H. 水 質 汚 濁 調 査

II　水質汚濁調査

調査区域には交通、用水および排水に用いられてきたクローンが数多くある。クローンはバンコク市の交通手段として長く用いられて来たが道路の整備に伴い、最近では排水路としての役割が重要となってきている。市内の大きなクローンには、水運を目的としたナビゲーションロックと水位を調節するゲートが設置されている。

近年、バンコク市中心地区のクローンの汚染が進んでいるが、これは家庭の排水を受け入れているためであると思われる。

1. 採水および分析

１９８０年３月にマスタープランの調査が始まって以来、市の下水道局（BDS）で水質調査が行なわれている。採水は３４クローン５６地点で月に一度行なわれている。

2. 調査結果

表II-2に示した分析結果によれば調査区域、特に市の中心地域の汚濁が著しい事がわかる。それらでは悪臭、にごりなどが発生している。中心地域のクローンの水質は以下に述べるように、家庭汚水の水質とあまり変わらないほどである。

水　温

クローンの水温は２８℃～３２℃である。水温が比較的高いので、有機物等の分解が速くＤＯの減少が速い。

溶存酸素（DO）

クローンのＤＯ濃度は０mg／ℓから６.７mg／ℓであり、最高でも飽和状態まで達していない。特に中心地域のクローン（ラジャボピット、ワテプティダ、オンアン、バンランポー、マハナック、パドンクルンカセム、サン、バンサイカイ、バンナムチョンなど）ではＤＯ濃度０mg／ℓか極めて０mg／ℓに近い値である。

比較的汚染物質の混入が少いクローン（バンコクヤイ、ダオカノン、ラプラナ、バンプラコックなど）でもＤＯ濃度が極めて低くなっている。これは工業排水で汚染されてＤＯの低いチャオピア川の逆流水によるものである。

生物化学的酸素要求量（BOD）

調査した内でＢＯＤの最高値はクローンラジャボピットで２４０mg/ℓであった。又、この

クローンは平均値でも調査区域内の最高で154mg/ℓであった。これは家庭汚水の値とほぼ同じである。

BODの最低値はクローンチャンロン、ラブラナ、バンブラコック、バンパケオで2～4mg/ℓであった。これらのクローンには家庭汚水の流入はみられない。

市街地の家庭汚水を受け入れているクローンのBODは概ね50mg/ℓでDOは0mg/ℓである。これらのクローンは市街地からの汚水に対する嫌気性酸化池の役割を程している。

浮遊物(SS)

中緯度地域の河川ではSS濃度が、家庭汚水や工場排水による汚染の指標となりえる。しかし、バンコクの様な熱帯地域では晴天時においてもSS濃度は非常に高い。

クローンラブラナ、バンブラコック、バンパケオなどは汚濁物質の混入が少ない割にSS濃度は高い。これは、上流の洪水等でSS濃度の高いチャオピア川からの逆流によると思われる。

塩素イオン($C\ell^-$)

チャオピア川の水量が少い時は海水が逆流してくる。又、クローンの水も海水の影響を受ける。1979年にはチャオピア川流域の降雨が少かったため、1980年4月にはチャオピア川の河口から50km上流のクローンバンコクノイの$C\ell$濃度は1,000mg/ℓに達している。

硫化水素(H_2S)

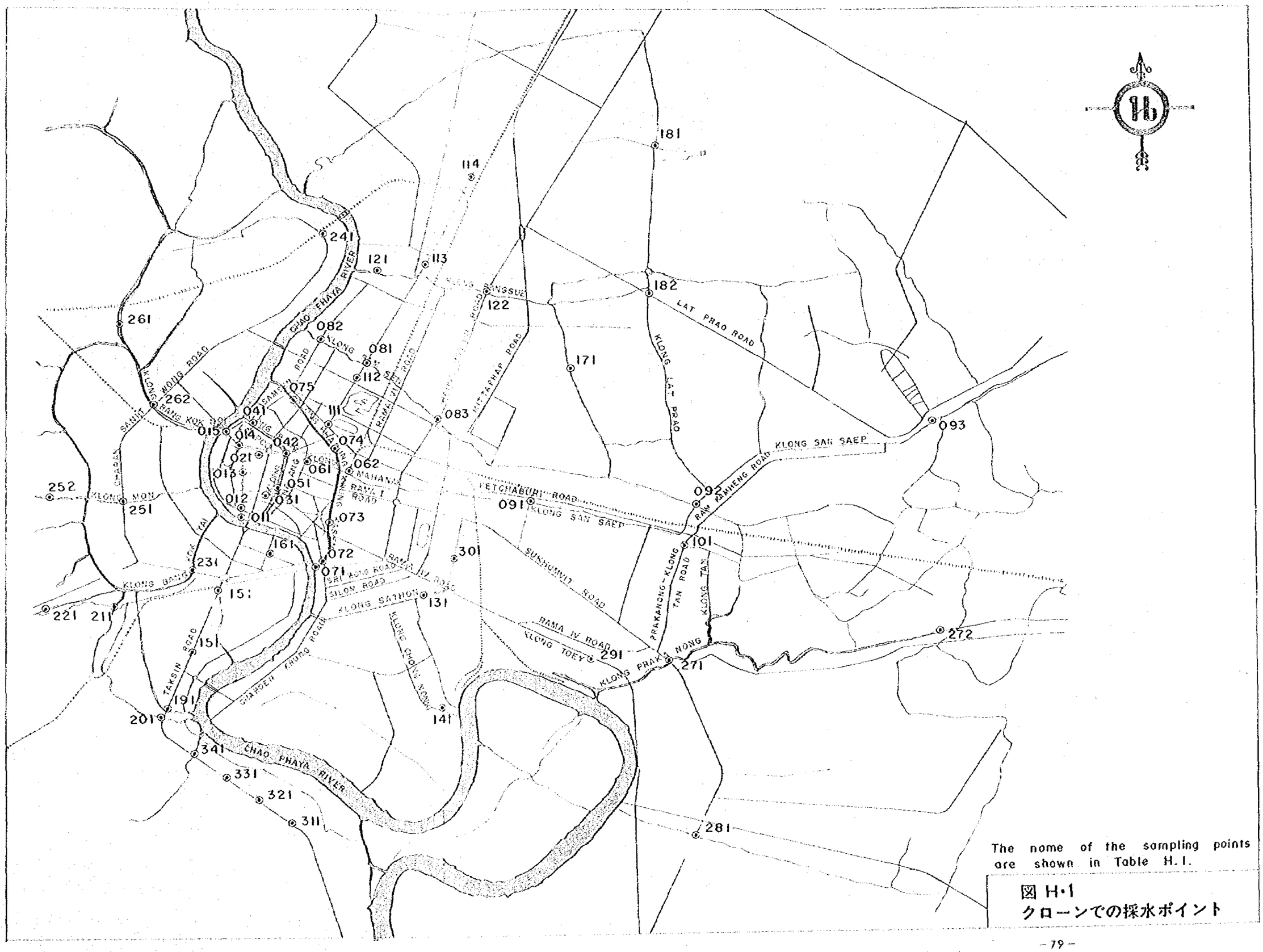
中心地域に位置するクローンオンアン、マハナック、クルンカセムやクローンからの排水機場であるカセムポンプ場、ラマⅣポンプ場では悪臭による公害がめだっている。

悪臭の原因は汚染水からのH_2Sで、身体にも建物にも有害である。H_2S濃度は汚染されているクローンで高く、特に潮位が低い時や流水の悪い時に著しい。

大腸菌群

ふん便による汚染の指標となる大腸菌群は、中心地のほとんどのクローンにおいて高濃度を呈している。これはクローンの水質が公衆衛生上満足できないことを示している。

大腸菌群の多さはセプティックタンクやセスプール等のトイレの浄化システムが不充分であることを如実に物語っている。



The name of the sampling points are shown in Table H.1.

図 H·1
クローンでの採水ポイント

表H．1 水質調査表（BDS 1980年）

採水地点 No.	日	時	水温 (°C)	pH	DO (mg/l)	COD (mg/l)	BOD (mg/l)	SS (mg/l)	CL (mg/l)	H_2S (mg/l)	大腸菌群 (MPN/100 ml)	備考
011	3／5	14:15	30	-	2.1	-	5	-	-	-	-	クローンロード
	4／1	10:40	31	-	0	-	14	137	1,129	-	-	
	4／25	9:40	31	-	1.6	-	20	135	746	-	-	
	5／19	14:00	31	7.3	0	-	42	45	1,050	-	-	
	6／3	11:00	30	7.6	1.1	-	6	-	-	-	-	
	9／2	-	29.5	7.4	4.5	11	6	32	16	0	-	
	平均				1.6	11	16	87	735	0	-	
012	3／5	14:17	30	-	1.9	-	9	-	-	-	-	
	4／1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	4／25	9:50	31	-	0.9	-	17	18	169	-	-	
	5／19	14:25	31	7.2	0	-	51	81	250	-	-	
	6／3	11:05	30	7.4	0	-	19	-	-	-	-	
	9／2	-	30	7.3	0	23	15	62	26	0.2	-	
	平均				0.6	23	22	54	148	0.2	-	
013	3／5	14:30	30	-	1.2	-	9	-	-	-	-	
	4／1	10:45	30.5	-	0	-	28	115	968	-	-	
	4／25	10:00	31	-	0	-	11	13	88	-	-	
	5／19	14:30	30	7.2	0	-	82	3	108	-	-	
	6／3	11:10	30	7.4	0.3	-	12	-	-	-	-	
	9／3	-	30.2	7.1	0	94	55	20	62	0	210,000	
	平均				0.3	94	33	38	307	0	210,000	
014	3／5	14:40	30	-	0	-	32	-	-	-	-	
	4／1	-	31	-	0	-	42	123	663	-	-	
	4／25	10:10	31	-	0	-	21	7	79	-	-	
	5／19	14:45	30	7.2	0	-	72	4	76	-	-	
	6／3	11:15	30	7.3	0.1	-	10	-	-	-	-	
	9／2	-	31	7.3	0	25	14	18	43	0	-	
	平均				0	25	32	38	215	0	-	

表H．1

採水地点 No.	日	時	水温 (°C)	pH	DO (mg/l)	COD (mg/l)	BOD (mg/l)	SS (mg/l)	CL (mg/l)	H_2S (mg/l)	大腸菌群 (MPN/100 ml)	備考
015	3／5	14:50	30	-	1.6	-	6	-	-	-	-	クローン ロード
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	4／25	9:27	31	-	1.5	-	9	22	587	-	-	
	5／19	14:00	31	7.3	0	-	44	30	510	-	-	
	6／3	11:30	29	7.4	0.1	-	8	-	-	-	-	
	9／2	-	30	7.5	4.5	15	7	12	12	0	-	
	平均				1.5	15	15	21	370	0	-	
021	3／5	15:15	30	-	0	-	50	-	-	-	-	クローン ワットブティダ
	4／1	11:15	30	-	0	-	68	118	331	-	-	
	4／25	10:30	31	-	0	-	18	23	70	-	-	
	5／19	15:00	29	7.3	0	-	100	40	72	-	-	
	6／3	10:55	29	7.0	0	-	112	-	-	-	-	
	9／3	-	30.5	7.3	0	101	48	29	61	0	72,000	
	平均				0	101	66	53	134	0	72,000	
031	3／5	15:00	30	-	0	-	240	-	-	-	-	クローン ラジャブビット
	4／1	10:50	30	-	0	-	144	162	495	-	-	
	4／25	10:20	31	-	0	-	175	54	210	-	-	
	5／19	14:50	30	6.9	0	-	150	45	104	-	-	
	6／3	10:30	29	7.3	0	-	46	-	-	-	-	
	9／2	-	30	7.3	0	303	168	43	115	0.5	1,700,000	
	平均				0	303	154	76	231	0.5	1,700,000	
041	3／12	10:05	30	-	2.5	-	9	-	-	-	-	クローン ハンラムボー
	4／2	10:35	29	-	0	-	40	102	227	-	-	
	4／25	13:45	32	7.3	0	-	30	13	-	-	-	
	5／21	10:45	30	7.5	0	-	17	-	600	-	-	
	6／4	9:30	29	7.5	0	-	9	-	-	-	-	
	9／2	-	31	7.6	0	105	73	40	64	0	1,700,000	
	平均				0.4	105	30	52	297	0	1,700,000	

