

東大 正賢 市川 新

1. はじめに

対象とした河川（運河）は、ヨーロッパの大河川の1つである Meuse 河から分岐してゐる CANAL Albert である。運河はベルギーの Liège 市から Antwerpen を経て北海に注ぐ。全長 120 Km. で、毎秒平均 20 m³ 流れてゐる。標準断面は、水面巾 60 m、水深 5 m. であり、1 万トンの輸送船が平均 20~30 隻（毎時）航行してゐる。水面勾配及び河床勾配がなく、水の流れは、調査区間の最下流端 Genk より、2 Km. の所の開門の船の出入りに伴う開閉による水の動きのみである。

この運河の Oxygen Sag Curve を調査し、Streeter-Phelps 式（以下 S.P. 式という）のモデルの検討を行った理由は、次の通りである。

(1) 下流の Antwerpen 市でこの運河を上水道水源としてゐるため、ベルギー政府は、水質保存の立場から、運河への排水投棄と禁じてゐる。そのため汚濁源は Meuse 川から支流として流入するモデルと考えることが出来る。

(2) 断面がほぼ均一で、途中に水の出入りがない。

(3) 船の航行に伴つて横方向にほぼ完全に攪拌する。

(4) 調査区間 40 Km. の流下時間が、約 6.5 日である。

調査は、1969 年 4 月から 2 週間に 1 回 Liège-Genk 間 40 Km. を 16 隻で採水分析を行い、その他 S.P. 式のチェックのため各種調査を行った。

2. 水質概況

図-1 に Liège (起点) と Genk (終点) の水質を図示する。Liège は、本川から分岐してゐる所であるため、この地帯の水質は、運河への流入汚濁量をあらわしてゐると考えて差支えなく、流入する汚濁物質は、上流の都市廃水と重化学工業廃水である。

水質は、流量・水温によって、大きく変動をうける。とくに、9 月初旬は、本川流量の増加に伴つて稀釈されてゐる。

図-2 に Oxygen Sag Curve を示す（1 部）。暑期の BOD が小さいため、酸素の不足はほとんど生じてゐないが、夏期になると、不足量が大きく

なり、40 Km. に至つて回復しない場合もある。11 月には、流入量で飽和で下流に行くに従つて、不足量が大きく存する現象がみとめられた。S.P. 式と sag Curve から、未知数 k_1 , k_2 , L_0 を求めてみた。しかし、S.P. 式は、次の 2 式で示されるため、3 つの未知数のうち 1 つを仮定してやねばならない。

$$D = \frac{k_1 L_0}{k_2 - k_1} (e^{-k_1 t} - e^{-k_2 t}) + D_0 e^{-k_2 t} \quad \dots (1)$$

