

表-1 インドネシアの河川水質

[文献 3)]

地域名	河川名	定 量 値 (mg/l)													pH
		Ca	Mg	Na	K	CaCO ₃	SO ₄	Cl	SiO ₂	PO ₄ -P	NO ₃ -N	NH ₄ -N	蒸発残渣	懸濁物	
スマタラ	Musi	2.6	0.85	2.7	0.79	11.5	3.9	2.3	13.9	0.003	0.05	0.09	42	75	6.2
	Ogan	2.1	0.74	18.2	1.04	8.4	6.9	24.0	9.8	0.004	0.07	0.19	71	24	5.8
西部ジャワ	Ciliwung	8.0	3.1	5.0	1.26	33.3	5.2	3.7	20.7	0.019	0.78	0.01	74	94	6.8
	Citarum	11.4	4.1	7.5	1.81	47.5	9.0	4.2	22.6	0.013	0.60	0.07	99	479	6.9
	Cisokan	14.3	3.7	5.0	1.11	56.6	8.2	1.6	23.3	0.011	0.15	0.03	95	267	7.4
	Cimanuk	16.4	5.9	8.6	1.82	64.6	14.6	3.5	23.8	0.016	0.29	0.01	120	763	7.2
	Cilutung	21.0	6.1	10.6	1.38	74.2	22.9	2.4	20.1	0.017	0.47	0.01	128	876	7.3
	Citanduy	5.1	2.4	3.9	0.75	23.4	5.6	2.6	16.0	0.006	0.42	0.04	60	872	7.0
	Ciseel	14.1	3.2	5.6	1.04	53.5	4.9	2.6	22.6	0.006	0.34	0.01	89	629	7.2
中部ジャワ	Comal	23.3	4.8	8.4	1.34	80.3	12.5	2.4	26.6	0.015	0.29	0.07	129	928	7.4
	Progo	15.0	6.7	9.4	2.43	78.9	4.0	4.6	37.3	0.060	0.19	0.03	124	469	7.0
	Solo	22.4	5.8	11.6	1.69	90.6	7.4	6.0	27.0	0.048	0.40	0.05	139	886	7.3
	Serayu (1)	8.1	2.8	4.8	1.31	29.8	12.4	1.4	40.9	0.020	0.53	0	93	34	7.1
	Serayu (2)	16.7	3.6	6.7	1.11	62.6	6.7	2.4	24.6	0.012	0.19	0.03	100	629	7.3
	Serayu (3)	17.8	3.9	6.9	1.58	65.2	6.3	2.2	24.6	0.014	0.22	0	104	1 945	7.2
	Tajum	18.5	4.8	7.0	1.03	74.7	7.9	2.0	26.7	0.013	0.19	0	112	342	7.3
	Merawu	20.5	4.8	14.6	1.48	81.3	15.7	4.4	21.2	0.013	0.09	0.03	130	3 874	7.6
	Klawing	17.8	3.5	5.7	1.04	63.7	6.9	1.6	24.1	0.015	0.14	0	97	618	7.2
東部ジャワ	Solo	37.5	6.3	15.5	2.36	126.8	15.2	10.4	28.9	0.029	0.61	0.02	204	2 286	7.5
	Madium	46.4	17.2	30.3	3.26	186.0	13.9	36.9	45.3	0.095	0.57	0.01	316	260	7.8
	Brantas (1)	23.6	9.7	10.2	2.80	107.7	8.3	4.5	43.5	0.071	0.93	0.01	174	752	7.5
	Brantas (2)	22.0	13.7	20.5	4.65	132.0	9.4	8.9	76.0	0.084	0.10	0.17	215	235	6.9
カリマンタン	Barito	3.7	1.6	3.3	0.95	10.5	5.5	3.6	11.6	0.006	0.09	0.29	47	52	6.3
	Riam Kanan	5.8	11.9	2.2	0.88	62.2	1.0	2.0	25.1	0.004	0.17	0.01	85	31	7.2
	Negara	12.3	2.4	3.2	0.84	43.1	2.7	0.9	20.0	0.012	0.15	0.04	68	350	7.0
バリ島	Ayung	13.4	6.6	13.7	3.54	77.3	12.7	3.8	70.2	0.104	0.69	0.03	181	658	7.1
平 均		16.1	5.4	9.3	1.67	67.1	8.8	5.6	28.7	0.027	0.34	0.05	119	709	7.1
日本河川の総平均水質		8.8	1.9	6.7	1.19	25.4	10.6	5.8	19.0	0.007	0.26	0.05	74.8	29.2	

表-2 東南アジア諸国の水質

[文献 3)] (単位 mg/l)

