

山口大学工学部 正員 ○関根雅彦 浮田正夫 中西 弘 日立製作所 山本修司

1. はじめに 著者らはかねてより堆積物の沈降・掃流を軸として、汚濁物質流下機構のモデル化を試みてきた。しかし、降雨期の調査実施の困難さから、汚濁物質の挙動を物質収支のとれた形で把握できず、現象解明や検証データ入手に難点があった。この点を補うため、調査対象河川に途中流入の無い調査区間を設け、上流端と下流端に自動採水器を設置して常時観測体制を敷くことにより、汚濁物質の挙動を物質収支を取りつつ長期間に渡って追跡し、現場データを用いて汚濁物質の挙動を解明する見通しを得た。

2. 調査方法 対象河川は山口県宇部市の真締川である。調査地点を図1に示す。対象区間の上流端には、フローメータとコンポジットサンプラをを設置し、流量比例採水を行った。下流端には2時間に1本の割合で採水するバキュームサンプラを設置し、上流の流量記録の結果に従って流量コンポジットを行なった。調査期間は、昭和60年10月29日～11月26日である。調査期間中は毎日サンプルを回収すると共に堆積物調査地点で堆積量調査を行なった。堆積量調査法は既報に準ずる<sup>1)</sup>。採取水の分析項目はSS, ssCOD, solCOD, ssT-N, solT-N, ssT-P, solT-P、堆積物の分析項目はCOD, T-N, T-Pである。

3. 結果と考察 調査期間中は、10/29に8mmの降雨があったものの前半10/31～11/9はほとんど降雨のない穏やかな天候であった。後半は 11/12の降雨強度16.5mm/dayを最高に、11/10～13にかけて連日雨が降り続け、その後、ぐずついた日が続き、2日ごとに数mmの雨が降った。以後、10/31～11/9を晴天期、11/10～11/25を降雨期、11/10～11/13を最強降雨時として解析を進める。調査区間の降雨量、流量変化を図2に、全期間、晴天、降雨、最強降雨各期間の水質濃度、負荷量、堆積量、流下率の最大値、最小値、平均値、標準偏差、変動係数を表1に示す。また、流下率の経日変化を図3に示す。図3より、溶存態(sol態)の流下率は調査期間を通じて比較的安定しているのに対して懸濁態(ss態)の流下率は激しく変動していることがわかる。

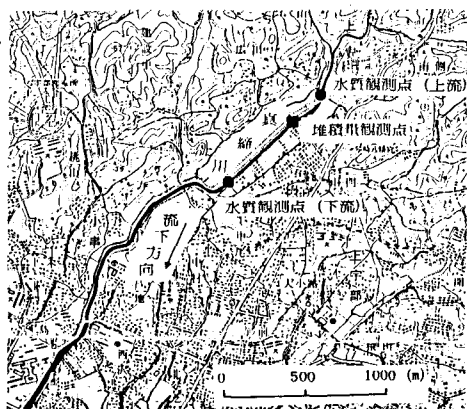


図1 調査地点

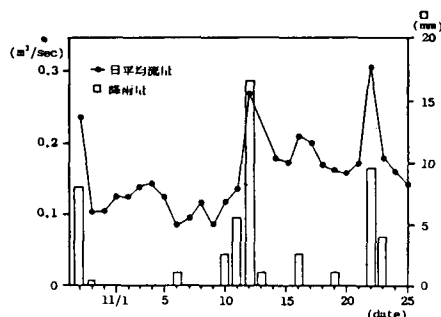


図2 流量、降雨量の経日変化

各指標のss態とsol態の構成割合は調査期間中を平均するとCODで1:2, T-Nで1:5, T-Pで3:2であり、T-Nはsol態が大部分を占めている。これは、表1においてT-Nの変動がCODやT-Pと比較して小さいことに対する説明となろう。また、表1では最強降雨時の流下率は晴天期より小さい値であるが、図3よりその原因はss態物質の流下率が最強降雨時に小さくなる点に求められる。

