

メグナ上流域の地形水理モデルに関する研究

岡山大学環境理工学部
岡山大学大学院

正会員
学生会員

大久保賢治
○鷹家 邦浩

1. はじめに モンスーン気候のバングラデシュはガンジス・ブラマプトラ・メグナ川の下流河口部にあり毎年雨季には著しい洪水の影響を受ける。とくに水系最下流の支川であるメグナ川は本川パドマの背水により広範囲で洪水氾濫がみられる。その対策を講じる上で流域全体を総観するモデルが必要であった。ここでは位数に基づく概念的流域モデルを構築し、水・熱及び土砂流下過程を検討、その予測値を実測値と比較し、大陸低平地河川における年間洪水過程について考察した。

2. メグナ上流域の概要 インド北東部に発するバラキ川はバングラデシュの東国境オモルシッドで北流スルマ川と南流クシヤラ川に分流、それぞれ支川を合わせて再び合流しメグナ川となる。パドマに合流するまでの上メグナ流域(図1)はガンジス・ブラマプトラ流域(176万km²)の5%以下であるが、流量的には10~20%を占める。それでも本川の背水で下流域は広範囲に氾濫する。一部有堤区間を除いて治水は自然遊水池である氾濫湖(ハオール)に依存する。

3. 流域モデルの作成 上メグナ流域の河道形状を把握するため地図上の河道沿いに緯度・経度及び水面標高を河口から源流までDEMを読み適当に補間した。本川(バラキ・クシヤラ・メグナ)に合流する支川本流についても座標と標高を求め、流域を37の支流域に分割した。これらから本支川の河道数、河道長、流域面積及び河道勾配が得られた。つぎに河道長と流域面積の関係からメグナ川は準大河(ここでは流域面積が2万km²以上、20万km²未満で定義)に属し、河口位数が既知である流域との比較・類推によってメグナ川の河口(パドマへの合流点)における位数は7~9の範囲と考えた。実際に地図でメグナ川の位数を検討した結果は以下のようなものである。現在入手している地図の縮尺(1:125万)で位数1~2の河川は確認できないので、地図で確認できる最低河川位数を基本的に3と仮定すると上メグナ川の河口(パドマ合流点)位数は8となった。さらにHorton-Strahlerの河道位数則によって本・支川の位数毎の河道数・河道長・流域面積・河道勾配の公比を算出した。前述で仮定した位数の場合、算術値と理論値を比較するとモデルの地形データがそれぞれの理論によく適合することがわかった。一方、モデルの最上流支川の位数を2と考えた場合あるいは細かい分流の影響を考慮してメグナ本川を最終位数7の河川と考えた場合には適合性が劣ることがわかった。

次に各地域(支流域)の降雨強度を一定として面積比に応じて支川合流量を配分し、メグナ川の基準流量(バイラブバザール地点)を流域面積比で分割した。配分流量の妥当性を把握しなければならないので、メグナ本川及び主要支川の水理量から、幅、水深、流速のレジム則を検討した。