国 名	調査河川数	Ca	Mg	Na	K	CaCO ₃	SO ₄	Cl	SiO ₂	NO ₃ -N	蒸発残渣
台 湾	6	44.4	12.4	14.0	1.8	121.3	59.5	6.4	10.0	0.02	221
フィリピン	8	30.9	6.6	10.4	1.7	107.4	13.6	3.9	30.4	<0.01	162
カンボジア	5	10.1	2.3	3.8	1.4	39.2	2.7	1.7	15.1	0.01	61
タイ	30	19.8	3.7	10.7	2.5	67.9	3.7	12.7	16.0	0.07	110
マラヤ	7	4.3	1.5	3.8	2.0	13.2	16.1	3.2	13.0	0.01	52
ビルマ	17	23.6	9.5	13.4	3.0	110.6	7.2	7.9	15.3	0.02	146
インド	15	28.7	10.1	23.5	2.9	134.8	12.7	13.9	17.6	0.10	191
西バキスタン	7	33.8	5.1	5.8	3.0	96.4	17.2	2.9	8.1	0.03	134
セイロン	7	6.9	2.1	3.7	1.4	31.0	0.8	2.9	13.1	0.01	50

注) 1973 年 8 月より 1 年間 (月 1 回). 日本および東南アジア諸国の水質と比較すると Ca, Mg, Na, K, アルカリ度, SiO₂, P, 溶解性蒸発残渣物, 懸濁物などが, ジャワ島東部およびバリ島の河川に多量に含まれ, スマタラおよびカリマンタンの河川に希薄な傾向がある. 懸濁物量は 2, 3 の例外を除き溶解性蒸発残渣物量よりむしろ高い値を示す.

2 000 mm, カリマンタンの山岳では 4 500 mm に上る. 雨期は北西季節風期と一致し, 年降雨量の約 2/3 を比較的短時間で終る局地的な激しいしゅう雨として降らせる. 乾期は南東季節風期と対応し, 北半球の北西季節風ならびに南半球の南東季節風を境する熱帯収束帯に生ずる前線下では, やや広範囲に多少長く継続し降水する. 海岸や港周辺の浅海域で卓越する流れは潮流であり, 海流の作用を上廻る.

潮汐は日周潮あるいは日潮不等の大きい半日周潮となり, 高低潮の起時は 1 年を周期として昼夜逆転する. 出

入港時刻を日中に限る港では, 大型船の接近航路可航時間は一般に維持浚渫土量を減少させるため満潮時前後に限定され, 季節により著しく片寄った分布を示す.

接近航路の在来地盤が砂質であっても, 浚渫後の埋没土は中央粒径 0.01 mm 以下, 含水比 300~500% のシルトとなり, 上層で浮遊土 10²~10³ g/m³ 程度の浮泥へ連続的に移行する. 海図作製用 100 KC 音響測深機の示す浮泥表層付近の水深は, 潮流による浮泥の移動や底質の浮揚・沈澱に起因して時には流速最大時に 20~30 cm 程度浅くなる.

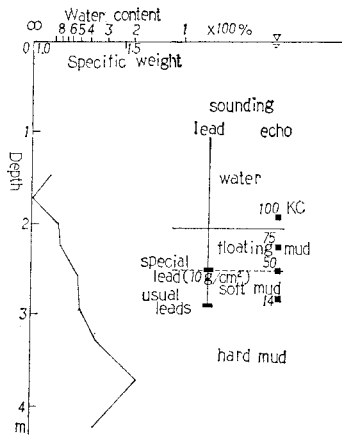


図-3 音響測深機と鉛錘の比較〔文献 6)〕

音響測深機は、周波数・出力等に左右されて異なった水深を記録し、鉛製錘も浮泥中に潜るため形状により表示する水深は同一でない。周波数 50~70 KC の音響測深機及び単位面積当り重量 10 g/cm^2 の鉛錘は浮泥と軟泥の境界を表わすとの日本における観測例もある⁹⁾ (図-3)。我国では、「港湾および航路において 0.5 メートル以上の層厚の浮泥が存在することを認めた場合には、下記により調査し浮泥層調査図を作成するを原則とする。」とあり、浮泥調査用錘 (底面積 113 cm^2 、重さ 2.7 kg 、換算重量 23.9 g/cm^2) を静かに着底させ沈下の止まった時に測定し、原図と同縮尺の別図に取りまとめることとなっている⁷⁾。航路および港内における埋没速度は大略 $1.0 \sim 2.5 \text{ m/年}$ 程度に達し、浮泥厚を増すと共に、底部では浮泥は沈澱して軟泥化する。船舶の航行、頻繁な維持浚渫により浮泥の沈降は妨げられ、他方自由に航路を横断する無数の小型船による航路周辺浅海域の攪乱は浮泥の供給を導く。維持浚渫の必要性和有効性、航行船舶への圧力と摩擦抵抗、循環水としての不純物濃度等と関連し、可航水深の決定は重要であるが、海上保険も絡み安易に定められない。

