

II-87 北海道河川のpHに関する一考察(第2報)

北海道開発局開発土木研究所 正員 谷 昭彦
正員 佐藤 徳人
西村 豊

1 はじめに

地球環境問題のひとつとして酸性雨、酸性雪などの酸性降下物の問題があげられ、その影響として森林の衰退や水域の酸性化が地域的に顕在化している。しかしながら、道内河川の水質を見ると、河川的环境指標であるpHが年々上昇しアルカリ傾向にある河川が見受けられ、酸性雨や酸性雪の実態とは必ずしも一致していない。このようなpHの変化は河川の水生生物の生息環境に影響し、生態系の変化をもたらすばかりでなく、長期的な影響として湖沼やダム貯水池など閉鎖性水域の環境の悪化を招く恐れがある。前年度¹⁾は、pHの変化をもたらす要因として河床付着性藻類を取り上げ、光合成によって影響を与える水質(pH, DO, アルカリ度)の日周性および日射条件の違いによる水質の変動量について検討を行った。

今回の報告は、付着性藻類の光合成活動を水質モデルに組み込み、モデルを利用して水質の影響を考察したものである。

2 付着性藻類の現存量と水理量

付着性藻類の現存量と水理量との関係を把握するため、調査地点として前年度の調査と同地点である十勝川新清橋と共栄橋を設定した(図-1.1参照)。新清橋は発電ダム直下で減水地点、共栄橋は発電ダムにより放流を行っており流量が変動する増水地点である。調査項目は現存量(細胞数)、水理量(水深、流速、流量、水面幅)を調査した。現存量は河道断面内の水深、流速分布を考慮し横断5点で礫を採取し測定を行った。図-1.2の藻類の現存量と水深の関係においては両地点とも水深が深くなるほど現存量も低下していることがわかる。共栄橋では新清橋より現存量が小さくなっているが、これは表-1.1より流量が大きいため、断面での総現存量も小さくなっている。また、新清橋でデータのばらつきが見られるが、流速の違いにより現存量も変動している(図-1.3参照)ことから、流速の影響と考えることができる。このように現存量と水深の傾向からみて水深が低下(流量が減少)すると、藻類の現存量が多くなり藻類の繁殖、光合成活動が有利に働くことがわかった。

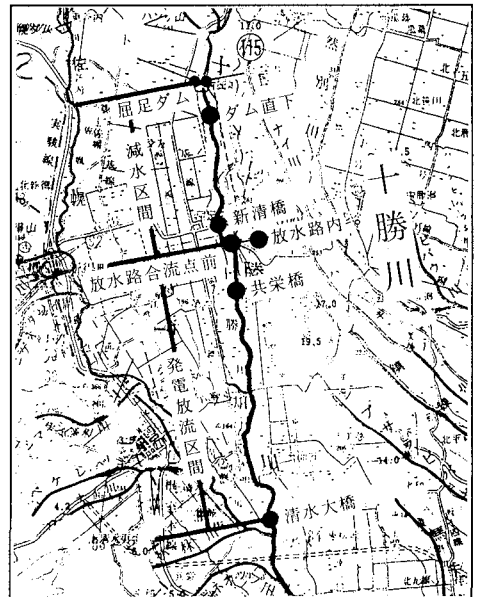


図-1.1 調査地点位置

3 付着性藻類の光合成と呼吸速度

付着性藻類の光合成と呼吸作用は流水中の炭酸及び酸素平衡に影響するため、pH, DOに変化をもたらす。そこで、現地調査により光合成、呼吸速度の関係について検討した。調査は発電ダム下流の減水区間で Field Observations and Analysis of pH in Rivers in Hokkaido (2)