表H．1

採水地点 No.	日	時	水温 (°C)	pH	DO (mg/l)	COD (mg/l)	BOD (mg/l)	SS (mg/l)	CL (mg/l)	H_2S (mg/l)	大腸菌群 (MPN/100 ml)	備考
042	3／12	10:15	30	-	2.5	-	5	-	-	-	-	クローン
	4／2	10:45	29	-	0	-	45	97	223	-	-	パンラムポー
	4／25	14:00	33	7.2	0	-	56	47	-	-	-	
	5／21	10:55	29	7.5	0	-	25	-	320	-	-	
	6／4	9:50	29	7.4	0	-	18	-	-	-	-	
	9／2	-	31	7.2	0	116	67	20	65	0.2	-	
	平均				0.4	116	36	55	203	0.2	-	
051	3／12	10:45	29	-	0	-	4	-	-	-	-	クローン
	4／2	11:10	29	-	0	-	42	60	196	-	-	オンプン
	4／25	14:30	33	7.1	0	-	72	13	-	-	-	
	5／21	11:30	29	7.4	0	-	51	-	270	-	-	
	6／4	10:00	29	7.3	0	-	51	-	-	-	-	
	9／2	-	30.5	7.1	0	122	69	21	58	0	-	
	平均				0	122	48	31	175	0	-	
061	3／12	10:35	29	-	0	-	4	-	-	-	-	クローン
	4／2	10:50	29	-	0	-	83	115	100	-	-	マハナック
	4／25	14:15	33	7.2	0	-	53	-	-	-	-	
	5／21	11:00	28	7.4	0	-	54	-	170	-	-	
	6／4	9:55	29	7.3	0	-	45	-	-	-	-	
	9／2	-	30.5	7.3	0	89	56	29	69	0	-	
	平均				0	89	49	66	113	0	-	
062	3／13	10:05	30	-	0	-	15	-	-	-	-	
	4／3	10:05	30.5	-	0	-	15	53	587	-	-	
	4／28	11:20	30	7.3	0	92	44	63	109	-	-	
	5／22	10:40	29	7.4	0	-	22	-	350	-	-	
	6／5	10:00	30	7.4	0	-	19	-	-	-	-	
	9／3	-	30	7.2	0	74	27	22	65	0.5	640,000	
	平均				0	83	24	46	278	0.5	640,000	

表H．1

採水地点 No.	日	時	水温 (°C)	pH	DO (mg/l)	COD (mg/l)	BOD (mg/l)	SS (mg/l)	CL (mg/l)	H_2S (mg/l)	大腸菌群 (MPN/100 ml)	備考
071	3／13	9:35	29	-	0.8	-	4	-	-	-	-	クローン・クルンカセム
	4／3	9:30	30	-	0	-	38	127	-	-	-	
	4／28	10:40	31	7.4	2.1	35	14	103	420	-	-	
	5／22	10:15	30	7.6	2.1	-	7	-	215	-	-	
	6／5	9:45	30	7.4	0.5	-	4	-	-	-	-	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	平均				1.1	35	13	115	618	-	-	
072	3／13	9:30	29	-	0	-	37	-	-	-	-	
	4／3	9:25	30	-	0	-	48	39	197	-	-	
	4／28	10:46	31	7.3	0	98	47	79	110	-	-	
	5／22	10:05	29	7.4	0	-	41	-	240	-	-	
	6／5	9:30	29	7.4	0	-	33	-	-	-	-	
	9／3	-	30	7.1	0	68	45	26	61	0	5,400,000	
	平均				0	83	42	48	150	0	5,400,000	
073	3／13	9:55	29	-	0	-	48	-	-	-	-	
	4／3	9:45	30	-	0	-	45	73	147	-	-	
	4／28	11:10	30	7.7	0	89	43	63	109	-	-	
	5／22	10:30	29	7.4	0	-	43	-	85	-	-	
	6／5	9:55	30	7.4	0	-	31	-	-	-	-	
	9／13	-	30	7.1	0	55	35	20	59	0.5	-	
	平均				0	72	41	52	100	0.5	-	
074	3／13	10:15	29	-	0	-	23	-	-	-	-	
	4／3	10:15	30	-	0.5	-	100	60	312	-	-	
	4／28	12:45	31	7.7	4.4	81	44	83	138	-	-	
	5／22	11:00	29	7.4	0	-	25	-	160	-	-	
	6／5	10:10	29	7.5	0.5	-	15	-	-	-	-	
	9／3	-	29.5	7.3	0	48	20	30	65	0.5	-	
	平均				0.9	65	38	59	169	0.5	-	

表H．1

採水地点 No.	日	時	水温 (°C)	pH	DO (mg/l)	COD (mg/l)	BOD (mg/l)	SS (mg/l)	CL (mg/l)	H_2S (mg/l)	大腸菌群 (MPN/100 ml)	備考
075	3／13	10:30	30	-	1.8	-	21	-	-	-	-	クローン クルムカセム
	4／3	10:30	30.5	-	0.3	-	85	63	397	-	-	
	4／28	12:25	32	7.8	9.5	81	47	76	140	-	-	
	5／22	11:20	29	7.3	0	-	23	-	205	-	-	
	6／5	10:15	29	7.4	0	-	25	-	-	-	-	
	9／3	-	30	7.0	0	96	44	29	85	0	40,000	
	平均				0.4	89	41	56	207	0	40,000	
081	3／19	9:30	29	-	0	-	33	-	-	-	-	クローン サムセン
	4／4	9:55	29	-	0	-	42	72	130	-	-	
	4／29	9:55	29	7.3	0	77	68	10	-	-	-	
	5／20	12:35	29	7.2	0	-	56	94	80	-	-	
	6／10	13:35	29	7.3	0	-	22	-	-	-	-	
	9／10	-	29	7.4	0	66	32	5	78	4	6,800	
	平均				0	72	42	45	96	4	6,000	
082	3／20	10:45	31	-	0.7	-	15	-	-	-	-	
	4／8	10:35	31	-	3.2	-	17	195	360	-	-	
	4／30	10:30	30.5	7.3	0	-	26	143	-	-	-	
	5／23	11:45	29	7.6	0.9	-	20	-	180	-	-	
	6／11	12:15	28	7.4	0.9	-	13	-	-	-	-	
	9／8	-	30	7.2	0	24	34	94	27	0	-	
	平均				1.0	24	21	144	189	0	-	
083	3／21	9:20	29	-	0	-	20	-	-	-	-	
	4／22	11:45	-	-	0	-	-	28	44	-	-	
	5／6	10:20	31	7.2	0	-	41	24	44	-	-	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	9／3	-	29	7.2	0	79	50	39	71	0.5	31,300	
	平均				0	79	37	30	53	0.5	31,300	

表H．1

採水地点 No.	日	時	水温 (°C)	pH	DO (mg/l)	COD (mg/l)	BOD (mg/l)	SS (mg/l)	CL (mg/l)	H_2S (mg/l)	大腸菌群 (MPN/100 ml)	備考
091	3／19	9:45	30	-	0	-	25	-	-	-	-	クローン
	4／4	10:00	30	-	0	-	95	92	125	-	-	サンセップ
	4／29	10:10	30	7.6	1.5	92	47	9	-	-	-	
	5／20	12:45	30	7.4	0	-	59	124	70	-	-	
	6／10	13:40	31	7.8	6.7	-	21	-	-	-	-	
	9／10	-	29	7.3	0	58	18	4	77	0.6	6,100	
	平均				0.3	75	44	57	91	0.6	6,100	
092	3／19	10:15	29	-	0	-	23	-	-	-	-	
	4／4	10:25	30.5	-	0	-	38	96	118	-	-	
	4／29	10:45	30	7.7	2.8	18	14	57	-	-	-	
	5／20	11:36	30	7.4	0	-	76	120	165	-	-	
	6／10	14:00	30	6.9	2.7	-	11	-	-	-	-	
	9／10	-	30	6.8	0.9	12	7	4	42	0	1,060	
	平均				1.0	15	28	69	108	0	1,060	
093	3／19	10:30	30	-	2.1	-	22	-	-	-	-	
	4／4	10:40	30.5	-	0	-	25	86	128	-	-	
	4／29	11:00	32	7.8	0.6	102	-	10	-	-	-	
	5／20	12:00	29	7.5	0	-	37	104	155	-	-	
	6／10	14:10	30	6.9	2.1	-	9	-	-	-	-	
	9／10	-	30	6.8	1.5	4	9	13	40	0	161	
	平均				1.1	54	20	53	108	0	161	
101	3／19	11:00	30	-	0	-	13	-	-	-	-	クローン
	4／4	11:00	32	-	0.3	-	60	100	398	-	-	タン
	4／29	10:25	29	7.6	0	69	45	33	-	-	-	
	5／20	12:25	29	7.5	0	-	32	94	234	-	-	
	6／10	14:30	30	7.2	0.1	-	9	-	-	-	-	
	9／10	-	29	7.4	0	47	15	26	67	0	5,205	
	平均				0.1	58	29	63	230	0	5,205	

表H．1

採水地点 No.	日	時	水温 (°C)	pH	DO (mg/l)	COD (mg/l)	BOD (mg/l)	SS (mg/l)	CL (mg/l)	H_2S (mg/l)	大腸菌群 (MPN/100 ml)	備考
111	3／20	10:00	30	-	4.0	-	26	-	-	-	-	クローン
	4／8	9:48	31	-	6.3	-	24	97	248	-	-	プレムプラチャ
	4／30	9:50	30	7.5	0.7	66	31	15	-	-	-	コーン
	5／23	10:30	29	7.7	5.2	-	31	100	-	-	-	
	6／11	11:20	29	7.6	4.3	-	9	-	-	-	-	
	9／3	-	30	7.2	1.5	48	13	38	40	0	-	
	平均				3.7	57	22	50	129	0	-	
112	3／20	10:00	30	-	1.5	-	18	-	-	-	-	
	4／8	10:00	30	-	1.1	-	6	98	96	-	-	
	4／30	9:55	30	7.3	0	36	18	20	-	-	-	
	5／23	10:45	30	7.6	0	-	48	-	175	-	-	
	6／11	11:40	28	7.3	1.5	-	8	-	-	-	-	
	9／3	-	30	7.2	0.7	52	22	31	55	0	-	
	平均				0.8	44	21	50	109	0	-	
113	2／20	10:20	30	-	0.9	-	9	-	-	-	-	
	4／8	10:10	-	-	1.6	-	23	108	223	-	-	
	4／30	10:05	31	7.4	0.6	40	15	20	-	-	-	
	5／23	11:10	29	7.5	0	-	36	-	85	-	-	
	6／11	11:45	28	7.3	0.5	-	10	-	-	-	-	
	9／3	-	30	7.2	0.6	52	18	19	58	0	1,700,000	
	平均				0.7	46	19	49	122	0	1,700,000	
114	3／27	12:40	29	-	2.0	-	8	-	-	-	-	
	4／18	10:00	28	-	1.0	-	7	42	-	-	-	
	4／30	11:30	30	7.5	1.7	-	14	46	55	-	-	
	5／30	11:00	30	7.6	2.6	-	9	-	-	-	-	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	9／12	-	29	7.0	0.3	32	6	4	43	0	60,000	
	平均				1.5	32	9	31	49	0	60,000	

表H．1

採水地点 No.	日	時	水温 (°C)	pH	DO (mg/l)	COD (mg/l)	BOD (mg/l)	SS (mg/l)	CL (mg/l)	H_2S (mg/l)	大腸菌群 (MPN/100 ml)	備考
121	3／20	10:30	30	-	0.9	-	9	-	-	-	-	クローン
	4／8	10:20	32	-	3.3	-	22	95	200	-	-	パンスウ
	4／12	10:20	30.5	7.4	0.4	-	16	30	-	-	-	
	5／23	11:30	30	7.6	1.9	-	29	-	185	-	-	
	6／11	12:00	28	7.3	0.7	-	12	-	-	-	-	
	9／3	-	30	7.1	0	24	18	39	38	0	7.100	
	平均				1.2	24	18	55	141	0	7,100	
122	3／21	9:35	29	-	0	-	35	-	-	-	-	
	4／22	12:00	31	-	0	-	-	38	68	-	-	
	4／6	10:35	31	7.2	0	-	55	27	66	-	-	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	9／8	-	29	7.3	0	48	20	19	56	0.5	-	
	平均				0	48	37	28	63	0.5	-	
131	3／27	11:50	29	-	0	-	91	-	-	-	-	クローン
	4／9	12:45	31	-	0	-	40	36	72	-	-	サトーン
	4／9	13:20	32	7.2	0	-	75	-	85	-	-	
	5／27	9:50	30	7.6	0	-	40	-	90	-	-	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	9／16	-	31	7.4	0	101	38	17	107	0	19,500	
	平均				0	101	57	27	89	0	19,500	
141	3／27	11:30	29	-	2.6	-	31	-	-	-	-	クローン
	4／9	12:45	31	-	2.9	-	11	27	1,000	-	-	チョンノンスイ
	4／9	13:30	32	7.4	2.5	-	55	-	745	-	-	
	5／27	10:05	30	7.6	0	-	48	-	285	-	-	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	9／16	-	30	7.3	3.5	39	3	230	11	0	1,340	
	平均				2.3	36	30	129	510	0	1,340	