浮泥の限界掃流力は、粒径の他圧密状況⁹⁾に支配され、塑性指数や Vane 試験結果等に関する実験式^{9), 10)}、例えば

$$u_{*c} = 1.63(PI)^{0.42} \text{ cm/sec} \dots\dots\dots (1)$$

で表わされる (PI : 塑性指数, u_{*c} : 限界摩擦速度)。

本邦河川においても、平均粒径 $1 \sim 4 \mu$ の底泥は $u_{*c} = 1.7 \sim 2.2 \text{ cm/sec}$ を示し、岩垣あるいは Shields 式の 2~3 倍であり、堆積後時間の経過と共に正の指数関数で増加する¹¹⁾。Laursen による浮遊急増限界 $u_{*}/w_0 = 2$ は¹²⁾、有機物の粘着性と関連し底泥では $u_{*}/w_0 = 20 \sim 300$ となる¹¹⁾ (w_0 : 沈降速度)。

浮泥の濃度分布は Rouse 式で近似されるので¹¹⁾、波や流れ生起時の鉛直拡散係数・浮泥の表面イオンによる

構成粒子間の反発・粒子の凝集による見掛け沈降速度・堆積後重力 (自重) および電気力による圧密に伴う浮遊限界の増大等に関する研究を進め、Siltation の定量的把握も可能となる。

淡水中で沈降し難い浮泥が、海水と接触し容易に沈澱するのは、海成粘土の安定鉱物 (モンモリロナイト系、湖や河川ではカオリン系) に対する 2 価イオンの影響とされる¹³⁾。従来の巨視的水理学に加え、X線・電子顕微鏡による回折・示差熱分析他微視的土質力学の強力な援用無くして今後の進展は望めない。

底生生物やデトリタスによる底質の耐流性増加等生物学的作用も劣らず重要である。工学的には、浚渫航路法面の波や流れによる崩壊とクリープ (円弧り) を土質及び法面勾配との関連から論ずべきである。

4. 結 言

Siltation の語源であり埋没土の大半を占める Silt は、寸法・形状・構造・帯電性・吸引反発性・凝集性・堆積層の密度と間隙の経時変化・水の運動 (波・流れ) による密度減少と分離浮揚・沈降状況等微視的解明を要する課題を山積している。しかし、発展途上国の多くは港湾・航路の Siltation に悩み、年々多量の維持浚渫を継続している。海外に対する経済協力ならびに技術協力を推進する上にも、Siltation の機構解明と最適浚渫計画策定は必須の要件である。

植民地時代から旧宗主国は、防波堤の竹沈床や椰子枝の防砂堤等現地で入手し易い材料を利用して来た。戦後飛躍的な成長を遂げた我国の土木は鋼・コンクリート他新材料の信頼性に依存する余り、原始材料・伝統技術に関する研究にはいささか手薄である。

安価な材料と労働力を利用した旧来の工法を見直し、一方泥質海底の生態学的改良を試みて積極的に Siltation 軽減をも計るべきであらう。

参 考 文 献

- 1) 小城一広: インドネシアの港湾と浚渫, 港湾, 第 52 巻 12 号, 日本港湾協会, 1975.
- 2) Ollier, C. D.: 風化——その理論と実態, 松尾新一郎監訳, ラテイス, 1971.
- 3) 小林 純 他: インドネシアの河川水質について, 日本陸水学会学術研究発表会予稿集, 日本陸水学会, 1975.
- 4) 西田卯八: 人文地理学概説, 中大出版社, 1954.
- 5) 海上保安庁: ジャワ海水路誌, 第 1 巻, 書誌 224 号, 1975.
- 6) Owaki, N.: A note on depth when the bottom is soft mud, The International Hydrographic Review, Vol. XI, No. 2, Intern. Hydr. Bureau MONACO, 1958.
- 7) (財) 日本水路協会: 水路測量関係規則集, 1962.

- 8) Postma, H.: Sediment transport and sedimentation in the estuarine environment, Estuaries, G. H. Lauff Ed., 1967.
 - 9) ASCE: Task committee on erosion of cohesive materials, Proc. ASCE, Vol. 94, No. HY4, 1968.
 - 10) Dunn, I. S.: Tractive resistance of cohesive channels, Proc. ASCE, Vol. 85, No. SM3, 1959.
 - 11) 村岡浩爾: 河川底泥の浮遊特性に関する一考察, 関西支部年次学術講演会概要集(Ⅱ), 土木学会, 1973.
 - 12) 土木学会: 水理公式集, 昭和 46 年改訂版, 1971.
 - 13) 松尾新一郎・嘉門雅史: 海底浮泥の工学的性質について, 関西支部年次学術講演会概要集(Ⅱ), 土木学会, 1973.
-