by Akihiko TANI, Norito SATOH and Yutaka NISHIMURA

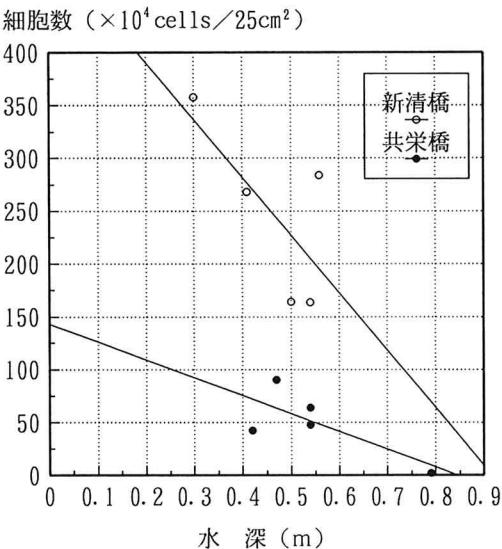


図-1.2 現存量と水深

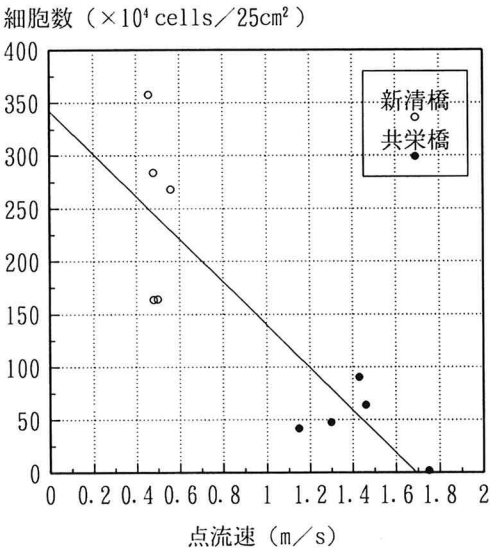


図-1.3 現存量と流速

上流からダム直下，新清橋，放水路合流点の3地点において，写真-2.1に示す塩化ビニル製（50×50cm）の透明の明箱と遮光をした暗箱の中に，藻類が付着した礫を充てんし，現地流水を満たし約9時間程度放置した後，DO，pHを測定した。各地点の測定結果を表-2.1に示す。各地点とも暗箱のpH，DOは藻類の呼吸作用により実験開始時の値より低下し，逆に明箱では上昇している。暗箱は遮光しているため呼吸作用しか働かないが，明箱ではそれに光合成作用も働く。そこで呼吸速度と光合成速度は次式によって表される。

呼吸速度（mg/m²s）

$$R = \Delta C_R \times Q / A \cdot t$$

光合成速度（mg/m²s）

$$P = (\Delta C_R + \Delta C_P) \times Q / A \cdot t$$

ここで， ΔC_R は暗箱のDO変化量（mg/l）， ΔC_P は明箱のDO変化量（mg/l）， Q は箱内の流水（l25l）， A は礫表面積（0.25m²）， t は経過時間（sec）。

呼吸速度と光合成速度の関係は表-2.2に示すように各地点とも光合成速度が呼吸速度より2倍程度大きくなっている。よっ

表-1.1 水理量調査結果

項目	単位	新清橋	共栄橋
流量	m ³ /s	4.88	40.81
流速	m/s	0.47	1.52
水面幅	m	26.40	54.20
径深	m	0.39	0.49
細胞数	×10 ⁴ cell/25cm ²	247.77	49.49

