

山口大学工学部 正員 中田 弘

山口大学大学院 学生 ○ 田村 洋一

山口大学工学部 学生 仲上 健一

1. はじめに

都市河川、海域など我々を取り巻く水系の汚染進行は著しく、また汚染源が大規模化しつつあるにもかかわらず、汚染防止に関する対策は非常に立ち遅れているのが現状である。都市河川、海域などの汚染防止に対しては、下水道整備を早急に進めることがますます必要ではあるが、単に下水道施設を建設すれば、汚染問題が全くと解決されるとは言えない。以下では水環境保全における下水道の位置付け、ならびにその計画も進行する場合の問題点について、広島都市圏を中心とする地域の実状分析、将来推定に基づいて検討を行なったものである。

2. 計画対象地域の設定

水環境保全を考える場合その対象をいかに設定するかにより、その対策、計画も変ったものになる。すなわち、単に都市河川の保全、浄化のみを対象とするか、あるいはより広い海域をも対象とするかにより、計画条件、評価も変ったものとなる。計画行為はある目標に対して、数多くの制約、条件内で最も効果的な行動を選択することであると考えるとされる。このことは、逆に計画条件、目標の取り方により、選択される行動が種々に変化するということである。すなわちある条件下で最適と思われる計画が、条件の変化により初期の評価に比して、それ程効果的でない、あるいはまた逆に更なる効果を生ずるような場合がある。計画条件は Time-Scale の取り方、対象地域の設定の仕方によって異なってくる。都市河川とその流入する湾、そしてより広い海域の関係を Model 化したものが図1である。すなわち河川が汚染されることにより、その流入先である湾あるいはより広い海域までも汚染が伝播する。またその逆の汚染伝播も生ずる。したがって水環境の保全はこれらを連続体としてとらえた全体的な見地のもとで検討されるべきである。この観点から対象地域を取り巻く水系も太田川流域、広島湾、安芸灘の三つのブロックに大別して検討を試みることにした。

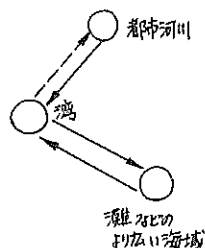


図1. 水環境の関連 Model

図2. 太田川のBOD経年変化

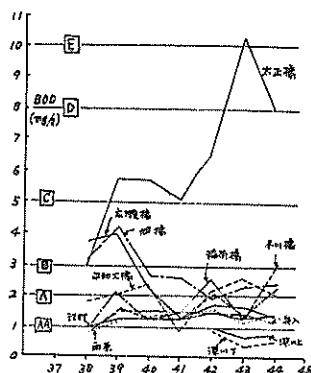


表1 広島湾の水質

測定点名	測定年度		PH		COD (ppm)		DO (ppm)		SS (ppm)	
	44年	45年	44年	45年	44年	45年	44年	45年	44年	45年
14 瀬田湾中央部	8.07	7.96	1.96	1.43	7.68	7.61	2.88	4.73		
15 向宇品海水浴場	8.18	8.19	1.45	1.14	7.91	9.88	1.57	9.27		
16 天満川河口沖	8.14	8.05	1.36	0.77	7.13	8.83	3.11	2.83		

4. 汚濁負荷の解析

この地域の水環境保全を考える場合、太田川が瀬河川であること、また下水処理水の放流先が湾域であることから、広島湾、安芸灘における汚濁負荷率を算出し、その対策を検討しなくてはならない。総汚濁量を算出するためには、家庭、家畜、工場よりの排水、雨水、農業関係よりの流出について算定しなくてはならないが、安芸灘に流入する汚濁負荷を推定した結果は表4に示す通りである。雨水放流により直接水系に排出されるBOD負荷量については、5.で説明する。瀬戸内海においては近年、赤潮発生が大まな問題となっているが、農地からのN、P流出が寄与していると考えられ、これも加味したN、Pの安芸灘での汚濁負荷を算定して表5

