問題があると考えられる。そこで、本研究では市民の憩いの河川である山崎川をより良い川とすることを目的として、山崎川への流入水についての推定を行った。

2.山崎川概要 山崎川は名古屋市名東区平和公園内の猫ヶ洞池に源を発し、南西に流下し名古屋港に注ぐ延長 13.6km、流域面積 26km²の河川である。流域の排水システムは合流式下水道で 100%整備されており、降雨時には図 2.1 に示した土市・内浜・呼続・道徳の 4 つのポンプ所と山崎下水処理場から排水されている。降雨の河川への流出は中流部の最下流雨水吐地点から上流では雨水吐越流によるものが大部分を占め、最下流雨水吐地点より下流は処理場、ポンプ所からの排水が大部分を占めると考えられる。

3.降雨と COD の相関関係 図 3.1 に山崎川の降雨と COD の関係を示す (COD は忠治橋で計測されたものであるが、地点は図 2.1 での呼続 P とほぼ同位置である)。両者には強い相関があることが確認されているが、降雨時には雨水吐や流域各ポンプ所、そして下水処理場から未処理水が放流されており、その影響によるものと考えられる。そこで、本研究ではどれほどの未処理水が河川へ放流されているのかも含めて降雨が河川にどのように影響するのかを推定した。

4.水循環の推定 (1)降雨の流出配分推定方法

本推定は降雨データの年間総計値を用いて降雨の流域全体での流出配分割合を年間総計値で算出した。降雨は地上へ到達後、浸透、蒸発、流出と分かれるが、流域が 100%合流式下水道で整備されている山崎川では、降雨の流出は全て下水に関連した雨水吐越流、ポンプ排水 (ポンプ所と処理場ポンプ) によると考えた。まず流域の蒸発散量の算定は浸透域と不浸透域とを分けて考え、浸透域の蒸発散量は以下の Thornth-waite の式を用いて 10 ヶ年平均気温から推定を行った。

$$E_p = 0.533 D_0 (10 t_i / j)^a \quad (1)$$

$$j = \sum_{i=1}^{12} (t_i / 5)^{1.514} \quad a = 0.000000675 j^3 - 0.0000771 j^2 + 0.01792 j + 0.49293$$



図 2.1 山崎川流域

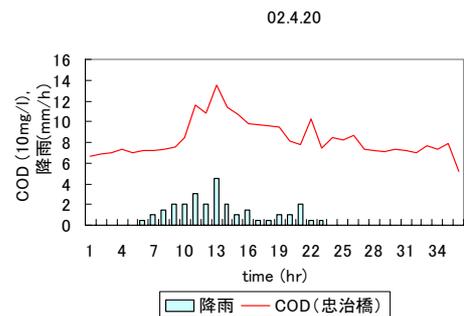


図 3.1 02.4.20 の下流域 (忠治橋) における降雨-COD 値

ここで、 E_p : i月の日平均蒸発散能(mm/day), D_0 : 日照時間 (12hr/dayを1日とする), t_i : i月の月平均気温(°C). 不浸透域の蒸発散量は凹地貯留量を2.0mmとして2.0mm降雨以上の雨では2.0mm, 2.0mm未満の雨では全降雨量が蒸発するとした. また, 浸透量は総降雨量から流出量, 蒸発散量を引くことで求めた. 流出量の算定は, 下流の強制排水区では処理場, ポンプ所からの排水量のみとし, 中上流域では雨水吐越流のみとして行った. まず下流の流出量は名古屋市の処理場, ポンプ所常時測定データ(6カ年平均)を用いた. そして中上流域の算定は雨水吐越流量の実データが存在しないため, まず名古屋市都市センター報告書¹⁾から得た山崎川の流出高, 総雨量, 浸透面積率を用いて重回帰分析を行い, 次式を得た.

$$(q) = 23.8052 + 0.57553 \times x_1 - 1.26306 \times x_2 \quad (2)$$

ここで, (q) : 流出高(mm), x_1 : 総雨量(mm), x_2 : 浸透面積率(%)である. (2)式に現在の浸透面積率(21.2%), 10カ年平均年降水量1581.6mmに近い1997年の降雨パターン(年間降水量1610mm)を与えて上流域の流出率(0.38)を算定し, この流出率と平均降雨(1581.6mm), 中上流域の面積(16.4km²)から中上流域の流出量を算定した.

(2) 山崎川への流入水配分推定方法 基底流量である猫ヶ洞池と鏡池の導水, そして湧水と処理場高級処理水とを合わせたものが平常時の水であり, それに降雨時の水を加えたものが全流量とした.