表1 測定結果の概要

	降雨量 日平均		水質濃度(mg/l) (T-Pはμg/l)				負荷量(kg/day)				堆積量(kg)				流下率							
	(mm)	(m³/s)	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流						
全期間	最大	16.5	0.314	9.1	1.85	230	7.4	1.43	126	212	38	4.5	151	32	2.1	205	18.7	13.7	1.31	1.08	0.31	
	最小	0.0	0.086	2.9	0.99	45	3.8	0.85	52	1	35	9	0.8	30	7	0.5	11	0.6	0.2	0.57	0.74	0.38
	平均	1.7	0.159	4.7	1.12	104	4.6	1.07	76	67	17	1.4	64	15	1.0	65	8.3	3.8	1.03	0.88	0.80	
	標準偏差	3.7	0.054	1.5	0.20	41	0.8	0.16	17	43	8	0.9	29	6	0.4	49	5.4	3.7	0.21	0.10	0.24	
	変動係数	2.24	0.34	0.32	0.18	0.39	0.18	0.15	0.22	0.65	0.45	0.81	0.46	0.41	0.36	0.75	0.65	0.98	0.20	0.11	0.29	
晴天期	最大	1.0	0.144	4.8	1.25	180	5.0	1.18	120	51	13	1.7	61	12	1.2	86	14.6	8.1	1.27	0.98	1.00	
	最小	0.0	0.086	3.5	1.01	84	4.0	0.85	68	1	35	9	0.8	30	7	0.5	11	0.6	0.2	0.86	0.74	0.45
	平均	0.1	0.115	4.3	1.18	110	4.3	1.00	80	42	12	1.1	43	10	0.8	36	4.9	2.4	1.01	0.85	0.75	
	標準偏差	0.3	0.021	0.4	0.13	25	0.3	0.11	17	5	1	0.2	9	2	0.2	23	4.2	3.2	0.16	0.08	0.19	
	変動係数	3.16	0.18	0.10	0.11	0.22	0.07	0.11	0.21	0.15	0.11	0.23	0.21	0.17	0.24	0.64	0.85	1.32	0.15	0.10	0.25	
降雨期	最大	16.5	0.314	9.1	1.85	230	7.4	1.43	126	212	38	4.5	151	32	2.1	205	18.7	13.7	1.31	1.08	0.31	
	最小	0.0	0.119	2.9	0.99	45	3.8	0.85	52	1	35	12	0.8	41	10	0.7	21	2.8	1.2	0.57	0.76	0.38
	平均	2.7	0.187	4.9	1.23	101	4.7	1.12	74	82	20	1.7	78	18	1.2	84	10.6	4.7	1.04	0.92	0.83	
	標準偏差	4.5	0.050	1.3	0.23	48	1.0	0.17	17	49	8	1.1	30	5	0.4	53	5.0	3.8	0.22	0.10	0.26	
	変動係数	1.71	0.27	0.30	0.19	0.48	0.21	0.15	0.23	0.60	0.40	0.83	0.39	0.32	0.31	0.83	0.48	0.82	0.23	0.11	0.31	
最強降雨時	最大	16.5	0.271	9.1	1.85	230	7.4	1.43	126	212	38	4.5	151	32	2.1	89	8.5	4.2	1.31	1.08	0.97	
	最小	1.0	0.119	4.8	1.18	110	4.0	0.85	76	49	12	1.1	41	10	0.8	61	5.9	2.9	0.57	0.76	0.38	
	平均	6.4	0.189	7.2	1.28	155	5.7	1.28	94	127	25	2.7	95	21	1.5	71	6.9	3.4	1.05	0.87	0.68	
	標準偏差	7.0	0.073	2.3	0.31	53	1.5	0.23	22	81	14	1.6	45	10	0.6	16	1.4	0.7	0.32	0.14	0.25	
	変動係数	1.10	0.38	0.31	0.21	0.34	0.26	0.18	0.24	0.64	0.53	0.80	0.48	0.47	0.37	0.22	0.30	0.21	0.38	0.16	0.39	

表2 堆積量変動実測値と予想値

	堆積変動量(kg)					
	COD		T-N		T-P	
	実測	予測	実測	予測	実測	予測
全期間	69	701	12	511	13	11
晴天期	36	-31	5	181	2	3
降雨期	32	731	8	341	11	8
最強降雨時	31	1261	7	161	3	5