表H．1

採水地点 No.	日	時	水温 (°C)	pH	DO (mg/l)	COD (mg/l)	BOD (mg/l)	SS (mg/l)	CL (mg/l)	H_2S (mg/l)	大腸菌群 (MPN/100 ml)	備考
151	3／25	10:20	29	-	0	-	45	-	-	-	-	クローン ペンサイカイ
	4／10	9:45	30	-	0	-	26	40	78	-	-	
	4／1	10:00	32	7.1	0	128	-	2	175	-	-	
	5／27	11:15	30	7.2	0	-	63	-	85	-	-	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	9／17	9:50	29.5	7.3	0	133	62	44	107	0	60,000	
	平均				0	131	50	29	111	0	60,000	
161	3／25	10:10	29	-	0	-	39	-	-	-	-	クローン サン
	4／10	9:25	31	-	-	-	84	46	100	-	-	
	4／1	9:30	32	7.2	0	92	55	21	108	-	-	
	5／27	11:30	30	7.2	0	-	98	-	80	-	-	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	9／17	9:35	30	7.2	0	133	55	95	118	0	42,526	
	平均				0	63	66	54	102	0	42,526	
171	3／21	10:40	29	-	0	-	24	-	-	-	-	クローン フェイクウン
	4／22	10:50	32	-	0	-	21	30	62	-	-	
	4／6	11:30	31	7.7	0	-	62	6	87	-	-	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	9／9	-	28.5	7.3	0	19	8	20	68	0	19,550	
	平均				0	19	29	19	72	0	19,550	
181	3／21	9:50	29	-	0	-	28	-	-	-	-	クローン ラブラオ
	4／22	12:20	32	-	0	-	13	30	72	-	-	
	5／6	10:45	30	7.5	0	-	39	-	86	-	-	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	9／9	-	30	7.0	0	20	11	19	30	0	950	
	平均				0	20	23	25	63	0	950	

表H．1

採水地点 No.	日	時	水温 (°C)	pH	DO (mg/l)	COD (mg/l)	BOD (mg/l)	SS (mg/l)	CL (mg/l)	H_2S (mg/l)	大腸菌群 (MPN/100 ml)	備考
182	3／21	10:10	31	-	0.1	-	29	-	-	-	-	クローン
	4／22	12:35	32	-	0	-	24	30	62	-	-	ラブラオ
	5／6	11:00	31	7.5	0	-	48	49	84	-	-	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	9／9	-	30	7.1	0	23	9	21	33	0	4,740	
	平均				0	23	28	33	60	0	4,740	
191	3／25	10:25	29	-	0	-	34	-	-	-	-	クローン
	4／10	9:55	29.5	-	0	-	56	55	92	-	-	ナムチョン
	5／1	9:40	30	7.2	0	138	50	11	145	-	-	
	5／27	11:05	30	7.3	0	-	84	-	185	-	-	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	9／17	9:55	29	7.3	0	144	42	6	124	0	35,000	
	平均				0	141	53	24	137	0	35,000	
201	3／25	10:25	30	-	0	-	3	-	-	-	-	クローン
	4／10	10:15	31	-	2.1	-	21	93	1,000	-	-	ラオカノン
	5／1	9:45	30	7.3	0	142	21	77	1,190	-	-	
	5／27	10:05	30	7.4	0	-	23	-	425	-	-	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	9／17	10:05	30.5	7.4	4.8	10	7	272	117	0	300	
	平均				3.5	76	15	147	683	0	300	
211	3／25	10:55	30	-	0	-	6	-	-	-	-	クローン
	4／15	9:50	31	-	3.2	-	13	84	-	-	-	パンカンティーン
	5／1	10:35	31	7.3	0	-	14	78	154	-	-	
	5／28	12:00	30	7.4	0	-	6	-	-	-	-	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	9／11	-	29	7.2	0.7	38	8	64	67	0	4,850,000	
	平均				0.8	38	9	75	80	0	4,850,000	

表H．1

採水地点 No.	日	時	水温 (°C)	pH	DO (mg/l)	COD (mg/l)	BOD (mg/l)	SS (mg/l)	CL (mg/l)	H_2S (mg/l)	大腸菌群 (MPN/100 ml)	備考
221	3／25	11:05	30	-	0	-	8	-	-	-	-	クローン
	4／15	10:00	31	-	3.1	-	34	129	-	-	-	バスイジャローン
	5／1	10:40	31	7.4	0	-	10	17	308	-	-	
	5／28	12:30	30	7.4	0.5	-	7	-	-	-	-	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	9／11	-	30	7.3	0.8	51	11	3	216	0	10,400,000	
	平均				0.9	51	14	50	262	0	10,400,000	
231	3／25	11:25	30	-	0	-	9	-	-	-	-	クローン
	4／15	9:30	31	-	2.6	-	22	106	-	-	-	ベンコクヤイ
	5／1	10:45	31	7.3	0	-	13	59	167	-	-	
	5／28	11:40	29	7.3	1.4	-	7	-	-	-	-	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	9／11	-	29.5	7.3	3.8	24	4	30	17	0	420	
	平均				1.6	24	11	65	92	0	420	
241	3／26	12:15	29	-	0	-	24	-	-	-	-	クローン
	4／18	9:45	29	-	0.5	-	18	49	-	-	-	ラマ Ⅵ
	5／12	12:15	31	7.5	0	-	12	46	175	-	-	
	5／30	10:35	30	7.5	0	-	25	-	-	-	-	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	9／11	-	30	7.4	2.5	20	5	58	22	0	1,050	
	平均				0.6	20	17	51	99	0	1,050	
251	3／26	10:30	30	-	6.4	-	6	-	-	-	-	クローン
	4／10	9:30	31	-	2.8	-	10	102	-	-	-	モン
	5／15	10:40	31	7.7	2.4	-	15	40	720	-	-	
	5／28	10:30	29	7.3	1.3	-	6	-	-	-	-	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	9／18	-	30.5	7.3	4.0	13	6	127	49	0	500	
	平均				3.4	13	9	90	385	0	500	

表H．1

採水地点 No.	日	時	水温 (°C)	pH	DO (mg/l)	COD (mg/l)	BOD (mg/l)	SS (mg/l)	CL (mg/l)	H_2S (mg/l)	大腸菌群 (MPN/100 ml)	備考
252	3／26	10:40	30	-	3.9	-	7	-	-	-	-	クローン
	4／10	9:40	31	-	2.7	-	16	93	503	-	-	モン
	5／15	11:00	31	7.8	3.0	-	16	126	1,075	-	-	
	5／28	10:35	29	7.3	1.4	-	4	-	-	-	-	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	9／18	-	30	7.2	3.0	18	4	89	55	0	350	
	平均				2.8	18	9	103	544	0	350	
261	3／26	11:20	30	-	6.2	-	5	-	-	-	-	クローン
	4／16	10:10	31	-	2.8	-	19	67	652	-	-	バンコクノイ
	5／9	9:45	32	-.5	3.0	-	14	64	250	-	-	
	5／28	11:00	30	7.4	2.2	-	6	-	-	-	-	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	9／18	-	31	7.3	4.3	19	9	147	32	0	155	
	平均				3.7	19	9	93	311	0	155	
262	3／26	12:00	30	-	5.8	-	5	-	-	-	-	
	4／16	10:30	31	-	2.3	-	29	101	1,102	-	-	
	5／9	10:05	32	7.5	3.3	-	11	20	572	-	-	
	5／28	11:15	29	7.5	2.5	-	6	-	-	-	-	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	9／18	-	31	7.3	4.3	5	4	154	44	0	1,300	
	平均				3.6	5	11	92	573	0	1,300	
271	3／27	10:15	29	-	0	-	186	-	-	-	-	クローン
	4／23	9:30	31	-	0	-	20	42	598	-	-	プラカノーン
	5／8	10:15	32	7.7	3.1	-	134	-	1,344	-	-	
	5／16	9:50	30.5	7.8	1.3	-	54	26	885	-	-	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	9／16	-	30	6.9	1.2	23	4	18	66	0	174	
	平均				1.1	23	80	29	723	0	174	

To be continued

表H．1

採水地点 No.	日	時	水温 (°C)	pH	DO (mg/l)	COD (mg/l)	BOD (mg/l)	SS (mg/l)	CL (mg/l)	H_2S (mg/l)	大腸菌群 (MPN/100 ml)	備考
272	3／27	10:30	29	-	0	-	50	-	-	-	-	クローン
	4／23	9:45	31	-	0	-	27	20	798	-	-	ブラカノーン
	5／8	10:20	31	7.5	0	-	-	-	1,418	-	-	
	5／16	-	30	7.7	0	-	46	6	1,535	-	-	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	9／16	-	30	7.0	0.9	23	4	17	53	0	1,260	
	平均				0.2	23	32	14	951	0	1,260	
281	3／27	10:50	29	-	3.1	-	42	-	-	-	-	クローン
	4／23	10:30	31	-	0	-	22	56	1,968	-	-	バングナ
	5／8	10:30	31	7.5	4.1	-	44	-	5,004	-	-	
	5／16	10:30	30.5	7.4	0.9	-	61	195	5,423	-	-	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	9／16	-	30	7.4	0.9	43	11	88	150	0	800	
	平均				1.8	43	36	113	3,136	0	800	
291	3／27	11:05	29	-	0	-	48	-	-	-	-	クローン
	4／23	10:30	31	-	0	-	25	26	2,162	-	-	トエイ
	5／8	11:20	32	7.4	0	-	124	-	2,631	-	-	
	5／16	10:50	30.5	7.6	0	-	45	18	2,119	-	-	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	9／16	-	31	-	-	37	9	19	59	0	1,600	
	平均				0	37	50	21	1,743	0	1,600	
301	9／16	-	33	7.1	0.3	90	28	18	130	0	12,700	クローン ベンシントエ
311	9／17	10:20	29	7.4	1.3	22	4	81	89	0	700	クローン チャンラン
321	9／17	10:30	31	7.4	5.1	10	2	330	64	0	285	クローン ラブラナ
331	9／17	10:35	31	7.3	4.3	6	4	311	57	0	1,000	クローン バングブラコック
341	9／17	10:45	30.5	7.4	5.0	12	2	339	44	0	340	バンバケエオ

Ⅰ．管内の硫化水素発生に関する検討

I　管内の硫化水素発生に関する検討

下水管内の汚水水質が特に悪かったり、水温が高い所では管路の設計に際して、管内の掃流力の維持に加え、硫化物による腐食に対する考慮が必要となる。

1. 硫化ガスの発生

汚水内の硫化物の発生は、水道水や使用後の汚水の中に含まれる硫酸塩のバクテリアによる減少に起因する。このバクテリアの活動は主に管の下部に付着しているスリム層の中で起こり、汚水中で発生する硫化物の量は少く、無視できる範囲である。

バクテリアが有機物を分解する場合、酸素を必要とする。酸素の供給が充分でない時はSO_4^{--}イオンから供給され、S^{--}が分離される。水中での硫化物の発生時にHS^{-}との合成が起こりH_2Sが発生する。汚水のpHが5の時はほとんどH_2Sとなり、pHが9ではHS^{-}の状態が多い。汚水中にH_2Sが発生すれば以下の過程でパイプの腐食が進行する。

(1) 腐食に要する充分な量の硫化ガス（H_2S）が汚水中より管内の空洞に遊飛する。

(2) 汚水面より上部の管表面に接触する。

(3) 管の内面に接触したH_2Sは酸化され硫酸となる。

上記のプロセス1を図1.1に示した。

下水管が硫酸に対する抵抗力の弱い材質、たとえばコンクリート、アスベストセメント、鉄等の場合には徐々に腐食が進行する。

硫化物は溶存酸素の欠乏による硫酸塩の減少により発生するため、水中の酸素量が重要となる。溶存酸素量は最初から溶解している酸素量及び流下中に水面より供給される量と、汚水中でバクテリアにより消費される量との相関による。一般的に支線内においては供給より消費の方が多くなり、溶存酸素量は減少する。ある地点まで来ると溶存酸素は消滅し、硫化物が発生する。硫化物の溶解濃度が0.1mg／ℓを越えると普通のコンクリートの場合100年で2.5cm、1.0mg／ℓを越えると10年で2.5cm浸食される。

