

神戸大学工学部

学生員○ 中川直樹

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、LES 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、チャンネル流や単純な物体周りの流れの計算では、ある程度の成果を修めている。本研究では、この LES を実河川流のシミュレーションに応用する。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、水面勾配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、奥吉野発電所旭ダム貯水池の流れのシミュレーションを行った。河川流シミュレーションでは、乱流モデルに強く依存する摩擦損失が水面勾配を決定する。吉本・中山¹⁾ は水面の水平な貯水池に揚水発電のための放水による流れを計算した。本計算では水面勾配を仮定した河の流れの計算を行った。

2. 3 次元任意形状開水路流のための LES 法

LES は、動項を含む N-S 方程式をフィルタリングした式を解いて行なう。数値計算法は、SGS モデルに Smagorinsky モデル、対流項に UTOPIA スキーム、その他の空間微分は 2 次中心差分、時間進行法には 2 次の精度の Admas-Bashforth 法、圧力解法には HSMAC 法、格子は直交格子でスタッガードメッシュを用い、格子数は $111 \times 51 \times 22$ である。また、各種の水面計算法は用いず、水面標高を設定している。

境界条件は、流入境界条件は一定の流入速度 $U_0 = 1.0 \text{ m/s}$ の一様流入条件、流出境界条件については自由流出、水面境界条件は鉛直方向について垂直方向速度、接線方向速度を共にゼロ、また圧力もゼロ、河床壁面境界条件はすべての流速成分をゼロと与えている。

3. 実河川流の計算

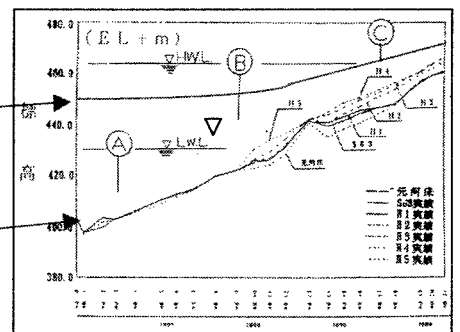
本研究の対象河川には、奈良県奥吉野発電所旭ダム貯水池の図-3.1 の直線で囲まれた範囲、x 方向に 2200m、y 方向に 1000m、標高 400m から 480m の Z 方向を正とした領域を取り上げた。(x 方向; 主流方向. y 方向; 横断方向. z 方向; 鉛直方向) 地形の境界形状の作成については、図-3.1 上の等高線と実績河床高横断面図により、20m 間隔の点での標高をデータとして与えることにより図-3.2 のようにコンピューターで再現した。また、ダムの水面標高は図 3.2 の水面勾配 12/3100 を設定し、水面近くに鉛直方向のセルを密集させる事により、水面勾配における段差の影響を少なくした。計算ケースは、流入速度 $U_0 = 1.0 \text{ m/s}$ 動粘性係数 0.001 重力 9.8 m/s^2 、流入断面でのフルード数 0.077 で時間は 10 s で計算した。



水面標高

450 m

河床



4. 計算結果

シミュレーション結果平均流速ベクトル図を図-4.1から図-4.3に示す. 図-4.1は水面標高450mにおける水平断面における平均流速でA-A断面は($y=120\text{m}$) B断面は($x=1200\text{m}$)で、図-4.2はA-A断面の平均流速、図-4.3はB-B断面の平均流速、図-4.4はB-B断面での乱れ強度分布、図-4.5は8sでの中流部での瞬間流速分布である.

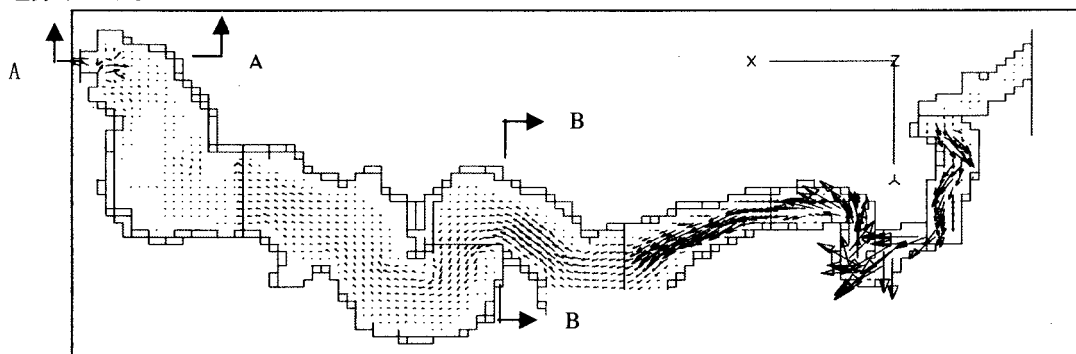


図-4.1 水面標高450mの水平断面図での平均流速

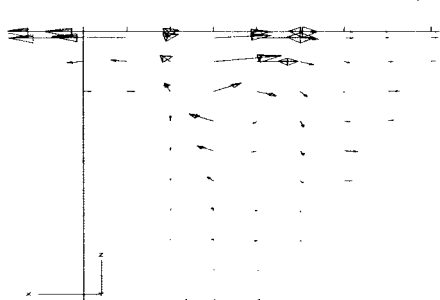


図-4.2 A-A断面での平均流速分布

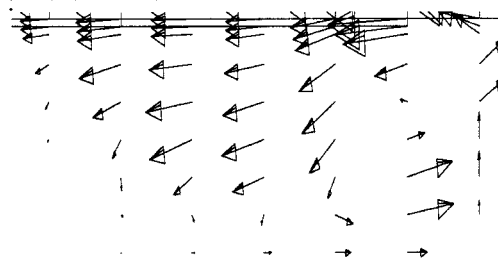


図-4.3 B-B断面での平均流速分布

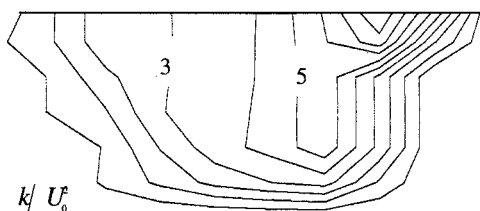


図-4.4 B-B断面で乱れ強度分布

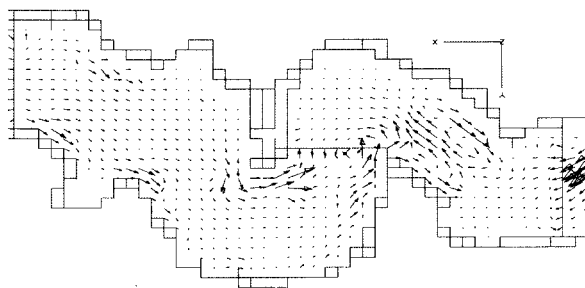


図-4.5 中流部の水平断面での瞬間流速分布

5. 結論

実河川に水面変動無し水面勾配を設定して、シミュレーションを行った結果、水面計算法を行わないで水面勾配を仮定する方法では、結果は乱流モデルに大きく依存する。実際の流速データ等があれば詳しく定量的に検証することができるであろう。今後は、今回設定したモデルや境界条件が実河川をシミュレーションする際に最適であるかまた他のモデルなどを試みて検証し、並行して様々な河川に実際の流速データや地形データなどをより細かい格子を用いてシミュレーションを行うことが課題である。

参考文献

1) 吉本・中山, 関西支部年次学術講演会, II - 69 - 1, 2, 2001.