表3 流入負荷量と流下負荷量の差の内訳

	(単位:kg)									
	sol COD		ss COD		NO3-N		T-N		P04-P	
	sol	ss	sol	ss	sol	ss	sol	ss	sol	ss
全期間	-146	216	51.3	44.3	6.9	6.7	7.4	3.3		
晴天期	-28	24	14.6	11.0	6.5	2.0	2.5	.4		
降雨期	-119	192	36.7	33.3	.4	4.7	4.9	2.8		
最強降雨時	-20	147	12.4	9.4	6.7	.8	.7	4.0		

以上より、汚濁物質の流下機構として、sol態は比較的一定の割合で減少しながら流下するが、ss態は流れの物理的な作用で大きく変動しながら流下していく、という姿が想像される。

表2は、各期間中の流入負荷総量と流出負荷総量の差を予想堆積変動量とし、実測による堆積量変動と比較したものである。これによるとCODでは晴天期には予想以上に堆積が生じているが、降雨期には予想値ほど堆積していない。一方、全期間を通じて見るとほぼ収支がとれている。T-Nでは晴天期、降雨期を通じて予想値の1/4程度しか堆積していない。T-Pでは晴天期、降雨期を通じて予測値と実測値はほぼ一致している。これらより、各項目の濃度変化の原因として、T-Nでは系外損失、T-Pでは堆積が考えられる。

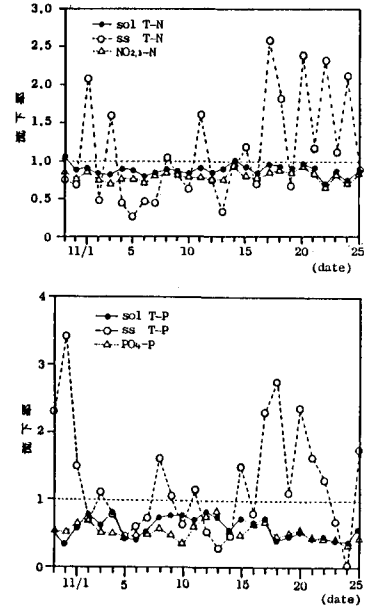
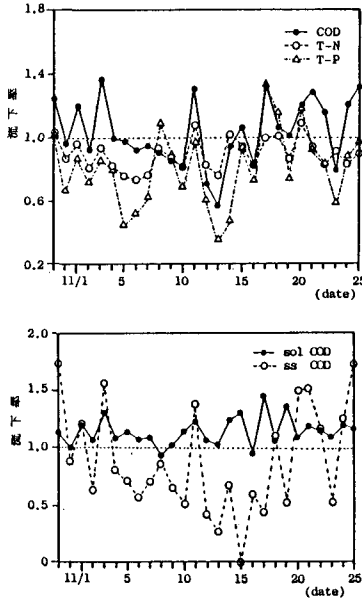


図3 流下率経日変化

CODは、分解・生産の存在により挙動が複雑であることをうかがわせる。表2の予測値に占めるsol態,ss態の内訳を表3に示す。これによれば CODではss態は流入量に較べて流出量が少ないが、一方でsol態は流出量の方が大きくなっており、調査区間内でss態からsol態への転換が起こっていると考えられる。Nでは減少量の大部分をsol態が占めており、脱窒等の作用でsol態が系外損失している。一方Pでは、堆積物に移行する物質の約2/3が、sol態であり、SSによるsol態Pの吸着等が大きな役割を果たしていると考えられる。以上より推定される汚濁物質の挙動の主要な経路を表すと図4のようになる。

4. おわりに 物質収支の取れた連続調査により、COD,N,Pの挙動の主要な経路を明らかにした。また、懸濁態と溶存態を区別して把握する必要性を指摘した。このような汚濁物質の挙動については、およその機構はこれまでも指摘されていたが、本研究によって現場データから定量的に評価しうる可能性を示し得たと考えている。さらに今後は、本調査のデータ密度の豊富さを生かしたダイナミックな解析により、汚濁物質の挙動を解明していきたい。なお、本研究の一部は科学研究費補助金奨励研究(A)(課題番号60750532)の補助を受けた。

<参考文献>1)第40回土木学会年次学術講演概要集II, p.511~, 1985 図4 調査より推定される汚濁物質の挙動