2. 硫化物制御の方法

上記に述べられているように、硫化水素は嫌気的な環境で発生する。これを抑制するためには管内の流速を充分に確保して好気的な状態に保つことが重要である。一方平坦な地域で管内流速を確保する方法を考えれば管の埋設深が深くなり、経済的に不利になる。このような場合には硫酸に対する抵抗の強い管材を使用する必要がある。

以上のようなことを考慮に入れて次の３つを硫化物対策としてとりあげた。

a　特殊な防護はせずに流速を硫化物の発生を防ぐ速さに保つこと。

b　流速コントロールはせず硫化物の発生が予想される所で耐硫化物腐食の管を使用する。

c　管の材質や流速に特別な配慮をせず、好気的に保つため空気を注入する。

大部分の場合はａの方法が経済的である。

3. 硫化物発生公式

硫化水素の発生と下水道管の腐食に関する最初の報告は１９４６年にリモカードホメロイとフレッド.D.ボウラスによってなされた。その後この研究は１９３１～１９４５にかけて南カリホルニア州のロスアンジェルスで続けられた。

以来３０年間の研究により、オーストラリアのディビー、バーカー、ジィストレスウエイトらによって最期のホメロイらの報告が少しの修正で有用なことが確認された。

ホメロイが提唱し、後に修正された硫化物制御のための算定式は以下のようである。

(1) 硫化物の発生は汚水の濃度と水温に影響される。両者を一つの式に表わすのにＥＢＯＤを用いる。ＥＢＯＤは次式で表わせる。

$$EBOD = BOD_5 \times (1.07)^{T-20} \quad \cdots\cdots (I-1)$$

ここに　Ｔ：水温（℃）

BOD_5：20°５日間のＢＯＤ濃度（mg／ℓ）

(2) 流下中の汚水水面からの酸素の供給量は主に流速と勾配に左右される。流速と限界ＥＢＯＤの関係は次式のとおりである。

$$限界EBOD = 32{,}800 S^{1/2} Q^{1/3} b/p \quad \cdots\cdots (I-2)$$

ここに　ｂ／ｐ：水面巾／潤辺

Ｓ：勾　配

Ｑ：汚水流量（m^3／ｓ）

マニングの流速公式を用い、粗度係数をｎ＝0.015とすれば

式（Ｉ－２）は次のように変換される。

$$限界EBOD = 492 \frac{A^{1/3}}{R^{2/3}} V^{4/3} \cdot b/p \quad \cdots\cdots (I-3)$$

ここに　Ａ：流水断面（m^2）

Ｒ：径　深　（ｍ）

Ｖ：流　速　（ｍ／ｓ）

4. 硫化物制御のための流速

汚水のＢＯＤ濃度を２００mg／ℓとすれば、式（Ｉ－１）を用いて、水温２７°の場合、ＥＢＯＤは次のようになる。

$$200 \times 1.07^{27-20} = 321 \ (mg/\ell)$$

硫化物制御のための必要流速は管径に対する水深をパラメータとして式（Ｉ－３）を用いて算出される。又、必要流速を維持するための設計流速は満管流速と実流速の比（V／Vf）を用いて計算される。流化物制御のための必要流速と、必要流速を保つための設計流速は円形管を対象とし、汚水の水深をパラメータとして表1.1のように算出された。又、1.2に図化した。

表1.1　硫化物制御のための必要流速および設計流速

水深／径	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
必要流速（m／s）	0.41	0.49	0.54	0.59	0.64	0.71	0.81	0.95	1.24
流速比　（V／Vf）	0.65	0.78	0.87	0.94	1.00	1.05	1.08	1.11	1.13
設計流速（m／s）	0.63	0.63	0.62	0.63	0.64	0.68	0.75	0.86	1.10

5. 考　察

硫化物制御のための必要流速を維持する設計流速は図1.2より明らかなように、水深が１割から５割の間にある場合、0.63ｍ／ｓから0.64ｍ／ｓである。計画日平均流量が設計に用いるピーク流量の１／２以下であることを考慮すれば、平均水深は１／２以下となり、硫化物制御のための設計流速は掃流力確保に必要な設計流速とほぼ等しくなる。水深が１／２以下の場合は硫化物対策としての特別な考慮は必要なくなる。すなわち、掃流力が確保できなれば建設初期や将来の平均流量に対して硫化物による腐食問題の心配はないということになる。

以上により、硫化物対策は掃流力のための流速が確保できないか、又は実流量が平均流量を越える期間のみ考慮すればよいことになる。この場合、東南アジアでよく用いられている対策は、小口径管には陶管を用い、中程度の管では厚めのコンクリート管を用いることである。又、1,200mmを越えるような大口径管には管内の上部２４０°にＰＶＣコーティングを行うことがよく用いられ経済的であるとされている。

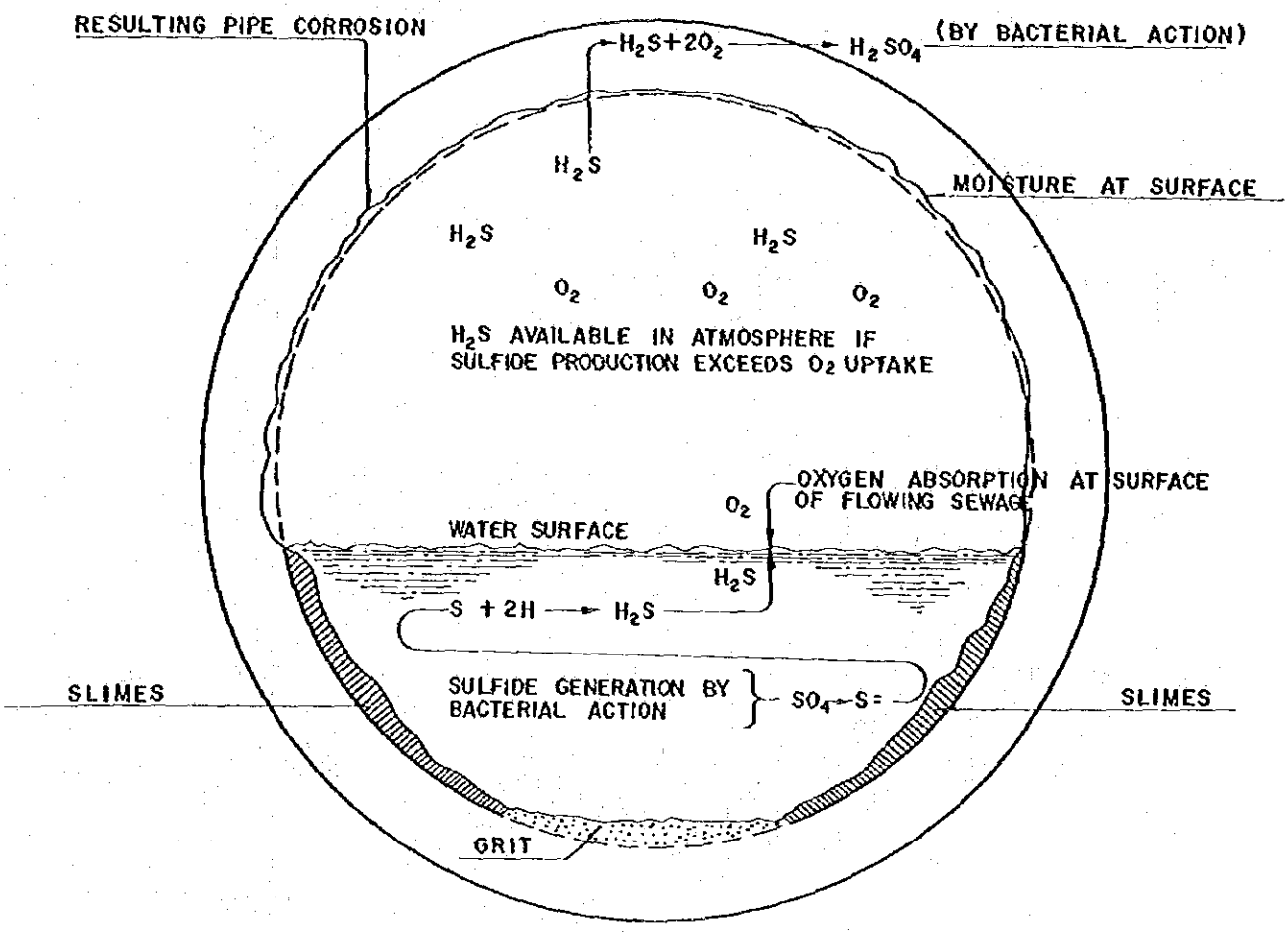


図 1·1　硫化水素による管の腐食

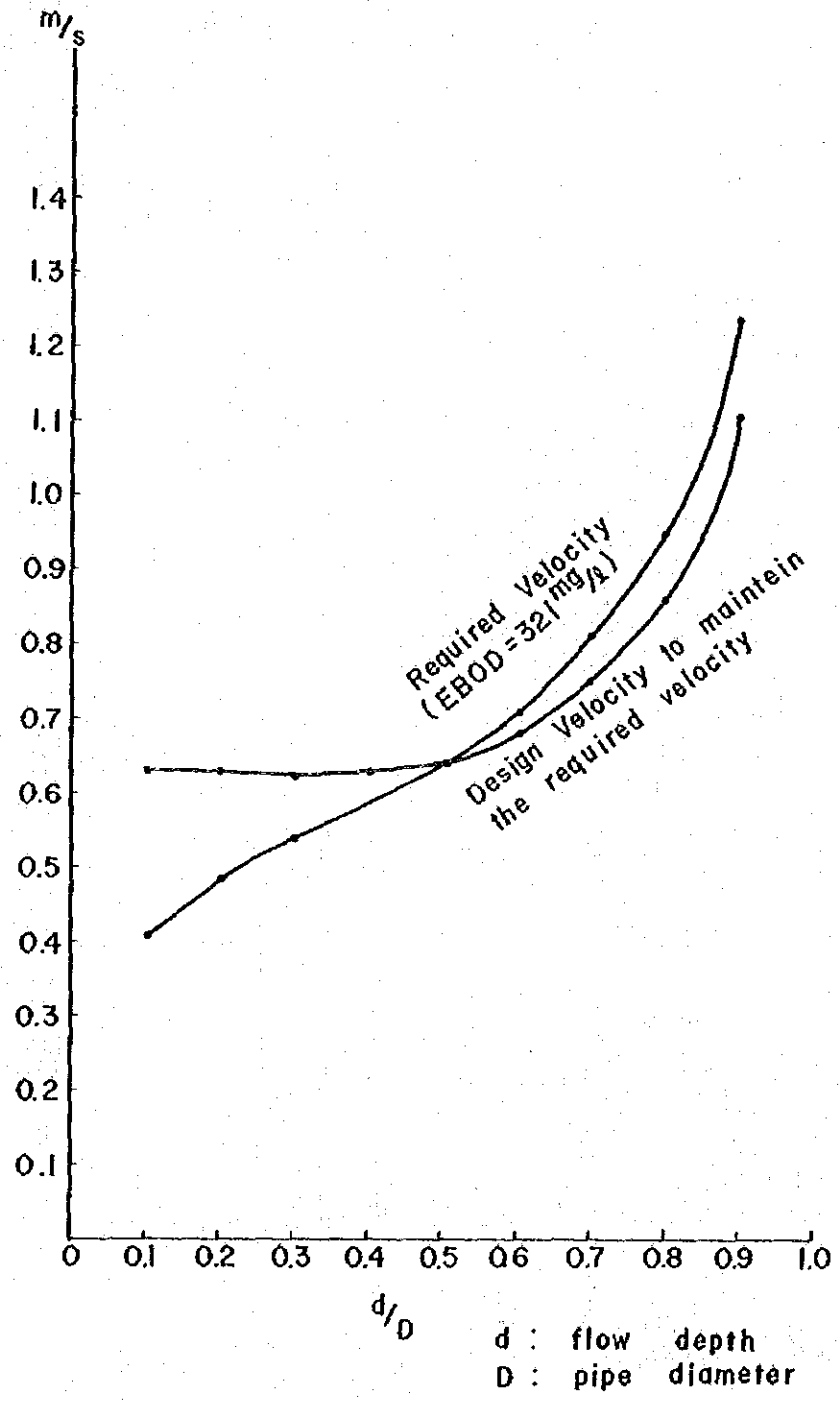


図 1・2　硫化水素発生防止のための所要流速

J．チャオピア川の汚濁解析

J　チャオピア川の汚濁解析

1. チャオピア川

チャオピア川の流域を図J.1に示す。その流域面積は１７７,０００km^2で、平均勾配は5.5／１００,０００であるが、バンコク市の位置する三角州地域と呼ばれる所では勾配も少く2／１００,０００である。バンコク市内の最小川巾は１８０ｍ、水深は約２０ｍである。下流に行くに従って川巾は広くなり、サムットプラカンで５００ｍ、河口で1,０００ｍとなっている。