表2. 広島湾の大腸菌数および水質の結果を得たが、この地域では農地よりの肥料流出のウェイトは比較的小さいことがわかる。表4の結果をさらに整理して表6、表7の結果を得た。

以上のことから安芸灘についてみれば、工場排水による汚濁負荷が全汚濁量の、88.6% (COD) と非常に大きな比重を占めていることがわかる。また家庭下水については、全汚濁負荷量に対する割合は昭和45年10.7%、昭和60年4.4% (COD) と減少するが、これは各地域の下水道普及率が昭和60年に60%に達するという計画に基づいている。さらに現在の水質規制で採用されている濃度規制のもとでは、仮に下水道整備が進み、工場の排出規準が守られたとしても、汚濁負荷の絶対量は2倍近く増加することになり、これは濃度規制に代って負荷量規制が必要であることを意味する。このように安芸灘という広い水系を対象とすれば、その保全、

浄化に対する下水道の位置は相対的に低いものとなり、まずオーに着手されるべきは、汚濁負荷の高い2、3の工場排水の処理対策である。しかしながら、下水道は太田川の浄化、保全に対しては大まな

図3 採水地点地図

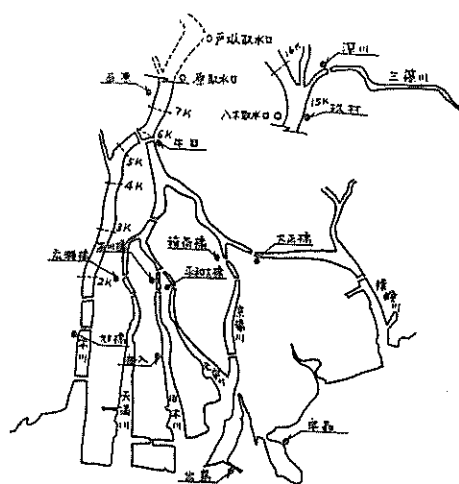


表2. 広島湾の大腸菌数および水質

年	測定場所	平均値	1000以下の回数	500以下の回数	BOD	COD
昭和44	出島	4.260	4	4	2.7	6.3
	宇品	61.040	0	0	3.9	6.2
昭和45	出島	4.887	7	4	2.5	4.4
	宇品	90.317	1	1	4.1	4.4

表3. 大竹地区湾域における水質 (12回測定平均)

測定点	測定深度	PH		COD (ppm)		DO (ppm)		SS (ppm)		環境基準
		40	45	40	45	40	45	40	45	
大瀬川河口沖	300m	8.22	8.20	0.59	1.61	7.38	8.94	—	5.59	B
三菱レーヨン沖	250m	—	7.68	—	4.03	—	8.72	—	8.93	C
三菱レーヨン東端沖	500m	8.07	7.68	3.98	7.17	6.72	6.63	—	7.23	C
防波堤入口	—	7.82	7.24	22.88	22.12	7.82	3.75	—	23.49	C
防波堤入口沖	800m	8.16	7.82	1.03	4.18	6.64	7.87	—	5.58	B
ダイセル沖	250m	8.06	7.88	1.92	5.40	7.06	7.62	—	15.23	C
小瀬川河口	—	7.77	—	—	2.67	—	7.98	—	7.22	C

表5. 農地よりの流出を考慮した場合の安芸灘N、P汚濁負荷率

汚濁負荷	N (t/day)			P (t/day)		
	家畜+工場	農	計	家畜+工場	農	計
広島地区	16.42	0.46	16.88 (17.72)	2.70	0.05	2.75 (16.72)
呉地区	13.33	0.20	13.53 (14.20)	2.15	0.01	2.16 (13.13)
大竹地区	21.02	0.04	21.06 (22.11)	3.85	0.00	3.85 (23.40)
岩国地区	43.64	0.15	43.79 (45.97)	7.68	0.01	7.69 (46.75)
計			95.26			16.45

