

立命館大学理工学部 正員 山田 淳
正員 西本 安範

1. 研究の目的

本研究は、底質と表層水を含めた、水系の物質挙動を明確にすることを目的とする。そして、挙動を支配するとみられる要因のうち、沈降、浮上の回数と、底泥の粒径と操作因子として、実験によって供給量を求めた。とくに、評価のための指標としてとりあげたのは、底泥の物性と含有物、表層水への供給負荷量、および、物質移動係数である。

2. 実験の概要

試料は、都市排水路(幅1m, 晴天時流量0.02 m³/s)の底泥を採取し、ふるいわけ(湿式)したものをを用い、ガラスびんによるバッチテストとした。操作条件としては、堆積・溶出、攪拌・浮上を1日周期でくり返す場合(A₁: 粒径 250μ~2000μ, A₂: 粒径 250μ以下)と、堆積、溶出のみで表層水が交換される場合(C₁: 250μ~2000μ)とについて継続実験を行なった。

3. 底泥の性状

底泥の性状とその変化について、表-1に示す。粒径の細粗による差違は明確である。とくに、含水比、有機物(強熱減量基準)率、および金属(Mn, Pb)において著ましい。細粒子、微粒子の挙動が、汚濁のカギを握っていることがわかる。また、20日間の実験前後を比較すると、若干の劣化を読みとることができる。

4. 表層水への供給負荷量

底泥から表層水へ、溶出、浮上などによって供給される物質量を表-2に示す。これは、最初、底泥中に含まれていた物質量(S₀)のうち、11日間の操作中に表層水へ供給された量(L)との比 L/S₀で示してある。固形物からの溶解より、有機物の溶解割合が多く、金属についてもそれぞれ特性がある。④欄は、浮上の有無による影響、⑤欄は、粒径による影響の大小を示すものである。有機物は、比較的影響を受けていないようである。

5. 物質移動の実態

(1) 基礎式 底泥中の可溶性固形物(最終溶解物)を対象とすると、堆積溶出時には次式が考えられる。 $dC_w/dt = k_1(C_A - C_w) \cdots (1)$, $f dC_w/dt + dC_A/dt = k_2(C_s - C_A) \cdots (2)$ ここで、 k_1, k_2 は物質移動係数、 C は、表層水(w)、間隙水(A)、固形物(s)

表-1 底泥の性状と変化

試料	経過 日数 (日)	含水比 (%)	比重	有機物率 (%)	金 属 (ppm)			
					Fe	Mn	Pb	Cd
A ₁	0	42.9	2.61	2.6	2320	546	42	7.5
	20	41.9	2.63	2.2	—	—	—	—
A ₂	0	151.9	2.51	7.9	3040	282	348	9.6
	20	144.9	2.57	7.4	—	—	—	—

を添字とする境界面付近の代表濃度であり、ここでは、平均濃度を用いている。 f は、[表層水の体積/間隙水の体積]とする体積換算係数で、A₁において約13、A₂において約8であった。一方、浮上時における微

粒子の供給率を、残存量に比例するものとして、比率 p とすると、 $\Delta L_s = p(1-p)^{n-1} S_{L0} \cdots (3)$ となる。ここで、 ΔL_s は、1回あたりの供給量、 n は浮上回数、 S_{L0} は、微粒子の初期量である。

(2) k_1 値 実験結果を、(1)式によって整理をし、全溶解物、および溶解性有機物について、図-1にその変化を示す。 k_1 値は、比較的大きな値

表-2 L/S₀値 (//日間) (%)

	L/S ₀			(//日間) (%)	
	① A ₁	② C ₁	③ A ₂	④ ②÷①	⑤ ③÷①
全固形物	0.68	0.41	2.72	0.60	3.99
全有機物	7.39	6.75	7.77	0.91	1.05
Fe	5.22	1.63	12.76	0.31	2.45
Mn	0.71	0.26	4.75	0.37	6.68
Pb	13.63	4.89	4.63	0.36	0.34
Cd	3.92	0.00	6.01	0.00	1.53

となっており、とくに有機物にその傾向がみられる。また、細粒子 A_2 の係数は、相対的に小さい。全体にみて係数は、経日的に漸増の傾向がある。これは、 dC_w/dt 、 C_w の減少に比べて C_s の減少が著るしいことに原因がある。おそらく、粒子配列によるしゃへい効果、初期浮上時の直接供給などがあると推定される。