1) 流　　量

チャオピア川水系には沢山の水路が入りみだれ、あらゆる水路がタイ湾に放流している。しかしその大部分はバンコック市内を流下するチャオピア川に集まっている。

又、タイ湾の潮位変化がチャオピア川の流向、水位に影響をあたえ、河川の流量算定を複雑なものとしている。

チャオピア川の流量は、チャオピアダム、ノイ川およびパサック川の河口地点で灌漑局によって測定されている。１９６６年～１９７７年の測定値によればバンコック市内の流量は乾期で月平均１５０m^3/ｓ、雨期で月平均1,３００m^3/ｓであり、月別の最大は4,145m^3/ｓ、最小は５５m^3/ｓであった。

又、超過確率９５％および７５％の流量はそれぞれ７０m^3/ｓと１００m^3/ｓであった。

チャオピア川の河口から８０km上流地点までの間に流入している大きなクローンの流入水量は１９７８年にアジア工科大学（ＡＩＴ）と環境庁（ＮＥＢ）で調査している。この調査によればクローンからチャオピア川に流入する水量は河川流量の１０％以下であった。

2) 流　　速

感潮河川の汚濁に影響を及ぼす流速には２通りある。一つは潮位変化による流速である。この流速は、河川自体の流量と潮位変動により刻々変化する。この流速の最大は１９６８年のキャンブドレッサアンドマッキー（ＣＤＭ）のレポートによれば満潮時で1.１８m^3/ｓであった。

もう一方の流速は、実際に河川から流出する水量を河川断面で割って算出される流速である。この流速は１００m^3/ｓの水量が流出する場合、ラマⅣ橋からプラパデンの間の平均断面積で計算すると0.０３１ｍ／ｓとなる。

3) 潮位の影響

タイ湾の平均的な潮位の変化はチャオピア川河口付近で１９～2.６ｍである。

この潮位変化は、チャオピア川の勾配が少いために１６０㎞上流までの流速や流向に影響をあたえる。一回の干満の差によって河川水が移動する距離は河川の淡水流量、潮位の干満の差、および位置によって変化する。グランドパレスと河口におけるこの潮位による移動距離を図J.4に示す。この図によればグランドパレス近くでは潮位による移動距離は河川の流量を１００㎥/s、干満の差を２ｍとして干潮時に２７㎞、満潮時に２０㎞である。

