

長良川河口堰上流域の流れに及ぼす風の影響

○中部大学大学院 学生員 鶴田周作
中部大学工学部 正会員 松尾直規

1. まえがき

長良川河口堰では気温が上昇し堰より上流方向への風が卓越する夏季に、表層でのクロロフィルa濃度の増加や底層DO濃度の低下が一時的にみられ、上流から堰へ向かう風が吹くときには水深方向の混合が生じて底層部のDO濃度の上昇がみられることが報告されている。¹⁾そこで、本研究では堰上流域の流れと水質に対する風の関与に着目し、風速と風向が水質保全のためのゲート操作（フラッシュ操作）時を含めた流れの挙動と水質分布に及ぼす影響を数値解析により検討した。

2. 解析方法

対象とする堰上流域の流れは流出入に起因する流れと風による吹送流とが複合する複雑な挙動を示すと考えられるが、いずれにせよ流下方向と水深方向の変化が卓越する一方向多層流れとみなしうる。このため、解析にあたっては連続式、水温及び水質濃度の収支式、流れ方向の運動量保存式、静水圧の式より成る一次元多層モデル²⁾を用いる。風が流れに及ぼす影響については流れ方向の運動量保存式において水表面に作用する風応力 τ_s を

$$\tau_s = \rho_a \gamma_a^2 W^2 \quad (1)$$

として計算を行った。ここに ρ_a ：空気の密度、 γ_a^2 ：風の水面摩擦係数、 W ：水面上10mの高さの風速である。なお、 γ_a^2 は湖流解析等で用いられてきた値を参考に0.0013とした。解析に用いるメッシュは500.0m×0.5mとし、河口堰（河口から5.4km地点）から35.5km地点までを計算区間とした。計算は平成7年8月の実測資料に基づいて、オーバーフロー操作が行われた8月2日（最大流出流量191m³/s、継続時間260分）とアンダーフロー操作が行われた8月22日（最大流出流量539m³/s、継続時間82分）の流況を対象に実施し、ゲート操作前後の風の影響を検討した。なお、風速については各ケースとも正負で0、2、4、8m/sの計8パターンとし、正の値を上流から堰方向に吹く風、負の値を堰方向から上流に吹く風として24時間連続でそれらの値を与えて計算した。計算時間間隔は30秒とした。