注）流速，細胞数は横断5点の平均値

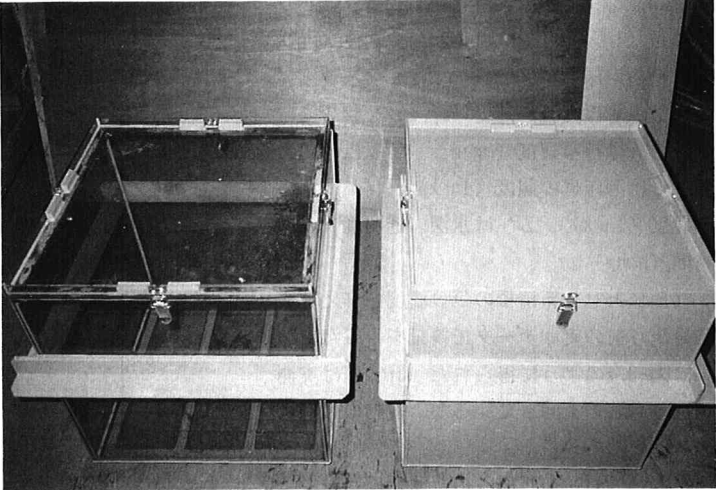


写真-2.1 明箱と暗箱

て、日間で日射量が多い昼間でpH、DOが上昇するといった現象は、光合成速度が呼吸速度より大きくなるためで、付着性藻類によるpH、DOへの影響は明らかである。

4 流量による水質変化の検討

付着性藻類の光合成はpHに影響を与えるが、DO濃度にも変化をもたらす。そこで、光合成によるDO濃度の変化が流量によって、どう変わるか簡易的に水質モデルを用いて検討した。モデルとしては新清橋～放水路合流点前の1km区間を対象とした槽列混合モデルを用い、DO濃度を指標とした流量の影響を考察した。

槽列混合モデルによるDOの変化は、次式で与える。また、再曝気係数は村上の式⁶⁾，再曝気係数の温度補正はストリーターヘルプスの式⁶⁾を用いた。

$$\frac{dC_i}{dT} = \frac{Q}{V_i} (C_{i-1} - C_i) + K_{2i} (C^*_i - C_i) + \frac{S_i}{V_i} (d_i \cdot P_i - R_i)$$

$$P = P_0 \cdot \sin \left\{ \frac{\pi}{16} (T - 4) \right\} \quad (4:00 \leq T \leq 20:00)$$

$$P = 0.0 \quad (20:00 < T < 4:00)$$

$$d = I / I_0 = 0.85 \cdot e^{-1.5 D^*}$$

ここで、CはDO濃度 (mg/l)，Qは流量 (m³/s)，Vは槽の容量 (m³)，K₂ は再曝気係数 (1/s)，C* は飽和DO濃度 (mg/l)，Sは槽の河床面積 (m²)，dは光合成速度減少係数，Pは光合成速度 (mg/m²s)，P₀ は定数，Rは呼吸速度 (mg/m²s)，iは槽の番号，Iは河床底の照度 (lux)，I₀ は水面の照度 (lux)，D* は水深／透明度，Tは時間 (hour)。

初期値として新清橋のDO濃度を与え放水路合流点前の実測データで検証を行った。結果は図-3.1のように得られた。計算値は実測値よりも若干上回っているが、変動の傾向は概ね一致している。

次に、このモデルを使用し藻類現存量を一定とする条件のもとに、流量を変化させた時

表-2.1 明暗箱の水質測定結果

調査地点	区分	実験時間 (hour)	クロロフィル a g/cm²	pH		DO (mg/l)	
				開始	終了	開始	終了
ダム直下	暗箱	9.25	5.71	7.65	7.12	9.8	7.4
	明箱		3.97	7.65	8.68	9.9	11.8
新 清 橋	暗箱	8.92	1.99	7.60	7.15	9.6	8.1
	明箱		1.67	7.62	8.84	9.4	12.2
放 水 路 合 流 前	暗箱	10.17	0.77	7.50	7.31	9.5	8.5
	明箱		1.21	7.49	8.51	9.6	11.2

表-2.2 呼吸・光合成速度

調 査 地 点	DO変化量 (mg/l)		呼 吸 速 度 (mg/m²s)	光合成速度 (mg/m²s)
	暗 箱	明 箱		
ダ ム 直 下	2.4	1.9	0.036	0.065
新 清 橋	1.5	2.8	0.023	0.067
放水路合流前	1.0	1.6	0.014	0.036