(3) 推定結果, 考察 降雨の流出配分の推定結果を図4.1に示す. 総降雨量の48.1%が浸透と蒸発散となり, 流出雨量はそれ以外の51.9%と算定された(つまり流出率51.9%). ただし, この算定は年間での総計値であり1回の降雨ごとでみた場合, 小さな降雨では流出は無く, 100%浸透・蒸発散により降雨が失われることもあり, 大きな降雨では51.9%よりも大きな流出になることもある. 流出雨量で一番大きな割合を示したのはポンプ所排水量である. 雨水吐越流量とポンプ排水量(ポンプ所と処理場ポンプ)とを合わせたものが未処理で河川へ排水されるものであるが, これは49.4%と簡易処理2.6%をはるかに上回る大きなものとなった. 降雨時, 河川の流量は何倍にもなることを考えると多くの未処理水が流出しているこの結果が図3.1の結果となって水質に現れていると考えられる.

山崎川への流入水配分の推定結果を図4.2に示す. 降雨時だけでなく, 年間の河川への流入水の内訳でみた場合も雨水吐越流量とポンプ排水量との合計が37.8%となり, 大量の未処理水が河川へ流出していることがわかる. また, 中流部の新瑞橋付近までは, 通常2つの池からの導水と湧水による水しかなく, それは0.2m³/sほどの流量でしかない. そこに大量の雨水吐越流水が流入することで, 河床に汚濁物が堆積し夏場の水質に悪影響を与えている可能性が考えられる.

5. 処理場受水量の変化 未処理水の放流抑制効果に浸透施設が効果を発揮することが期待されている. 流域の浸透施設は80年代中ごろから整備が進められてきた. 浸透施設には, 枘やトレンチや透水性舗装といったものがあるが, 透水性舗装の設置は図5.1に示すように整備が進められてきた.

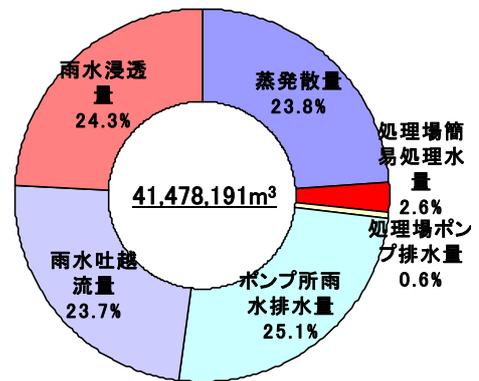


図 4.1 降雨の流出配分率

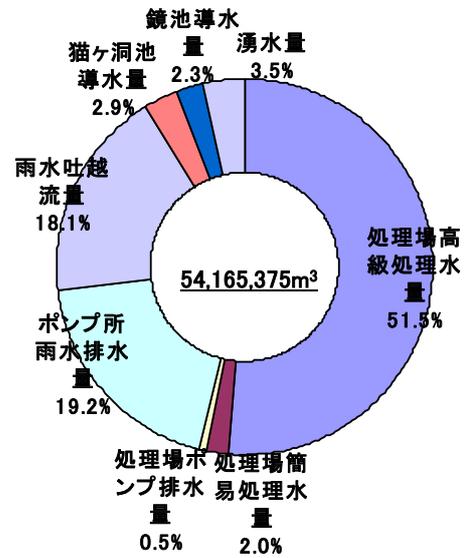


図 4.2 山崎川への流入水配分率

そして、この 20 年間ほどの整備の効果がどこかに現れているものと考えられ、本研究では、まず、処理場流入量を調べてみることにした。処理場の雨水受水量と処理場排水区での降雨量とを比較したものが図 5.2 である。雨水受水量は処理場総受水量から家庭からの排水量（家庭排水量：325L/日/人）を引くことで求めている。

図 5.2 を見ると、降雨量が多いとき、降雨量と雨水受水量との差が大きくなっている。これには、浸透による損失効果の可能性が考えられる。それは、降雨量が多くなれば浸透量も多くなるため降雨量と雨水受水量との差が大きくなるからである。

97 年、03 年、04 年に注目してみると 97 年よりも 03、04 年の降雨量の方が多いにもかかわらず、03、04 年の方の雨水受水量が少なくなっている。流域の緑被面積は年にわずかず減っていることから、これは浸透施設設置数増加による損失降雨増加の現れと考えることができる。また、97 年、06 年は同程度の降雨量であるが、06 年の方が 256 万 m³ ほど雨水受水量が少なくなっている。

図を見ると降雨量の少ない年では雨水受水量が降雨量を上回ってしまうことがあるが、これは差し引かれる家庭排水量を推定値としているためであるが、処理場への流入量の割合が減っている傾向には変わりはなく、この図に浸透の効果が示されていると考えられる。