(3) k_2 値と最終溶解物量 (S_{L0}) (2) 式へのあてはめをして、 k_2 値、および可溶性物質の初期量 S_{L0} を算定する。ここでは、 k_2 および S_{L0} が未知数となるので、最小自乗法によって求めた。表-3 に示す。間隙水濃度を基準としたため、 k_2 値は、 k_1 値よりかなり小さい。また、溶解に肉与する量 S_{L0} は、総量 S_0 の約 1~2% (有機物では 10% 前後) にしかならず、残りの大部分は肉与しない。この k_1 と k_2 の相対的な関係によって、間隙水の保持能力が定まり、間隙水の位置づけができる。

(4) p 値と微粒子供給量 (S_{S0}) 浮上毎に、底泥中の微粒子が表層水へ供給されていく。この量の最終量を算定したものが、表-4 である。当然のことながら、細粒子の試料に多くの微粒子が含まれており、また、無機物より有機物に、より多く含まれている。このため、浮上 1 回あたりの供給率は、粗粒子の方が大きい。いずれにしても、微粒子による供給の影響はそれほど大きくはない。

6. まとめ

今回知りえた点は次の通りである。

- (1) 粒径によって、底泥の性状、供給の構造に極端な差があり、細粒子による汚濁への寄与が大きい。
- (2) 有機物は粗粒子に多く含まれ、しかも可溶性のものが大きい。
- (3) 操作条件の異なる A_1 と C_1 の間に相違がみられる。これは、攪拌・浮上による供給のためであるが、有機物の場合には、この差が小さい。
- (4) k_2 を f 倍すれば、 k_1 と同じレベルで比較することができる。有機物の A_1 では、 $k_1 > f \cdot k_2$ であって、間隙水の保持能力が小さく、全溶解物の A_1 がこれに次ぎ、細粒子の A_2 では、逆に、 $k_1 < f \cdot k_2$ となっている。したがってここでは、間隙水へのストックがおこっている。全体に、間隙水は、1~2 日で飽和に達している。
- (5) しゃへい効果などのため、 k_1 値は一定とならない。
- (6) 以上の結果、10 日間程度の堆積、浮上、沈降のくりかえしの間に、可溶性物質の約 50~60% は、粒子と分離して、表層水へ供給されてしまっていることになる。
- (7) 有機物の供給率が高いが、さらに供給率の高い金属 (Fe 、 Pb など) も存在する。

なお、本研究の一部は、昭和 51 年度関西支部講演会で発表した。

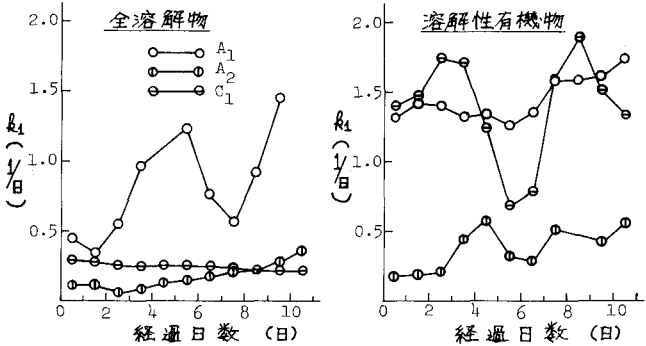


図-1 k_1 の計算値

表-3 k_2 値および最終溶解物 (S_{L0})

表-4 供給率 p および最終微粒子供給量 (S_{S0})

	試料	k_2 (1/日)	S_{L0} (g)	S_0 (g)	S_{L0}/S_0 (%)		試料	p (%)	S_{S0} (g)	S_0 (g)	S_{S0}/S_0 (%)
全溶解物	A1	0.096	3.90	515.0	0.76	浮遊物	A1	22.5	1.36	515.0	0.27
	A2	0.101	5.98	307.0	1.95		A2	6.4	9.55	307.0	3.11
溶解性有機物	A1	0.067	1.77	13.2	13.43	浮遊性有機物	A1	24.8	0.21	13.2	1.56
	A2	0.108	1.69	24.1	7.02		A2	8.4	1.29	24.1	5.37