4) 水　質

水質はＮＥＢによりあらゆる地点で測定されている。調査している水質指標は水温、溶存酸素量（ＤＯ）、生物化学的酸素要求量（ＢＯＤ）、Cℓイオン、硝酸塩である。

１９７９年の１月から４月の間に調査された結果が表J.1である。

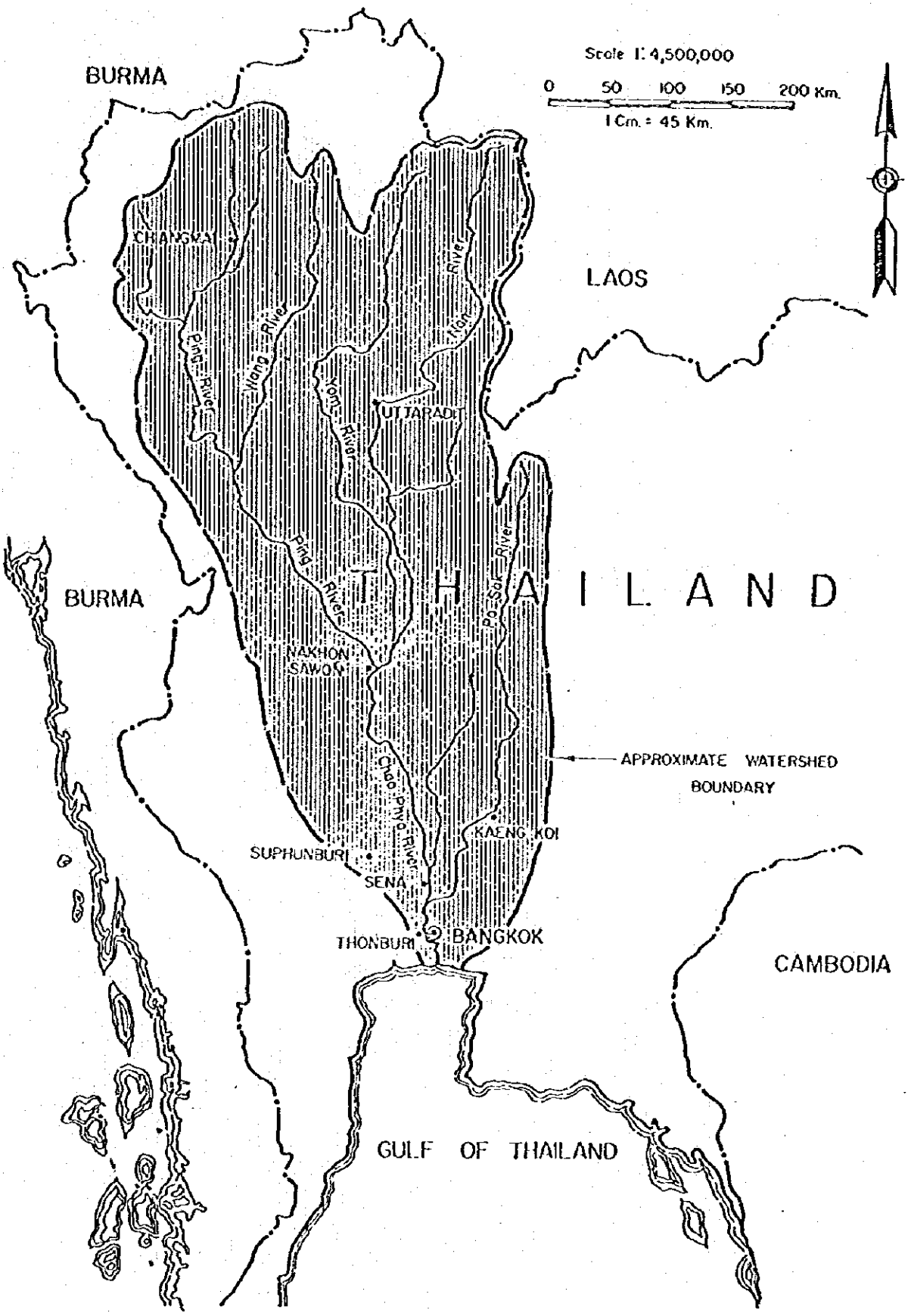


図 J·1 チヤオピア川の流域

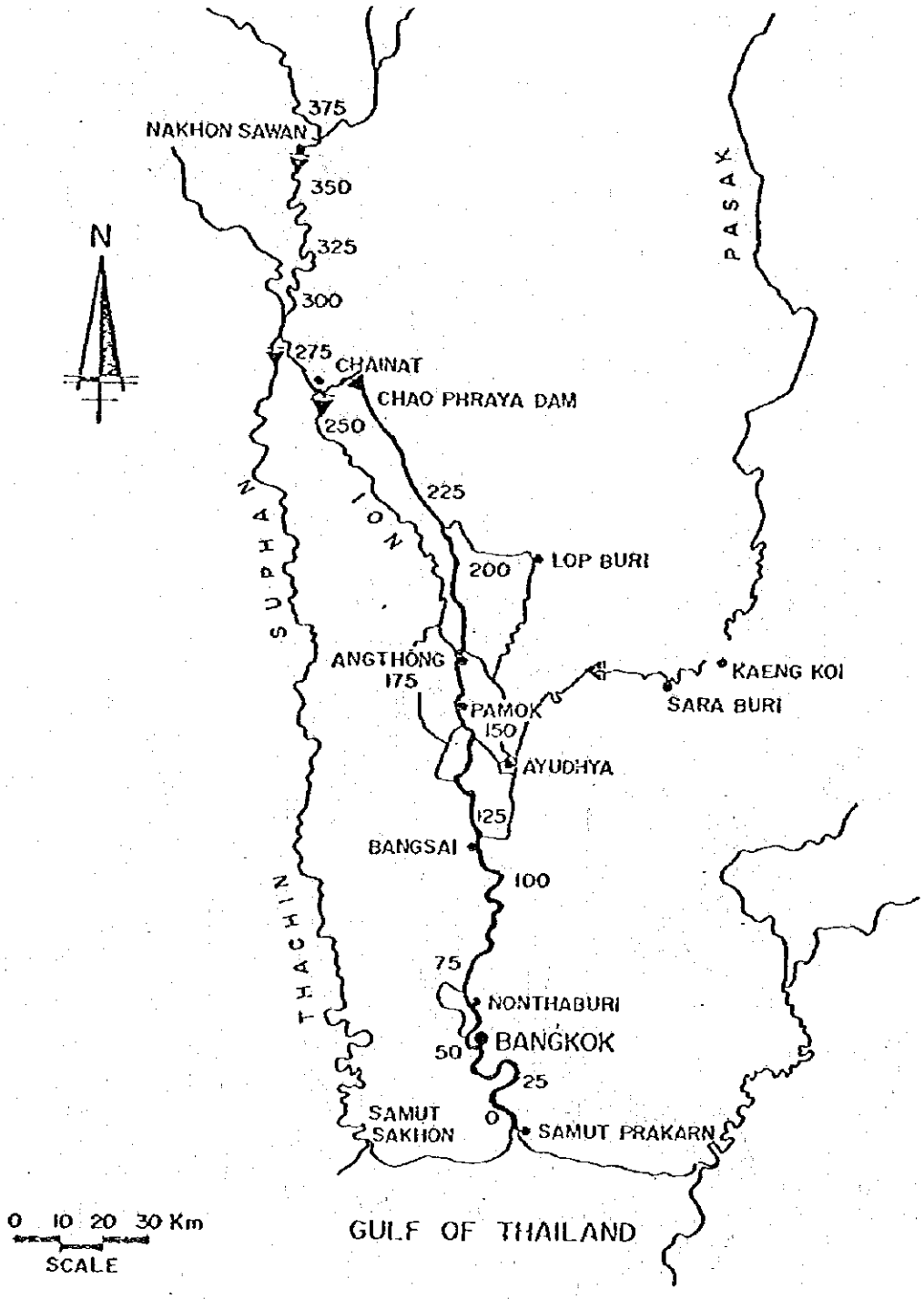


図 J・2　チャオピア川下流域

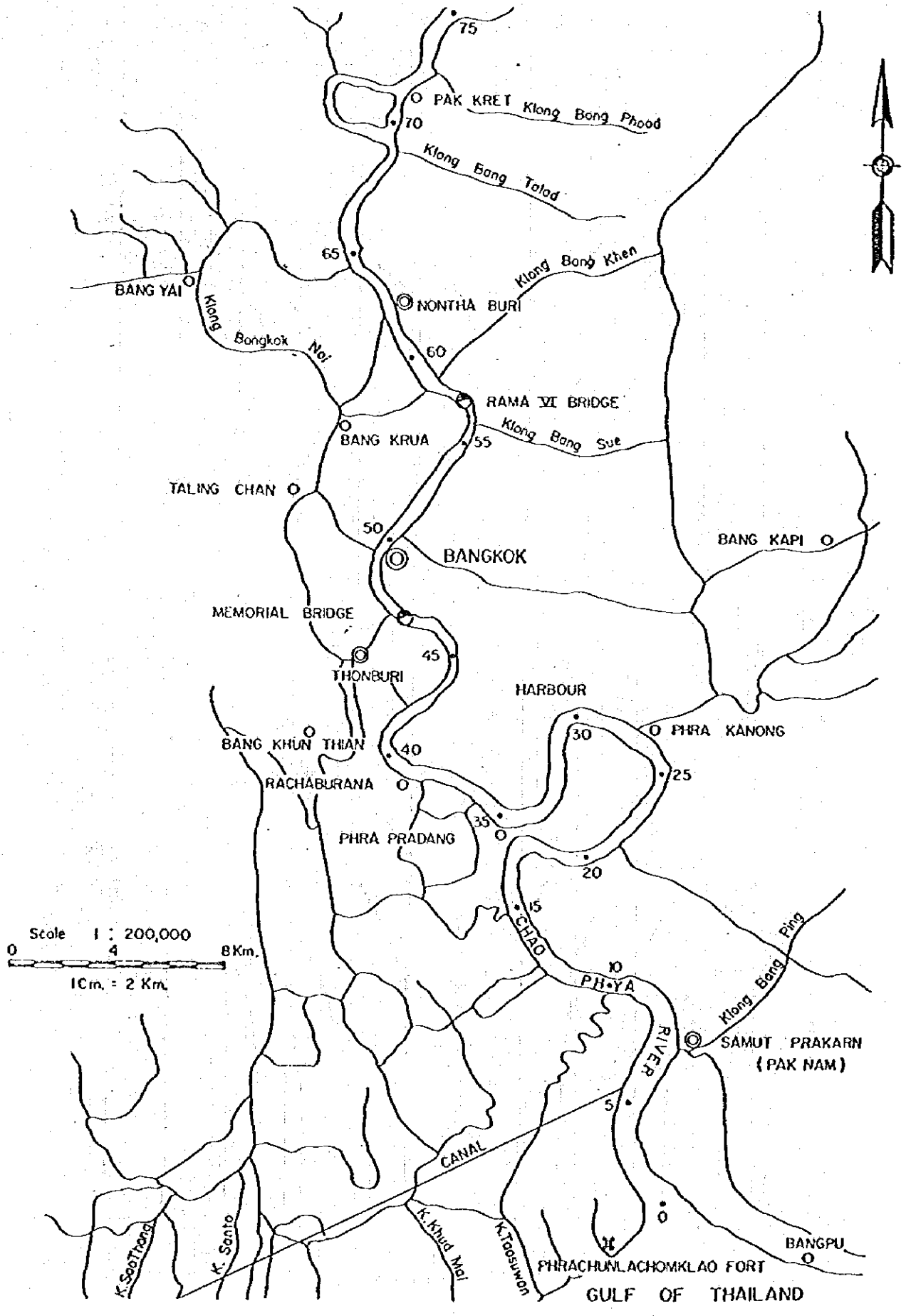


図 J・3 計画区域とチヤオピア川

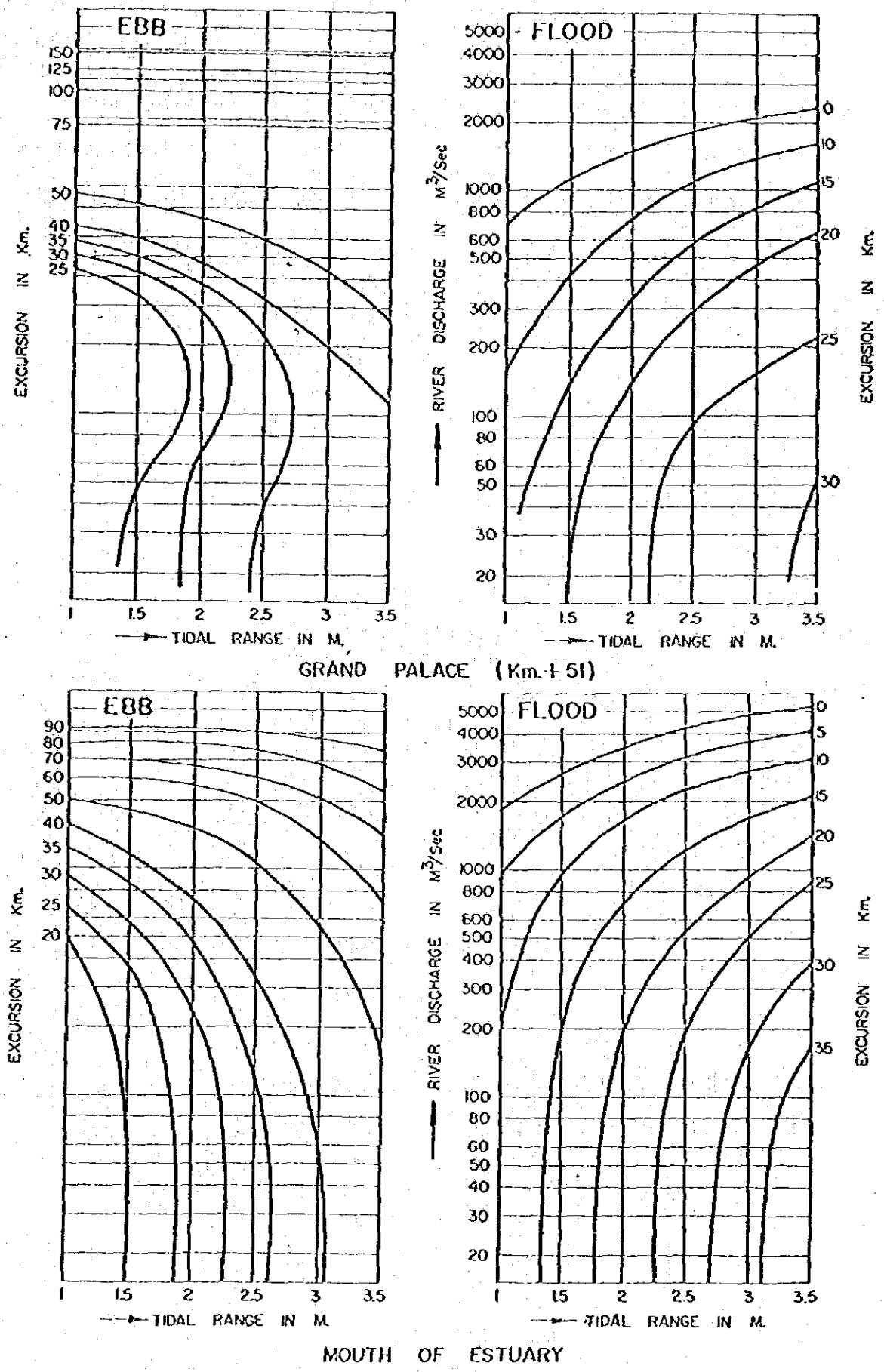


図 J・4 潮位差、河川流量と潮汐移動距離の関係

2. 解析モデル

感潮河川中の汚濁物質の動態は流体の移動や、生物群や溶解又は浮遊物質、沈殿物質による生物化学的反応による。これらの関係はあらゆる要素を考慮した数学モデルで表わされる。

物質濃度は断面方向には一様と考えて、一次元モデルで次式のように表現される。

$$\frac{dc}{dt} + U\frac{dc}{dx} - E\frac{d^2c}{dx^2} \pm S = 0 \quad \cdots\cdots (1)$$

ここに　c：物質の濃度

t：移動時間

U：x方向の流速

E：乱流拡散係数

s：供給又は減少量

x：流下距離

i) 拡散係数

一次元モデルにおいては、乱流拡散係数（E）は乱流拡散による効果と流動による効果を総合した縦方向の拡散係数（Kx）で置き換えることができる。

所用の定常状態にある塩分に関して考えれば、式(1)は次式に変換される。

$$Kx\frac{d^2s}{dx^2} - U\frac{ds}{dx} = 0 \quad \cdots\cdots (2)$$

これを解くと

$$S = So\ 10^{-0.434\frac{U}{Kx}x'} \quad \cdots\cdots (3)$$

ここに　So：河口の塩分

S：x′上流部の塩分

x′：河口からの距離（m）

So、S、x′およびUは測定可能であり、Kx が計算される。AITとNEBが1978年に乾期における塩分の調査を行っている。表J.1に示したその調査結果を式(3)に代入すればKxは次のようになる。

$$Kx = 9.94U \quad \cdots\cdots (4)$$

ii) 再曝気係数

空気中から水中に混入する酸素量は次式のように表わされる。

$$\frac{dD}{dt} = \frac{K'_2 As}{V}(Ds - D)$$

$$= K_2 (Ds - D) \quad \cdots\cdots (5)$$

ここに　K'_2：酸素混入係数

As：水面積

V：水　量

Ds：溶存酸素飽和濃度

D：溶存酸素濃度

K_2：再曝気係数

再曝気係数は流速、表面拡乱および溶存濃度の関数である。

チャオピア川の乾期における再曝気係数は１９６８年にサンボールが0.２０５／日と計算している。

iii) ＢＯＤモデル

ＢＯＤの汚染水中での分解過程は下記のように表わせる。

$$-\frac{dL}{dt} = K_1 L \quad \cdots\cdots (6)$$

ここに　L：ＢＯＤ

K_1：ＢＯＤ除去係数

河口近くの河川内ではＢＯＤは沈殿する。沈殿によるＢＯＤの減少は次式で表われる。

$$-\frac{dL}{dt} = K_3 L \quad \cdots\cdots (7)$$

ここに　K_3：沈降係数

(6)式と(7)式を混合して積分すれば、(8)式を得る

$$Lt = Le^{-(K_1 + K_3) t} \quad \cdots\cdots (8)$$

定常状態であるとして(1)式と(8)式を解けば任意の２地点間のＢＯＤの関係は次式のようになる。

$$L_2 = L_1 e^{mx} + \frac{L_B}{Kr} (1 - e^{mx}) \quad \cdots\cdots (9)$$

ここに

$$m = \frac{1}{2Kx} (U - \sqrt{U^2 + 4KrKx} \quad \cdots\cdots (10)$$

L_1 , L_2：地点１および２のＢＯＤ

L_B ：付加ＢＯＤ

e ：自然対数の底

Kr ：ＢＯＤ除去定数

$$Kr = K_1 + K_3$$

iv) ＢＯＤ－ＤＯモデル

溶存酸素（ＤＯ）量の変化は定常状態で一次元的に下記のように表わせる。

$$U\frac{dD}{dx} - Kx\frac{d^2D}{dx^2} + KrL - K_2(Ds - D) - Dp = 0 \quad \cdots\cdots\cdots \quad (11)$$

ここに　　L：ＢＯＤ

Dp：光合成等によるＤＯ供給量

式(9)、式(11)より次式を得る。

$$D_2 = Ds - \frac{Kr}{K_2 - Kr}\left(L_1 - \frac{L_B}{Kr}\right)(e^{mx} - e^{rx})$$

$$- (Ds - D_1)e^{rx} - \frac{1}{K_2}(L_B - Dp)(1 - e^{rx}) \quad \cdots\cdots\cdots \quad (12)$$

ここに

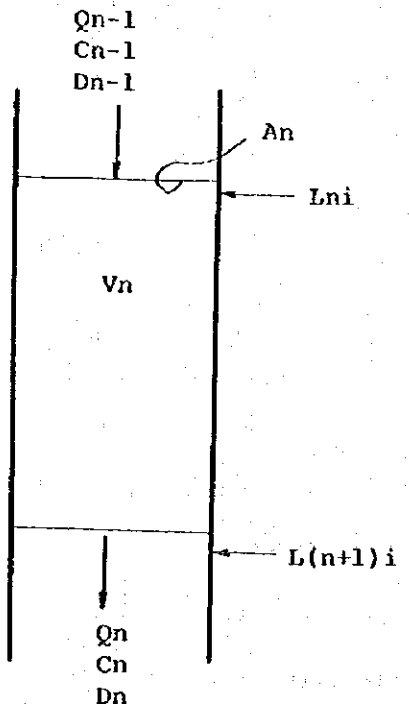
$$r = \frac{1}{2Kx}\left(U - \sqrt{U^2 + 4K_2Kx}\right) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (13)$$

3. 河川形状および水質条件

河川のモデル化のためにチャオピア川の下流部を５km間隔の１６ブロックに分割した。計算区間は河口から８０km上流までとする。ＮＥＢとＡＩＴの報告書を参考にして各ブロックの平均断面、平均水質を表J.1のように設定した。図J.5に示す水理モデルと収支モデルを用いて汚濁解析を行う。