山崎川流域における透水性舗装の経年変化

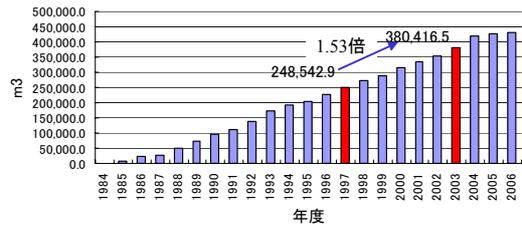


図 5.1 透水性舗装面積の推移

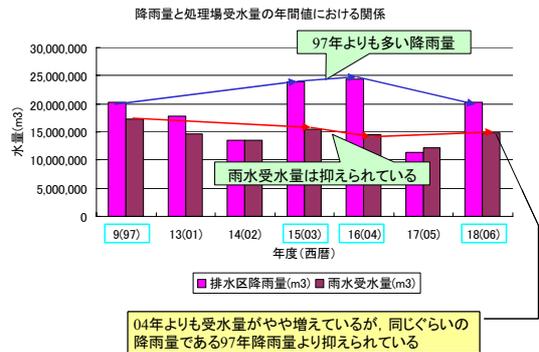


図 5.2 処理場受水量の経年変化

表 5.1 緑被面積の推移

山崎川流域	平成2年		平成12年		平成17年	
	緑比地面積(ha)	緑比率	緑比地面積(ha)	緑比率	緑比地面積(ha)	緑比率
千種区	496.28	27.2	461.05	25.3	452.47	0.248065
昭和区	203.05	18.6	177.45	16.2	177.55	0.162443
天白区	823.01	38.2	684.11	31.7	662.47	0.306415
瑞穂区	209.51	18.7	180.91	16.1	177.72	0.158255
南区	310.4	16.8	272.08	14.7	260.21	0.140883
港区	1470.66	32.3	1282.92	28.1	1283.31	0.280996
計	3512.91	29%	3058.52	25%	3013.73	24%

6.浸透施設の効果の算定 浸透能力の算定は 97 年 03 年 06 年の 3 ヶ年について行う。流域の浸透量の算定には、名古屋市の山崎川流域浸透施設名称・設置数データを用いる。施設の単位浸透能は参考文献²⁾に示してある名古屋市での値を用いる。浸透施設には透水性舗装や柵・トレンチなどがあるが、降雨を集めてきて施設で浸透させる施設を総称して、ここでは柵・トレンチ類と呼ぶこととし、浸透施設は透水性舗装と柵・トレンチ類に大別する。流域の利用区分は図 6.1 の様に分けることができるが、柵・トレンチ類は不浸透面積にのみ設置してあるものとする。

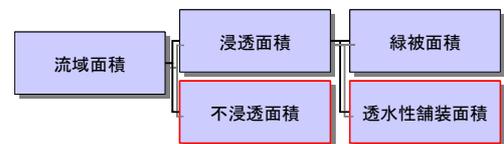


図 6.1 流域利用区分

表 6.1 流域利用区分内訳

計算年	97年(H9)	03年(H15)	06年(H18)
浸透面積	H12年値	H12年値	H17年値
緑被面積	4.87	4.87	4.77
透水性舗装面積	0.25	0.38	0.43
	5.11	5.25	5.20
不浸透面積	21.11	20.98	21.02

(km²)

表 6.2 透水性舗装・単位能力

舗装構成	舗装厚	浸透能力	貯留能力
	cm	m ³ /m ² /h	m ³ /m ²
歩道透水性舗装	4	0.04	0.02
生活道路透水性舗装	5	0.04	0.03
保水性舗装	10	-	0.01

(1)算定結果 透水性舗装能力

表 6.2 に透水性舗装の浸透能力を示す。透水性舗装の浸

透能力は $0.04\text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ であるが、これは単位を変更すると 40mm/h もの抑制量があることになる。これは非常に大きな値であり、この値より小さな降雨は全て浸透によって失われ流出しないことになる。表 6.3 は最近 10 年間での 40mm/h 以上降雨発生回数を示したものであるが、こういった降雨はめったに起こるものではなく、代表年 (97, 03, 06 年) では起こっていない。表

表 6.3 40mm/h 以上降雨

年	発生回数(h)	年	発生回数(h)
1997	0	2002	0
1998	1	2003	0
1999	2	2004	2
2000	5	2005	0
2001	0	2006	0

表 6.4 抑制雨量

年度	抑制雨量(m3)
97	400,154
3	724,693
6	696,613

表 6.5 降雨の透水性舗装面積と年間降雨高

年度	降雨(mm)	面積(m2)	増加量(m2)	増加率(%)
97	1,610	248,543	—	—
3	1,905	380,416	131,874	53
6	1,612	432,276	51,860	14