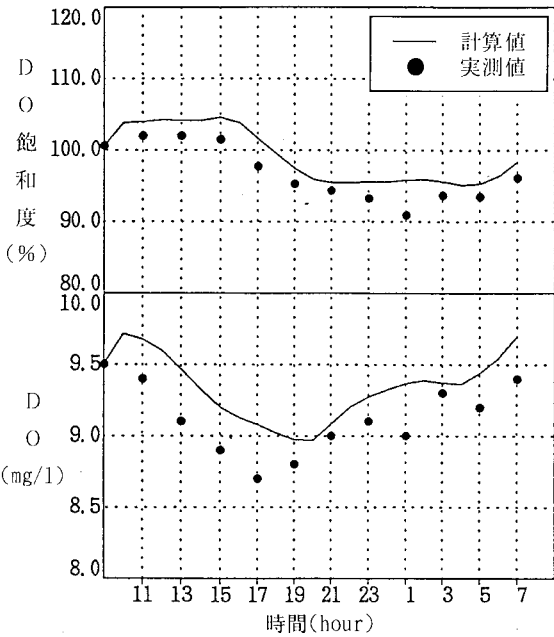


図-3.1 放水路合流点前の再現計算結果

のD Oの変化を考えた。初期値は新清橋の実測水温条件下での飽和D O濃度とした。図-3.2は流量が $2.0\text{m}^3/\text{s}$ 、 $50\text{m}^3/\text{s}$ の計算結果で、上段がD O飽和度、下段が計算によるD O濃度と初期値のD O濃度の差である。流量が $2.0\text{m}^3/\text{s}$ の場合の変化は $50\text{m}^3/\text{s}$ に比べ変動幅が大きく日周性も顕著であることが分かる。よって、光合成および呼吸作用が及ぼす水質への影響は流量が小さい条件では大きく、また、流量が大きい条件では小さくなる。これは流量の増加に伴い希釈作用と水深が大きくなり、河床礫上の光量減少で反応速度の低下が起こり影響は小さくなるためと考えることができる。以上のように、河床面上の藻類現存量を一定として検討したが、実際には流量の多い条件では現存量自体も少なくなり、その点を考慮すれば流況の影響はもっと大きいと予想される。しかし、今回の検討の範囲においても流量増減による物理的な要因がD Oに影響を及ぼしていることが明らかとなった。

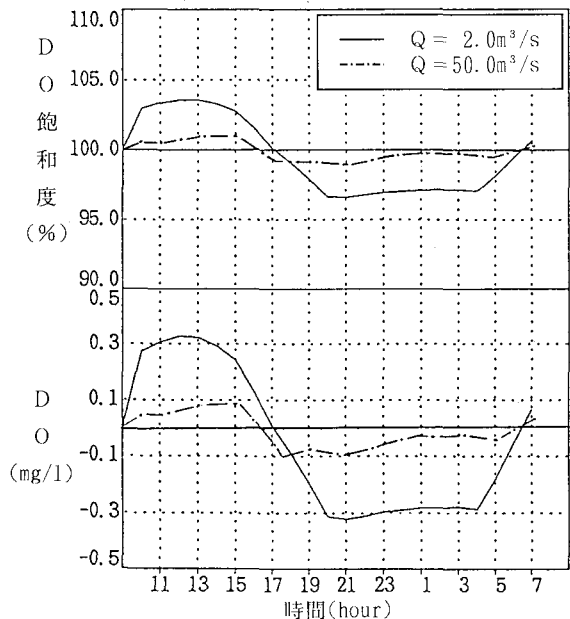


図-3.2 流量変化による放水路合流点前の計算結果

5 おわりに

河床付着性藻類の光合成、呼吸作用は水質変化の割合を高め、pHの上昇、D Oの変動といった現象につながっていることは明らかである。しかし、こういった作用での水質の変動は小さく、むしろ物理的效果による流量の減少等といった影響によるものが大きいということがいえる。今回の調査地点である十勝川においては、減水区間があり付着性藻類が繁殖しやすい状況下にある。他の河川においても減水区間が多く、さらに出水による希釈作用、藻類の剥離といった現象が少なくなると藻類の繁殖する要素が大きくなり、河川の生態系、水質に大きな影響を与えることが考えられ、こうした現象が引き起こす河川環境に対する変化を今後考えていく必要がある。

参考文献

- 1) 谷 昭彦 他；北海道河川のpHに関する一考察：平成4年度土木学会北海道支部論文報告集第49号，pp. 579-584，1993.2
- 2) 福島 博；グリーンブックス66 淡水植物プランクトン，ニューサイエンス社
- 3) 合田 健；水質環境科学：丸善株式会社
- 4) 生嶋 巧，有賀 裕勝；水界植物群落の物質生産Ⅰ・Ⅱ，共立出版株式会社
- 5) 日本水質汚濁研究会編，湖沼環境調査指針
- 6) 社団法人土木学会；水理公式集，pp465