

神戸大学工学部 学生員○ 吉本和弘
神戸大学大学院自然科学研究科 学生員 岸修士郎
神戸大学大学院自然科学研究科 正会員 中山昭彦

1. 序論

近年、数値計算による乱流のシミュレーションがいろいろな分野で多くなされ、実際、チャンネル流や単純な物体周りの流れの計算では、流れの特徴を捉えるのにある程度の成果を修めている。しかし水工学で扱う開水路流、特に実河川流等において流れのシミュレーションを行った例は極めて少ない。そこで本研究では、気流のシミュレーション等のために開発された LES 計算プログラムを基に、水面を有する任意形状の3次元開水路流に適用できる LES 計算プログラムを作成した。そしてそのプログラムの検証例として、また実河川流の様相の把握、実河川流シミュレーションへの LES の適用を目的として、奥吉野発電所旭ダム貯水池の揚水発電による流れのシミュレーションを行った。

2. 開水路のための LES

本研究における LES の数値計算法は、SGS モデルに標準 Smagorinsky モデルを、空間差分法に UTOPIA スキームを、時間進行法に 2 次精度 Adams-Bashforth 法を、圧力解法に HSMAC 法を用いたものである。そして、計算格子は直交座標上の食い違い格子であり、格子数は $111 \times 51 \times 17$ である。

計算は一定の流入速度 $U_0 = 1.0 \text{ m/s}$ の一様流入条件を与え、流出条件については自由流出としている。また、水面については、本研究の対象地形の水面の勾配と速度勾配は限りなく 0 に近く、水面近傍の渦動粘性係数は小さくなると考えられるため、滑り条件を与え、水面の位置についても水面標高の上下速度は非常に小さく、流れの様相の把握という目的においては無視することができると判断し、固定としている。流体を覆う壁面の境界条件には滑り無し条件を与えることにより地形による影響を再現した。

3. 実河川流の計算

本研究の対象地形には、図-3.1 のような、揚水発電のための下部貯水池である奥吉野発電所旭ダム貯水池の x 方向 2200m、 y 方向 1000m、水深 80m の領域を取り上げた。この貯水池では揚水発電のため x 方向 1500m、 y 方向 560m、水深 20m の位置の放水口から、上流からの流量 $400 \text{ m}^3/\text{s}$ とすると y 方向から 60° の方向に $2000 \text{ m}^3/\text{s}$ の流量で放出または吸い込みが行われる。

地形の境界形状の作成については、図-3.1 上の等高線と実績河床高横断図により、20m 間隔の点での標高をデータとして与えることにより図-3.2 のようにコンピューターで再現した。また、ダムの形状については、図-3.3 のようにほぼ中間にある開口部から放出するような形状であるとした。

本研究においては、計算ケースとして表-3.1 のような 3 ケースについて計算を行った。

	途中地点	時間ステップ	無次元時間刻み
Case1 (発電時)	放出	12000	0.001
Case2 (平常時)	無し	12000	0.001
Case3 (揚水時)	吸い込み	1000	0.001

表-3.1



図-3.1 奥吉野発電所旭ダム貯水池

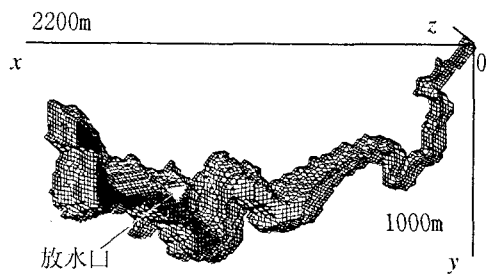


図-3.2 貯水池の形状

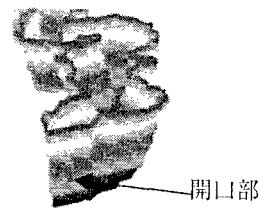


図-3.3 ダムの形状

4. 計算結果

図-4.1(a), (b), (c)はそれぞれのケースの水深 20m の $x-y$ 平面での流速ベクトルの全体図でありベクトルのスケールは統一してある。図-4.2(a), (b), (c), (d), (e)はそれぞれのケースの A 断面 ($x=1500m$) , B 断面 ($x=1700m$) 図であり、流速ベクトルと流速の絶対値線を示している。ベクトルのスケールは統一してある。

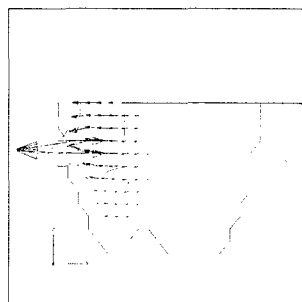
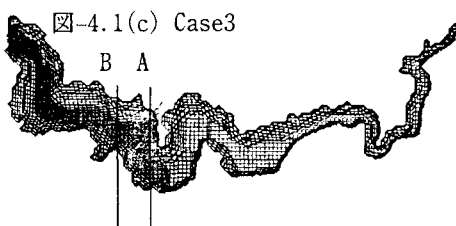
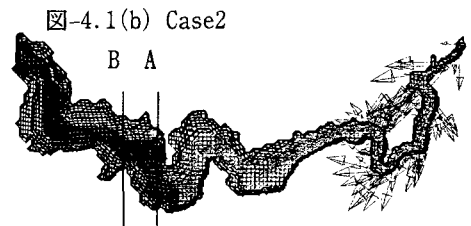
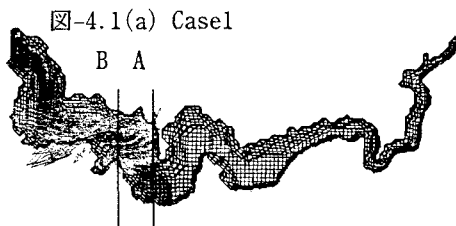


図-4.2(a) Case1, A 断面

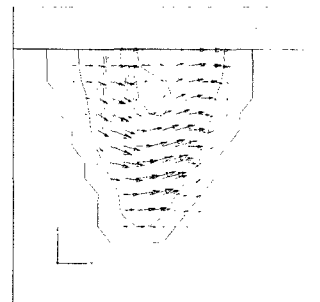


図-4.2(b) Case1, B 断面

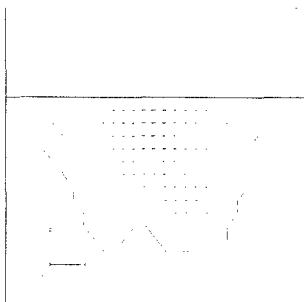


図-4.2(c) Case2, A 断面

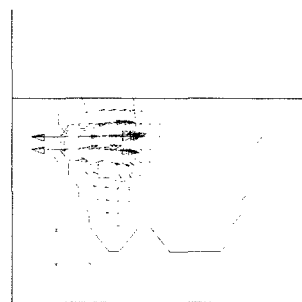


図-4.2(d) Case, A 断面

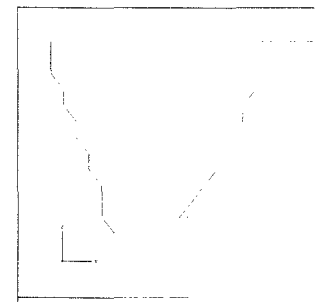


図-4.2(e) Case3, B 断面

5. 結論

計算結果から、途中から流入、吸い上げが行われる場合、非常に激しい乱れが生じることがわかり、その乱れは貯水池の形状や機能に多大な影響を及ぼすと考えられる。また、実際の流速データ等があれば本研究で用いた LES 計算プログラムの、河川等のような実地形の開水路流への適用性について検証することができるであろう。