効果も有るものであり、また下水道整備は単に処理水あるいは下水の排出先の汚濁負荷を軽減すること加目的ではなく、その地区の環境整備に大なる役割も有るものであるから、この意味からも下水道整備を遅らせてもよいという理由にはならない。

5. 下水道計画の問題点

5-1. 上下水道計画の関連

広島地区における生活污水量と汚水処理計画とを明示したものが、図4である。これは現在の上下水道計画の関係を量的に示したものであるが、利用水量の増加と上水道が助長する一方、下水道がこれを追いつけるという形で計画が行なわれており、両者の差は非常に大きいものである。この差は未処理放流される汚水量であり、環境の浄化、保全も考える場合、利用水量は供給可能水量、需要量、処理可能水量の3者が最も満足される限界量として決定されるべきものであって、この場合、環境の保全を前提として考える水の合理的利用、すなわち無駄な利水量の抑制も処理能力の増大と同時に考えられなくてはならない問題である。

5-2. 処理能力の限界

現在の処理方法（活性汚泥法）による汚水中の各成分の除去率は表8に示すようなものであり、これをもとにして、現在の普及率（20%）が昭和60年に85%あるいは100%まで上昇

したとしたとき、処理水に含まれて水系に放出される汚濁物量を算定した結果が表9である。これによると普及率が100%になったとしても、BOD、COD、SS、について60%程度の除去しか期待できず、N、Pについては現在とほぼ同量か放出されることになり、これは現在の下水処理方法の限界を示す値と考えられる。このことから、現在の処理方式では、下水道普及率の上昇がその効果の上昇