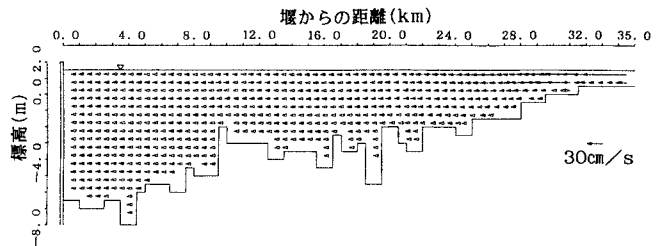


図-1 流動解析結果（W=0m/s）

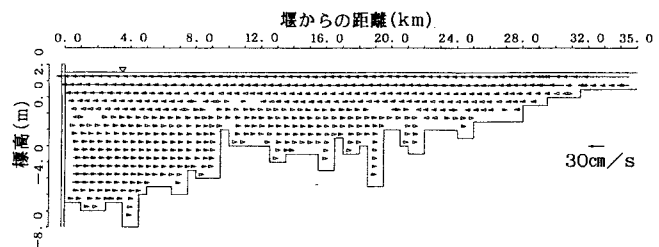


図-2 流動解析結果（W=4m/s）

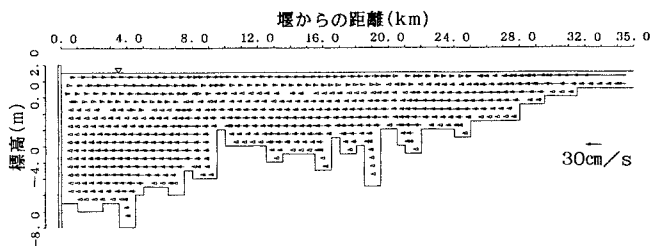


図-3 流動解析結果（W=-4m/s）

3. 解析結果と考察

3. 1 流動解析結果

図1～3に得られた結果例を示す。これらは通常操作時のものであるが堰上流3Km地点で見た場合、表層の流速は図1の無風時において1.3cm/sであるのに対し、堰方向の風を吹かせた図2では約32cm/sと大幅に増加している。また、低層部では図1において表層と同様に堰へ向かって流下していた流れが、図2では堰から上流に向かう流れとなり表層の吹送流に伴う循環流が形成されている。一方、図3に示した堰から上流へ向かう風が作用する場合には上流方向への吹送流が堰上流25Km付近まで現れ、その直上流で流下した流入水が中低層へ潜入して図2の場合とは逆向きの循環流を形成している。このとき、堰へ向かう中低層の流れは表層水を連行して図1に比べてかなり大きな流速を示す結果となっている。また、逆流する表層水と流入水が出会う付近では流れが緩やかとなり停滞性水域の様相を示している。このような風に起因する流れの挙動は長良川河口堰における夏季の藻類増殖とその集積域の推移を考える上で重要な要素の一つであり、今後さらに検討を要する課題である。

3. 2 風速・風向の変化に伴う流動変化

図4～6に、堰上流3Km地点で見たときの風速・風向と流速との関係を示す。上流から堰方向に吹く風の場合、いずれも表層の流下流速は式(1)で与えた風応力に比例するように風速の増加とともに増す傾向がある。それに対応して中低層の流下流速は減少し、流出入に起因する流れが小さい場合には風速が4m/s以上になると上流方向へ逆流する。また、低層では中層に比べ流下速度の低減が顕著となるが、アンダーフロー時にはその程度は比較的小さい傾向がある。なお低流量時にこの向きの風速が大きくなると、表層を流下した高濃度のD.Oを含む水が堰で反転して低層部へ供給され、低層部のD.O濃度の改善を促す要因の一つになると考えられる。堰から上流方向への風が吹く場合については、対象としたアンダーフロー時の風速2m/sのケースを除くと表層流は逆流し、その値は風速に見合う風応力に対応して増す傾向が認められる。この場合、中低層部の流れはいずれも下流向きであり、風速の増加とともにその値を増すこともわかる。このような流れの変化は風速が大きくなることにより低層部へのD.O供給が期待できるものであろう。

4. あとがき

風が長良川河口堰上流水域の流れと水質に及ぼす影響を解析した結果、その影響は風向に関わらず風速が増すほど大きいことが確かめられるとともに、少なくともその定性的特徴を明らかにすることができた。また、一部ではあるが現地での流れと水質分布の実態を説明する結果も得られた。しかしながら、風の影響の定量的な検討や、多様な現実条件下での検討は今後の課題であり、より長期的な検討も含めてさらに研究を進める予定である。

参考文献

- 1) 建設省中部地方建設局、水資源開発公団中部支社；平成7年度長良川河口堰モニタリング年報（第1巻）
- 2) 岩佐義朗編著；数値水理学、丸善、pp. 107-136

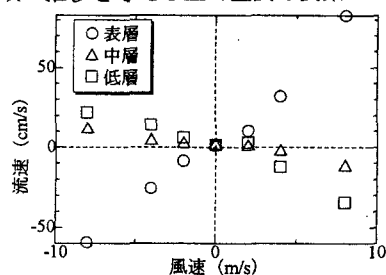


図-4 ゲート操作前の
流速と風速の関係

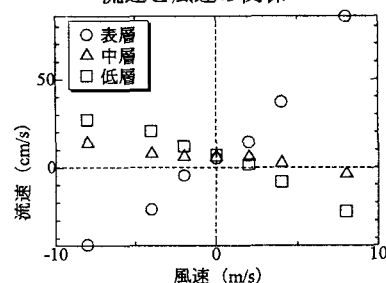


図-5 オーバーフロー操作後の
流速と風速の関係

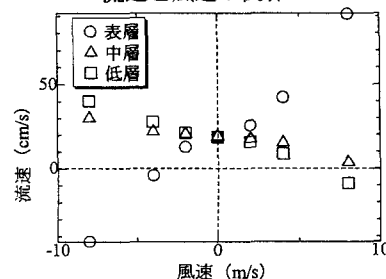


図-6 アンダーフロー操作後の
流速と風速の関係