6.5 に代表年での総降雨量と透水性舗装面積を示し、そのときの抑制量を示したものが表 6.4 である。抑制雨量は、降雨は全て浸透によって失われるため、年間降雨高×透水性舗装面積で求めた。

(2)算定結果 枡・トレンチ類 流域の枡・トレンチ類の設置状況と流域能力の算定結果を表 6.6 に示す。

表 6.6 枡・トレンチ類の設置数と能力

施設名称	設置数			単位	単位能力	流域能力			
	97年(H9)	03年(H15)	06年(H18)			97年(H9)	03年(H15)	06年(H18)	
浸透トレンチ	0	0	92	m	0.07	m ³ /m/h	0	0	6.405
浸透地下埋管	4,203	9,090	9,341	m	0.07	m ³ /m/h	294.182	636.2769	653.8749
浸透雨水枡	771	1,453	1,485	箇所	0.13	m ³ /ヶ所/h	100.23	188.89	193.05
透水性植枡	221	230	230	箇所	0.05	m ³ /ヶ所/h	11.05	11.5	11.5
道路浸透枡	0	0	4	箇所	0.05	m ² /ヶ所/h	0	0	0.2
道路浸透枡(街渠枡)	79	79	79	箇所	0.05	m ² /ヶ所/h	3.95	3.95	3.95
道路浸透枡(街渠枡) (450用)D.D'	0	68	68	箇所	0.05	m ³ /ヶ所/h	0	3.4	3.4
道路浸透枡(街渠枡) (500A,500B,500C用)ブロック	0	41	41	箇所	0.15	m ³ /ヶ所/h	0	6.15	6.15
道路浸透枡(雨水枡)U450用	0	11	11	箇所	0.17	m ³ /ヶ所/h	0	1.87	1.87
透水性側溝	2,327	2,327	2,327	m	0.05	m ² /m/h	116.34	116.34	116.34
透水性側溝(U型)	1,856	2,201	2,201	m	0.05	m ³ /m/h	92.82	110.073	110.073
合計(m ³ /h)							618.572	1078.45	1106.813

この流域能力を不浸透面積で割り、抑制高を求めたものが表 6.7 である。この抑制高以上の降雨で流出が起こるとして、代表年度の降雨パターンから抑制高を算定し、それと不浸透面積から求めた流量が表 6.8 である。

表 6.7 枡・トレンチ類の流出抑制高

年	97年(H9)	03年(H15)	06年(H18)
抑制流量(m ³ /h)	619	1,078	1,107
抑制高(m/h)	0.00003	0.00005	0.00005
抑制高(mm/h)	0.029	0.051	0.053

表 6.8 枡・トレンチ類の年間流出抑制率

年	97年(H9)	03年(H15)	06年(H18)
総雨量(不浸透域, m ³)	33,990,725	39,967,621	33,878,122
流出量(m ³)	33,529,889	39,088,684	33,018,129
抑制流量(m ³)	460,836	878,937	859,994
抑制率(%)	1.4	2.2	2.5

表 6.9 浸透による年間抑制雨量

年	97年(H9)	03年(H15)	06年(H18)
降雨高(mm)	1,610	1,905	1,612
総降雨量(m ³)	42,224,329	49,961,085	42,263,669
透水性舗装(m ³)	400,154	724,693	696,613
枡・トレンチ(m ³)	460,836	878,937	859,994
緑被面(m ³)	7,833,450	9,268,771	7,688,933
計	8,694,440	10,872,401	9,245,540
抑制率(%)	20.6%	21.8%	21.9%

(3)考察 (1), (2) で求めた各浸透量と緑被面での浸透量の合計である、流域での総浸透量を表 6.9 に示す (緑被面浸透能力は透水性舗装と同じ 40mm/h とした)。処理場受水量の変化で示した、97 年と 06 年との抑制量の差は表 6.9 の各年度の差から 55万 m^3 と算定された。また、06 年の透水性舗装と枡・トレンチ類との抑制量の合計は約 156万 m^3 であるが、これはポンプ所雨水排水量の 15%程に相当し、浸透施設が無かった場合、それほど多くの未処理水が更に河川へ流出したことになる。論文へ掲載した施設数を増やした場合の検討は本概要では割愛する。

おわりに 本研究では、多くの未処理水が河川へ放流されていることが推定された。しかし、浸透施設が設置されていなければ、それは更に大きな量となっていたと考えられる。

- <参考文献> 1)名古屋都市センター：「名古屋市における水環境・水循環に関する研究」
2)名古屋都市センター：「名古屋市における雨を活かす手法に関する研究」