表4. 安芸灘流入汚濁負荷 7/日 ()は%

現況	家庭汚水	家畜排水	工場排水	計	昭和60年度	家庭汚水	家畜排水	工場排水	計
広島地区	34.39 (56.4)	2.33 (3.7)	15.41 (25.0)	52.13 (85.1)	17.42 (28.1)	2.32 (3.7)	15.40 (25.0)	35.14 (56.8)	
広島地区	10.38 (16.5)	0.78 (1.3)	25.25 (40.4)	36.41 (58.2)	6.80 (9.5)	0.76 (1.1)	24.97 (39.4)	32.53 (51.0)	
広島地区	2.20 (3.6)	0.15 (0.2)	20.57 (33.2)	22.92 (36.0)	1.31 (2.1)	0.15 (0.2)	17.41 (27.4)	18.87 (29.7)	
広島地区	4.11 (6.6)	0.56 (0.9)	10.14 (16.3)	14.81 (23.4)	3.65 (5.8)	0.54 (0.8)	10.14 (16.3)	14.33 (22.5)	
計	52.13 (85.1)	3.79 (6.1)	50.94 (81.9)	106.86 (170.9)	35.37 (56.4)	3.66 (5.8)	50.94 (81.9)	90.00 (141.2)	
(B.O.D.)	100	100	100	100	100	100	100	100	
広島地区	17.42 (28.1)	1.15 (1.8)	18.94 (30.4)	37.51 (60.3)	10.99 (17.2)	1.15 (1.8)	18.94 (30.4)	31.08 (49.5)	
広島地区	5.23 (8.4)	0.34 (0.5)	8.69 (13.9)	14.26 (22.8)	3.21 (5.1)	0.34 (0.5)	8.69 (13.9)	12.24 (19.0)	
広島地区	1.12 (1.8)	0.08 (0.1)	2.25 (3.6)	3.45 (5.4)	0.73 (1.1)	0.08 (0.1)	2.25 (3.6)	3.06 (4.7)	
広島地区	2.21 (3.6)	0.18 (0.3)	16.62 (26.8)	19.01 (30.3)	1.31 (2.1)	0.18 (0.3)	16.62 (26.8)	18.11 (28.2)	
計	26.04 (41.7)	1.79 (2.9)	47.85 (77.2)	75.68 (119.8)	17.87 (28.1)	1.79 (2.9)	47.85 (77.2)	67.51 (104.5)	
(C.O.D.)	100	100	100	100	100	100	100	100	
広島地区	32.22 (51.9)	3.91 (6.3)	8.69 (13.9)	44.82 (72.1)	17.07 (27.5)	3.91 (6.3)	8.69 (13.9)	30.07 (47.5)	
広島地区	10.28 (16.5)	1.77 (2.9)	11.13 (18.1)	23.18 (36.5)	5.72 (9.1)	1.77 (2.9)	11.13 (18.1)	18.62 (28.7)	
広島地区	2.07 (3.3)	0.24 (0.4)	11.13 (18.1)	13.44 (21.2)	1.12 (1.8)	0.23 (0.4)	11.13 (18.1)	12.48 (19.4)	
広島地区	4.21 (6.8)	0.40 (0.6)	20.61 (33.2)	25.22 (39.6)	2.55 (4.0)	0.40 (0.6)	20.61 (33.2)	23.56 (36.4)	
計	48.52 (78.5)	7.41 (11.9)	50.94 (81.9)	106.86 (170.9)	26.35 (41.7)	7.41 (11.9)	50.94 (81.9)	84.70 (129.5)	
(S.S.)	100	100	100	100	100	100	100	100	
広島地区	9.21 (14.8)	0.36 (0.6)	1.12 (1.8)	10.69 (16.9)	5.91 (9.3)	0.36 (0.6)	1.12 (1.8)	7.39 (11.4)	
広島地区	2.39 (3.8)	0.15 (0.2)	10.14 (16.3)	12.68 (19.9)	1.41 (2.2)	0.15 (0.2)	10.14 (16.3)	11.70 (18.2)	
広島地区	0.69 (1.1)	0.02 (0.0)	25.40 (40.4)	26.11 (41.5)	0.41 (0.6)	0.02 (0.0)	25.40 (40.4)	25.83 (40.3)	
広島地区	1.27 (2.0)	0.09 (0.1)	12.28 (19.8)	13.64 (21.4)	0.73 (1.1)	0.09 (0.1)	12.28 (19.8)	13.10 (20.3)	
計	13.36 (21.1)	0.62 (1.0)	48.82 (78.5)	62.80 (99.4)	8.05 (12.6)	0.62 (1.0)	48.82 (78.5)	57.50 (88.2)	
(T.N.)	100	100	100	100	100	100	100	100	
広島地区	3.11 (5.0)	0.18 (0.3)	1.12 (1.8)	4.41 (7.1)	1.94 (3.1)	0.18 (0.3)	1.12 (1.8)	3.24 (5.0)	
広島地区	0.81 (1.3)	0.07 (0.1)	1.77 (2.8)	2.65 (4.1)	0.41 (0.6)	0.07 (0.1)	1.77 (2.8)	2.15 (3.3)	
広島地区	0.07 (0.1)	0.01 (0.0)	3.77 (6.0)	3.85 (6.0)	0.06 (0.1)	0.01 (0.0)	3.77 (6.0)	3.84 (6.0)	
計	3.99 (6.4)	0.26 (0.4)	6.66 (10.7)	10.91 (17.1)	2.41 (3.8)	0.26 (0.4)	6.66 (10.7)	9.33 (14.3)	
(T.P.)	100	100	100	100	100	100	100	100	

表6. 安芸灘流入汚濁負荷

		B.O.D	C.O.D	SS	T.N	T.P
現況	家庭下水	5129	2604	4852	1350	164
	家畜排水	379	179	701	062	031
	工場排水	24309	21523	6335	8029	1443
	計	29817	24306	11888	9411	1638
昭和60年度	家庭下水	2911	1787	2836	1236	154
	家畜排水	379	179	701	062	031
	工場排水	54627	38242	15256	17806	3250
	計	57917	40208	18793	19104	3436

(単位 t/d)