$$D_0 = \frac{k_2}{k_1} \cdot L_0 e^{-k_1 t_0} \quad \dots (2)$$

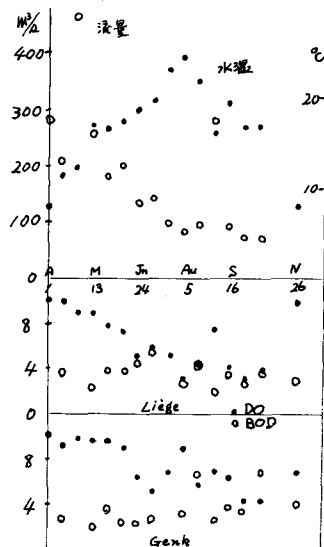


図-1 水量・水質の週間変動

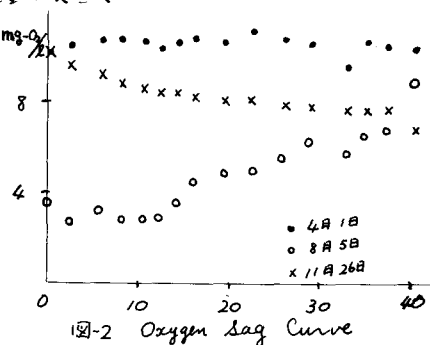


図-2 Oxygen Sag Curve

表 Streeter-Phelps 式の検定 $k_1, k_2: 1/日$ $L_0: mg/l$

		モンテ法		L_0 固定		k_1 固定		最適 sag curve 法		
		k_1	L_0	k_1	k_2	L_0	k_2	k_1	k_2	L_0
I	4月1日	0.246	1.69							
II	4月29日	0.288	4.20	0.009	0.009	0.27	0.015			
IV	5月13日	0.329	5.58							
VI	6月10日	0.117	7.82							
VII	6月24日	0.080	5.46	0.209	0.080	0.14	0.080			
VIII	7月10日	0.323	3.85	0.316	0.041	3.79	0.041			
X	8月5日	0.204	2.16	0.270	0.036	2.19	0.051	0.350	0.150	5.00
XI	8月19日	0.179	4.79	0.270	0.057	7.70	0.096	0.320	0.080	4.79
XII	9月2日	0.095	4.14							
XIII	9月16日	0.123	8.35	0.160	0.114	10.53	0.123	0.280	0.170	8.30
XIV	9月30日	0.201	5.58	0.191	0.083	5.15	0.080			

表-1は、その計算結果である。

第1欄は、連続BOD試験から求めた k_1 及び L_0 で、第2欄は、この L_0 を代入して、(1)(2)式より k_1, k_2 と求めたものである。第3欄は、並に(1)欄の k_1 を代入して、 k_2, L_0 を求めたものである。第4欄は、実際のsag Curveから、もっともフィットする k_1, k_2, L_0 とsag and error で求めたものである。その差は(4)-(3)に1例を示した。表中に欠値となつて

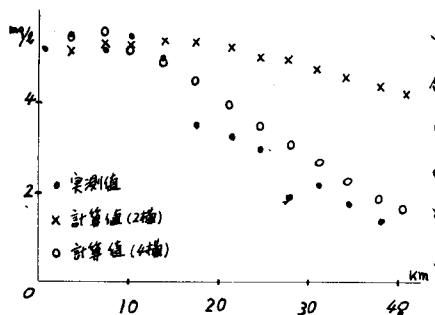


図-3 酸素不足曲線の比較 (8月10日)

るのは、理論的には計算出来なつような現象となつてゐる場合である。この調査で室内のBOD試験で求めた k_1, L_0 を使へるのは、わずかな回数にすぎなかつた。その中でも、計算値と実際のsag curveでは、大きな差がみとめられ、S.P.式は、ほとんど有効ではない。

3. 考察

以上の調査をより解釈するために、調査を行つた。結果を示す。

(a)採水調査は、1日で行つたが、終末Genkで採水した水は、6日前に分岐点 Lieje を通過したものである。日本の河川ほど水量水質の变化はなく、1日採水と、6日間の連続採水とはほぼ同じ結果をえら。

(b) k_2 の測定：この運河のように流量が大きい場合には亜硫酸ソーダ法は使用出来ず、運河上にビニール製のシートを張り、空気20ccを入れて4時間放置し、前後の空気中の酸素濃度から求めた。これによつて k_2 は、0.0092/日 であった。これは、計算値に較べてもわめて小さい値であった。

(c)光合成による酸素発生量：明暗ビンを8時間水深50cmの所に、静置しておいて測定した所、定量的な数値はえられなかつた。往路と復路の容存酸素濃度の差と、発生酸素量とすると、0.091mg/l/hr. となる。この値は、24時間連続採水による推定法と同一の結果であった。

(d)底泥による酸素消費量：イギリスの水質汚染研究所で開発した方法により測定した所、0.486mg/m²/日 となり、酸素消費量の22%にもあたる。水深が小さい場合には、その比率はさらに増加する。

(e)硝化作用：流下時間が、6.5日もあると、硝化反応がおこり、それによるDOの減少は、無視することが出来なくなる。有機窒素の上下流間の濃度は0.83mg/l で、完全に硝化が行なわれるとすると、3.7mg-O₂/l となり、11日のsag curve の説明になる。

4. おわりに：

この運河は、日本の河川と様相がまったく異なつてつて、ここに述べた調査・解析法が、直ちに、使用出来るものではない。しかし、このようなモデル的な場合においてもS.P.式はほとんど無力に等しいことは、日本の河川への無批判的な適用は、をわめて危険であることを、示してゐる。