表J．1　チャオピア川の平均断面および水質

ブロック No.	河口からの距離 (km)	平均断面積 (m^2)	ブロック内の水量 ($x10^6 m^3$)	水質 (1978) 水温 °C	DO mg/ℓ	BOD_5^{20} mg/ℓ	Cl mg/ℓ	NO_3 mg/ℓ	備考
1	75-83	2,574	20.4	-	-	-	-	-	
2	71-75	2,585	10.3	-	3.9	3.1	12	2.0	
3	65-71	2,534	15.4	-	3.3	1.6	12	1.8	
4	61-65	2,575	10.3	-	3.0	2.3	13	1.9	
5	55-61	2,704	15.5	30.7	1.6	2.4	20	1.1	ラマVI橋
6	50-55	2,850	14.3	30.6	1.6	2,7	27	0.8	
7	45-50	2,809	14.1	30.6	0.9	3.4	42	0.6	メモリアル橋
8	40-45	2,867	13.1	30.5	0.7	3.5	121	0.5	
9	35-40	3,109	15.7	30.5	0.9	2.9	548	0.6	
10	30-35	3,362	16.8	30.5	0.9	2.7	1,295	0.7	
11	25-30	3,852	19.3	30.5	0.8	2.9	2,630	0.6	バンコク港
12	20-25	3,715	18.6	30.5	1.1	2.8	3,379	0.4	
13	15-20	3,981	18.0	30.5	1.2	2.3	4,783	0.5	プラパデン
14	10-15	3,890	19.4	30.5	1.9	2.2	6,419	0.2	サムットプラカン
15	5-10	4,641	23.2	30.5	2.7	2.4	8,229	0.1	
16	0- 5	4,853	24.3	-	4.2	1.7	9,810	0.4	河　口



Vn; 第nブロックの水量

Qn-1, Qn; 第nブロックの流入・流出水量

An; 第nブロックの平均断面

Cn-1, Cn; 流出・流入のBOD濃度
（Cnは第nブロックのBOD濃度）

Dn-1, Dn; 流出・流入のDO濃度
（Dnは第nブロックのDO濃度）

Lni; 第nブロックへの流域からの流入BOD

図J．5　水量、負荷量収支モデル

4. BOD負荷

BODの測定データはAIT、NEB、工業省およびBDSから入手した。各ブロックへ流域から流入するBOD負荷量はクローン、排水路、排出工場毎に各ブロク別に算出した。ブロック別の流入負荷量の現況および将来値を表J.2からJ.6にまとめた。

一般的に入手可能なデータは20℃のBOD$_5$であるが、汚濁解析には河川水温での最終BOD値を用いる方が適切である。乾期におけるチャオピア川の水温は平均30℃であるので、ゴッターース(1948)による次式により30℃でのBOD値に変換した。

$$BOD_T = BOD_{20}\,[1 + 0.00131(T-20)]$$

ここに　T：BOD存在温度

モデルの検証のため、計算結果と実測値の比較を行う必要がある。そこで現況値をAITとNEBから入手した。これらのデータは河川水質とクローン、市街地からの排水、工場、ポンプ場からの排水のBOD負荷量であり、すべて1978年に測定されたものである。

BOD負荷流入量の将来値は2000年時点で次の4ケースに分けて算出した。

ケース1　下水道整備を行なわなかった場合

ケース2　第2処理区に下水道が完備し、工場排水が工場排水規準を満たした場合

ケース3　ケース2プラス第1処理区に下水道が完備した場合

ケース4　マスタープラン区域内のすべての地区に下水道が完備し、工場排水が規準を満たした場合

表J．2　ブロック別BOD負荷流入量（1978年）

ブロック No.	河口からの距離 (km)	BOD負荷量 (kg/日) [BOD 30°C] クローン	排水管	工場	直接放流	計	備考
1	75-83	3,825	-	314	59	4,198	
2	71-75	395	-	-	70	465	
3	65-71	-	-	6,609	145	6,754	
4	61-65	-	-	-	89	89	
5	55-61	1,601	-	405	1,628	3,634	ラマVI橋
6	50-55	10,499	62	59,733	1,969	72,263	
7	45-50	6,322	556	-	1,969	8,847	メモリアル橋
8	40-45	8,273	159	-	430	8,826	
9	35-40	29,248	-	998	66	30,312	
10	30-35	-	5,927	-	40	5,967	
11	25-30	16,280	-	4,063	37	20,350	バンコク港
12	20-25	19,644	-	377	14	20,035	
13	15-20	-	-	15,050	12	15,062	プラパデン
14	10-15	22,288	-	13	7	22,308	
15	5-10	37,799	-	1,621	24	39,444	サムット　プラカン
16	0- 5	-	-	8	-	8	河　口

表J.3 ブロック別BOD負荷流入量（2000年）－ケース1

ブロック No.	河口からの距離 (km)	BOD負荷量 (kg/日) [BOD 30°C] クローン	排水管	工場	直接放流	計	備考
1	75-83	(3,825)	-	(314)	(59)	4,198	
2	71-75	(395)	-	-	(70)	465	
3	65-71	-	-	(6,609)	(145)	6,754	
4	61-65	-	-	-	(89)	89	
5	55-61	7,384	-	(405)	(1,628)	9,417	ラマVI橋
6	50-55	21,191	73	(59,733)	(1,969)	82,966	
7	45-650	18,661	655	-	(1,969)	21,285	メモリアル橋
8	40-45	(8,273)	227	-	(43)	8,930	
9	35-40	(29,248)	-	(998)	(66)	30,312	
10	30-35	-	14,925	-	(40)	15,325	バンコク港
11	25-30	24,902	-	(4,063)	(37)	29,002	
12	20-25	(19,644)	-	(377)	(14)	20,035	
13	15-20	-	-	(15,050)	(12)	15,062	プラパデン
14	10-15	(22,288)	-	(13)	(7)	22,308	
15	5-10	(37,799)	-	(1,621)	(24)	39,444	サムット プラカン
16	0- 5	0	-	(8)	-	8	河口

(　　)：現況値と同じと仮定。

表J．4　ブロック別ＢＯＤ負荷流入量（２０００年）ーケース２

ブロック No.	河口からの距離 (km)	ＢＯＤ負荷量（kg／日）[BOD 30°C] クローン	排水管	工場	直接放流	計	備考
1	75-83	(3,825)	-	227	(59)	4,111	
2	71-75	(395)	-	-	(70)	465	
3	65-71	-	-	61	(145)	206	
4	61-65	-	-	-	(89)	89	
5	55-61	7,384	-	1	(1,628)	9,013	ラマVI橋
6	50-55	21,191	-	24	(1,969)	23,184	
7	45-50	5,821	-	218	(1,969)	8,008	メモリアル橋
8	40-45	(8,273)	-	-	(43)	8,703	
9	35-40	(29,248)	-	-	(66)	29,314	
10	30-35	-	6,500	633	(40)	7,173	
11	25-30	22,185	23,394	714	(37)	46,330	バンコク港
12	20-25	(19,644)	-	61	(14)	19,719	
13	15-20	-	-	3,698	(12)	3,710	プラペデン
14	10-15	(22,288)	-	(13)	(7)	22,308	
15	5-10	(37,799)	-	20	(24)	37,843	サムット　プラカン
16	0- 5	-	-	(8)	-	8	河　口

(　　)：　現況値と同じと仮定。

表J．5　ブロック別BOD負荷流入量（2000年）－ケース3

ブロック No.	河口からの距離 (km)	BOD負荷量 (kg/日) [BOD 30°C] クローン	排水管	工場	直接放流	計	備考
1	75-83	(3,825)	-	227	(59)	4,111	
2	71-75	(395)	-	-	(70)	465	
3	65-71	-	-	61	(145)	206	
4	61-65	-	-	-	(89)	89	
5	55-61	2,984	-	1	(1,628)	4,613	ラマVI橋
6	50-55	11,916	2,783	24	(1,969)	17,287	
7	45-50	3,364	-	218	(1,969)	5,860	メモリアル橋
8	40-45	(8,273)	-	-	(430)	8,703	
9	35-40	(29,248)	-	-	(66)	29,314	
10	30-35	-	6,500	633	(40)	7,173	
11	25-30	22,185	23,394	714	(37)	46,330	バンコク港
12	20-25	19,644	-	61	(14)	19,719	
13	15-20	-	-	3,698	(12)	3,710	プラバデン
14	10-15	22,288	-	(13)	(7)	22,308	
15	5-10	37,799	-	20	(24)	37,843	サムット　プラカン
16	0- 5	-	-	(8)	-	8	河　口

(　　)：　現況と同じと仮定。

表J．6　ブロック別BOD負荷流入量（２０００年）－ケース４

ブロック No.	河口からの距離 (km)	BOD負荷量 (kg/日) [BOD 30°C] クローン	排水管	工場	直接放流	計	備考
1	75-83	(3,825)	-	227	(59)	4,111	
2	71-75	(395)	-	-	(70)	465	
3	65-71	-	-	61	(145)	206	
4	61-65	-	-	-	(89)	89	
5	55-61	250	2,340	1	(1,628)	4,219	ラマⅥ橋
6	50-55	4,922	2,783	24	(1,969)	9,698	
7	45-50	747	2,803	218	(1,969)	4,990	メモリアル橋
8	40-45	(8,273)	-	-	(430)	8,703	
9	35-40	(29,248)	-	-	(66)	29,314	
10	30-35	-	2,419	633	(40)	3,092	
11	25-30	1,943	12,731	714	(37)	15,425	バンコク港
12	20-25	(19,644)	-	61	(14)	19,719	
13	15-20	-	-	3,698	(12)	3,710	プラバデン
14	10-15	(22,288)	-	(13)	(7)	22,308	
15	5-10	(37,799)	-	20	(24)	37,843	サムット　プラカン
16	0- 5	-	-	(8)	-	8	河　口

(　　)：　現況と同じと仮定。

5. モデルの検証

モデルによる計算値と実測値の整合を図るために式(4)の係数をトライアンドエラー法で決定する。BOD－DOモデルにおける重要な係数はBOD除去係数とチャオピア川の再曝気係数である。又、下流地域では海水の侵入によるBODの希釈やDOの供給が行なわれる。現況の計算値を表J.7とJ.6に示す。

第一近似としてはKrとK_2 および希釈による修正により比較的良い結果が得られた。DO値も河口より40km地点より下流のブロックにおいては良く適合している。しかし、BODの流入負荷量に関するもっと正確なデータの収集が必要である。

6. 将来水質

将来の予測水質を前に上げた4ケースについて行った。この結果を表J.7および図J.7に示す。

2000年において汚水処理を行なわないケース1の場合、ラマVI橋より下流の各ブロックではBOD濃度が現況より高くなり、河口より20kmから40kmの範囲のブロックでは嫌気的状態になる。嫌気的な状態になればH_2S による悪臭の発生が避けられない。

ケース2とケース3の場合、酸素減少の抑制は顕著である。しかし下水の処理を行なわなかった場合のDO濃度はバンコク港より下流で1mg／ℓ以下となる。嫌気性状態による悪臭の発生は制御できる。

ケース4の場合、チャオピア川の最小流量の時でもBOD濃度は3mg／ℓ以下でDO濃度は2mg／ℓ以上である。DO濃度が2mg／ℓというのはチャオピア川の水質としては好ましい値であるといえる。

7. 考　　察

シミュレーションモデルを用いて2000年までに行なわれるべき汚水コントロールの将来水質に関する比較検討を行った。

その結果、チャオピア川の水質コントロールには家庭排水や工場排水のコントロールが必要であることが明らかとなった。又、この検討には貯留容量や負荷量の流入量、流入ポイント、汚水処理濃度に関するもっと詳細な研究が必要であることがわかった。又、河川の嫌気性化による悪臭の発生を抑制するために家庭汚水および工場排水の処理が必要であることが明らかになり、この範囲の河川水質を期待するとすれば処理場からの排水基準としては初期