表7. 広島地区の汚濁負荷率および安芸灘からの汚濁負荷率

		BOD	COD	SS	TN	TP
現況	汚濁負荷率 (t/d)	5243	2955	4482	1642	270
	汚濁負荷率 (%)	17.6	12.2	37.7	17.4	16.45
昭和60年	汚濁負荷率 (t/d)	5989	4532	4759	2566	479
	汚濁負荷率 (%)	103	113	253	134	139

率とは一致せず、計画評価の正確な指標とならないことがわかる。したがって、いわゆる三次処理方式までも計画中に入れておく必要があると同時に汚染物を極力、水(泥)に添加しないというより根本的な対策が必要となる。

5-3. 雨水流出の問題

雨水排除の方式には、分流式、合流式の2つの形式があるが、それぞれについて雨水流出のBOD負荷を算定したものが表10、2である。これは降雨強度と雨水流出負荷量の関係により、広島市において1年間に50日程度の雨がある平均降雨強度以上の降雨があった場合に分流式雨水排水システムより放流が始まるとして計算したものである。これによると、合流式によると、広島地区より排出される全BOD量の55.2%となっており、大きな汚濁源となることが

わかる。一方分流式の場合には、合流式に対して約1/5の汚濁源に減少する。これは合流式の場合管主内にも多量の汚物が堆積しており、これが降雨時に一時に流送されることに起因する。このことから現在の合流式下水道は可能な限り分流式システムに変えていく必要がある。また都市域の汚物堆積量増大に伴い、雨水自体の汚濁負荷も大きくなると考えられ、雨水に対する処理が必要になってくる。

6. おわりに

以上のことから、この地区の河川浄化に対しては、下水道は非常に効果的である。しかし海域の保全、浄化を考える場合その果たす役割は相対的に低くなる。しかし、その処理水の放流先が海域であることから、より高度な処理方法の導入が必要であり、また水に対する汚濁物添加量の減少も考えなくてはならない。さらに、海域の保全、浄化に対しては、まず第一に汚濁物の大量排出源たる工場の処理対策が最も急がれるべきであることを強調してあつた。

おわりに、調査に際し数多くの資料を供与された中国地方建設局、広島県、広島市当局、とくに定道成美、田中淑仁、野村政博の諸氏に厚く感謝の意を表します。なお、本報告は著者らが作成した「広島広域都市圏における上下水道の現状と今後の向題点」(広島経済同友会発行、昭和47年1月10日)の一部であり、報告作成に協力していただいた本学、浦勝、谷岡隆の両氏に厚く感謝の意を表します。

図4. 広島地区の汚水量と汚水処理計画

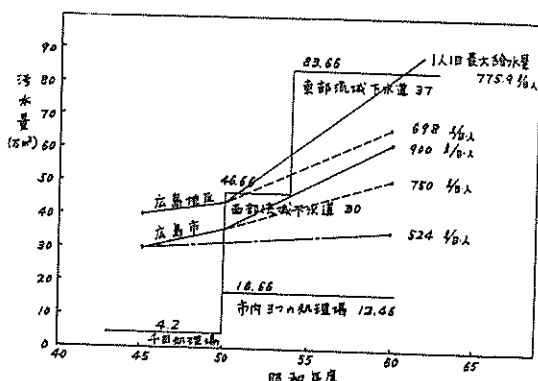


表8. 活性汚泥法

による除去率

	除去率
BOD	85%
COD	70
SS	25
TN	20
TP	30

表9. 広島地区の汚濁物排出量 t/d

下水道	普及率	BOD	COD	SS	TN	TP
昭和45	20%	34.30	17.46	32.23	9.24	1.11
昭和60	85%	17.42	10.99	17.07	7.91	0.98
(100)		12.86	9.11	12.17	7.82	0.95

表10. 合流式および分流式下水道における雨水放流による排出BOD量の比較

	合流式BOD負荷量	分流式BOD負荷量
広島地区	51.70 t/day	3.69 t/day
広島市	32.47	2.32