の段階では６０㎎／ℓＢＯＤが適当であると思われる。

表J.7 チャオピア川の水質計算

ブロック No.	河口からの距離 (km)	1978年 現況		2000年 ケース1		ケース2		ケース3		ケース4		ケース2'		備考
		BOD	DO	BOD	DO	BOD	DO	BOD	DO	BOD	DO	BOD	DO	
1	75-83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2	71-75	2.3	3.6	2.3	3.6	2.3	3.6	2.3	3.6	2.3	3.6	2.3	3.6	
3	65-71	2.1	3.4	2.1	3.4	1.6	3.6	1.6	3.6	1.6	3.6	1.6	3.6	
4	61-65	1.5	3.5	1.5	3.5	1.2	3.7	1.2	3.7	1.2	3.7	1.2	3.7	
5	55-61	1.3	3.6	1.7	3.4	1.4	3.7	1.1	3.8	1.1	3.8	1.4	3.7	ラマVI橋
6	50-55	5.3	2.1	6.3	1.7	2.4	3.3	1.8	3.6	1.3	3.8	2.4	3.3	
7	45-50	4.3	1.4	5.7	0.5	2.2	3.2	1.7	3.6	1.3	3.9	2.2	3.2	メモリアル橋
8	40-45	3.5	1.0	4.5	0	2.1	3.0	1.7	3.5	1.4	3.9	2.1	3.0	
9	35-40	4.1	0.5	4.8	0	3.1	2.6	2.9	3.1	2.7	3.5	3.1	2.6	
10	30-35	2.8	0.5	3.7	0	2.3	2.5	2.2	3.0	1.8	3.5	2.3	2.5	
11	25-30	2.4	0.8	3.1	0	3.4	2.2	3.3	2.6	1.7	3.5	6.7	1.0	バンコク港
12	20-25	2.1	1.0	2.5	0	2.5	2.1	2.5	2.5	1.7	3.5	4.1	0.6	
13	15-20	1.4	1.4	1.5	0.2	1.1	2.5	1.1	2.8	0.8	3.8	1.7	1.0	プラパデン
14	10-15	1.0	1.7	1.1	0.5	1.0	2.7	1.0	3.0	0.9	4.0	1.2	1.2	
15	5-10	0.5	1.9	0.5	0.7	0.4	2.8	0.4	3.1	0.4	4.1	0.4	1.4	サムット プラカン
16	0- 5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	河口

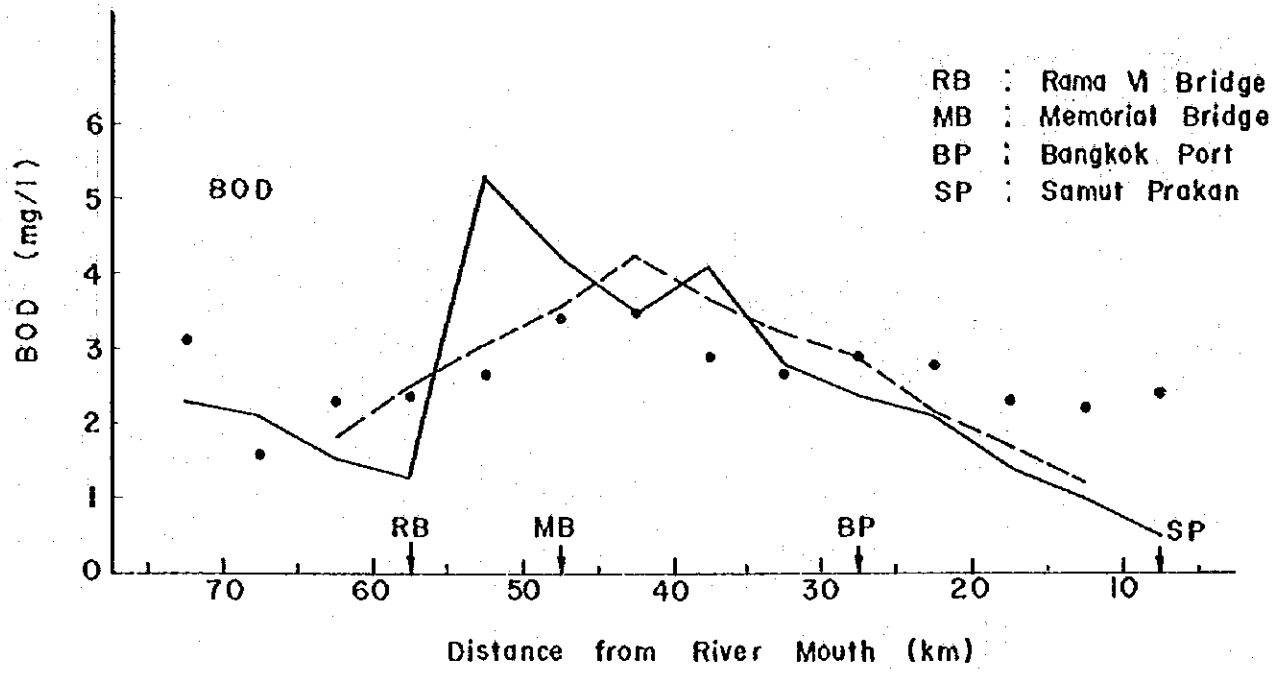
ケース1：下水道整備を行なわなかった場合

ケース2：第2処理区に下水道が完備し、工場排水が工場排水基準を満した場合

ケース3：ケース2に加えて、第1処理区にも下水道が完備した場合

ケース4：マスタープラン区域全体に下水道が完備し、工場排水が規準を満した場合

ケース2'：ケース2で下水を無処理放流した場合



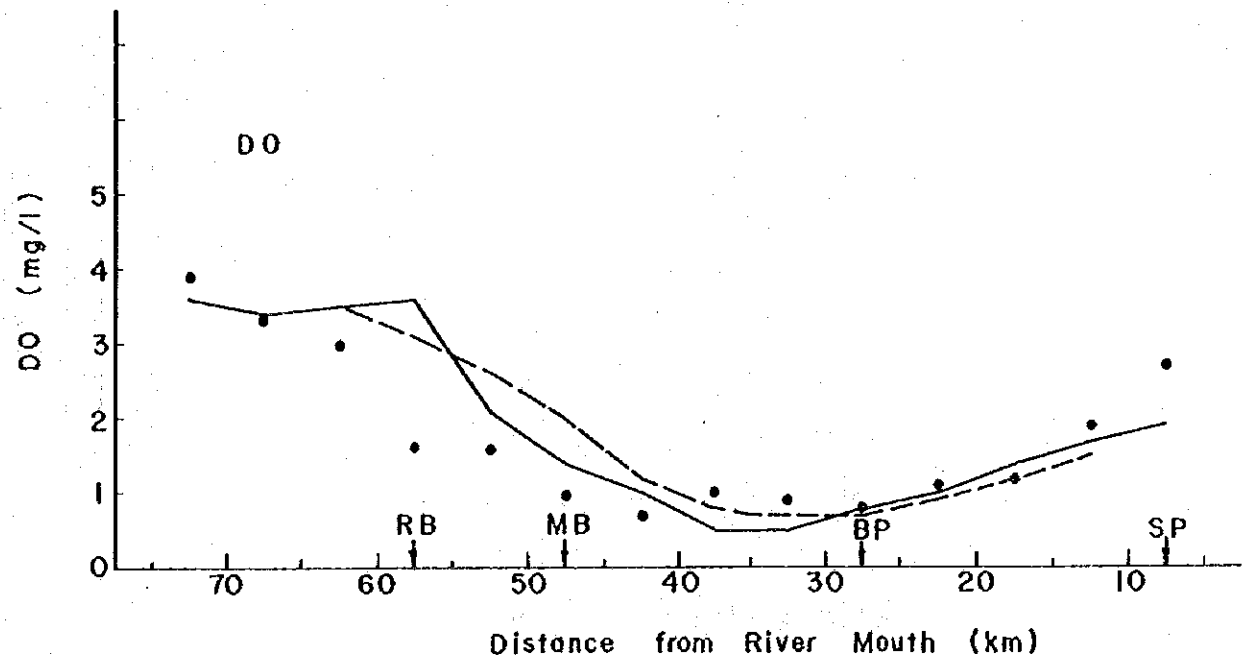
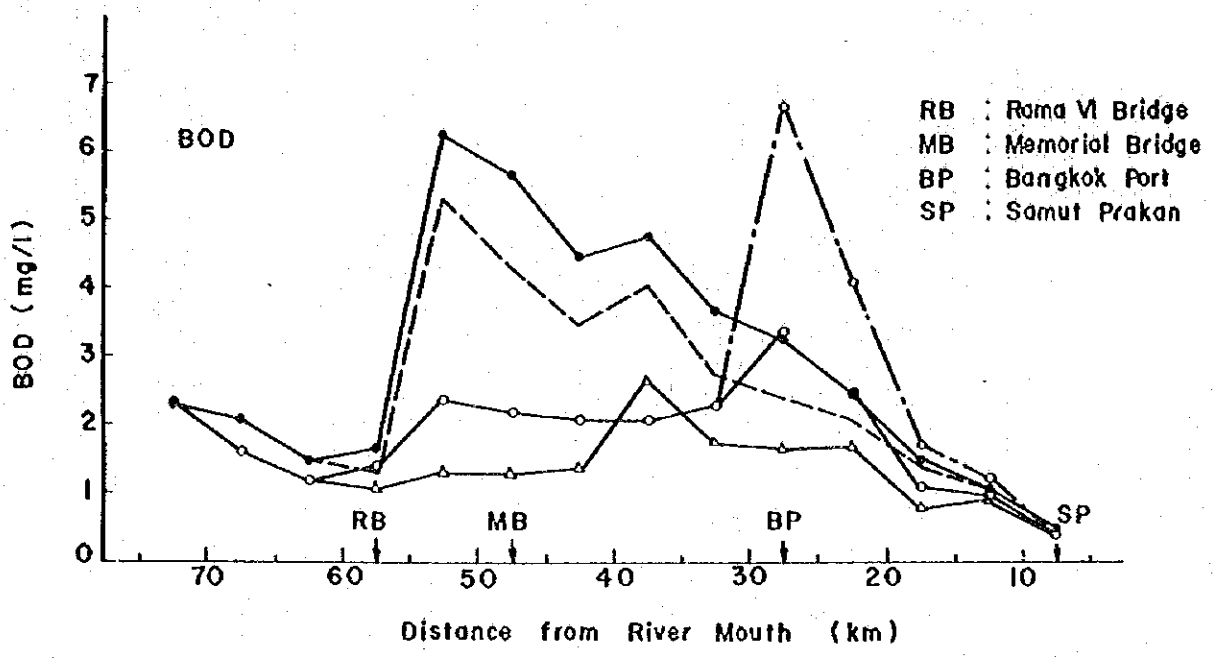


図 J·6 チヤオピア川の水質

• Observed
—— Computed
- - - Moving Average for 20 km Tidal Excurtion



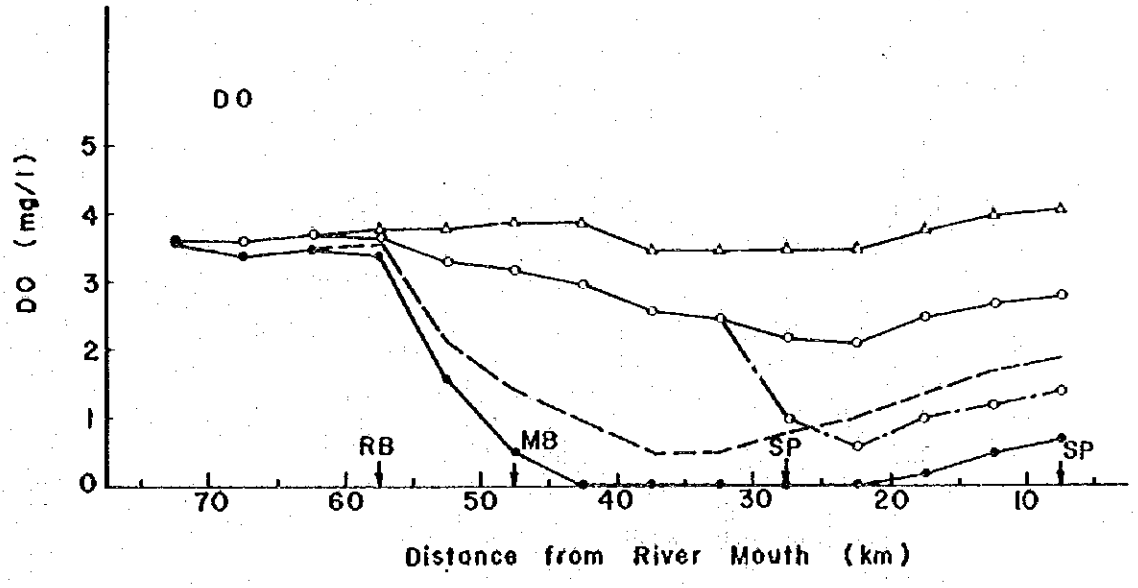


図 J・7　チャオピア川の予想水質

Case I : No Measure (2543)
Case 2 : Sewerage System is Completed in Zone 2 (2543)
Case 2 : No Treatment in Case 2 (2543)
Case 4 : Completion of Sanerge System (2543)
Present 2523 (1980)

JICA