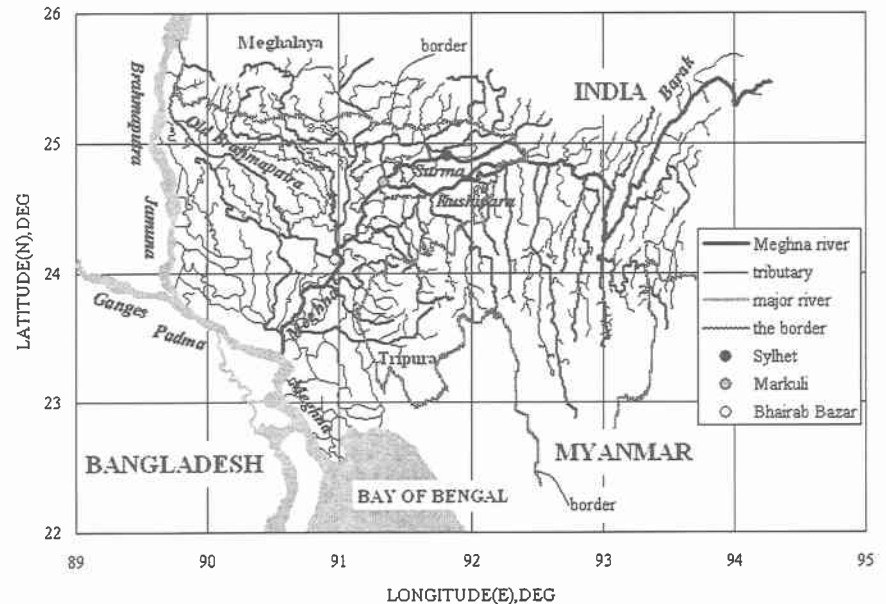


図1 上メグナ流域

河幅： $B = aQ^\alpha$ ，平均水深： $h = bQ^\beta$ ，平均流速： $u = cQ^\gamma$

$$a \cdot b \cdot c = 1, \quad \alpha + \beta + \gamma = 1$$

こうしてレジム則により流量から河幅、平均水深、平均流速を与えることで区間毎の擬似等流に対して水温・濁度(流砂量)の水理スカラー量の縦断分布を推定する。すなわち下流地点の基準流量から流域全体について旬または月平均といった中・長期の流況を決定し、対応する水温や濁度縦断分布を計算する。このためのプログラムを本研究では流域モデルと呼んでいる。基準流量は対象領域の水収支から計算した月別の流入流量¹⁾を用い、水温を予測するために河川における熱輸送を表す移流拡散方程式を無次元化し定常解²⁾を求める。

$$\text{定常解: } T = T_e + (T_o - T_e) \exp\left(-\frac{k}{uhc\rho} x\right)$$

ここに、 T_e :平衡水温， T_o :初期水温， k :熱伝達係数[W/m²K]， c :比熱， ρ :密度， u :平均流速， h :平均水深を表す。この分布はより短期の流出を知るために移流拡散方程式を数値的に解く¹⁾と同じであるが、地形の与え方や合流水温の計算に関しては、ここに示したモデル流域の方が圧倒的に簡単である。

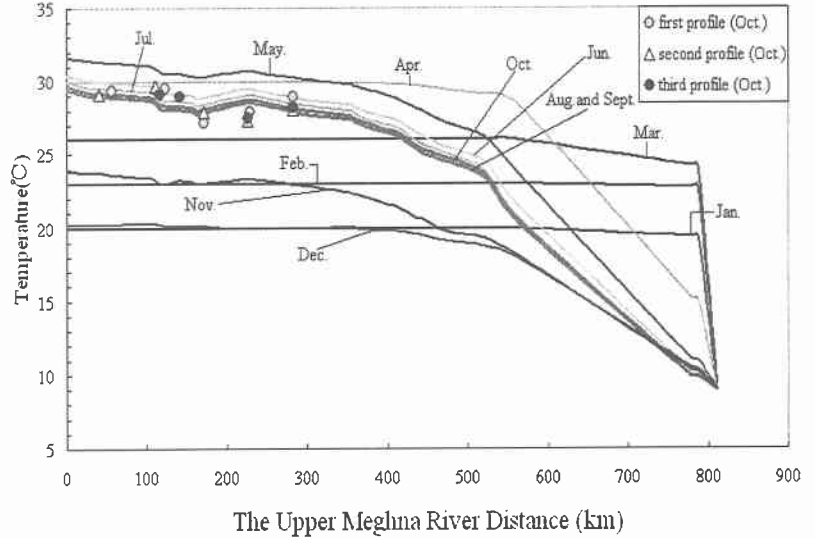


図2 流下方向への月毎の水温変化

4. 流域モデルによる水温の縦断変化 前報¹⁾で使用した1986~91年同国水資源局によるメグナ本・支川の月毎流量から上メグナ本川合流点からバラキ源流までの水温の月別縦断分布(図2)を示す。上流水温はどの月も9°Cで一定とした。図2から乾季は水量が少なく直ちにその月の平衡水温に近づいている。それ以外の月では流下とともに水温は上昇するが、河口から200 km付近で一時減少しているが、この付近で合流するスルマ川の流量により水温が減少するものと考えられる。スルマ川流域の一部は他の支流域に比べて降水量が多く、それを考慮するとスルマ川の河川水温はさらに低くなり、この極小値はさらに低下する。河川水温は4または5月に最高となるが、これは流量が少ない時期に気温が増加し、水面熱流入によって水温が上昇したと考えられる。これよりモンスーンによる流量変化によって水温が大きく変化するものと推察される。最後に流域モデルによる10月の縦断水温分布と観測水温の比較を図2に示す。水温の測定は2001年秋にメグナ川の上下流を何回か往来した砂利運搬船に設置した自記水温計で行い、観測中同時刻に観測された水温をプロットした。スルマ合流点付近の水温の一時低下は実測によってもある程度捉えられているようである。

5. まとめ 流域モデルを用いて流域全体の季節的な流況変化を総観する方法を示した。経験則・理論解・実験式を用いて、位数による等比数列的な流域モデルを構築し、レジム則を併用し、水温や濁度のようなスカラーで検定できるところに特長がある。すなわち、ここでは水理学よりも気象学に重点を置く手法を採った。また、支流域毎の雨量の違いを考慮した場合の流況特性にも言及できる。その結果、観測との適合度を検討すれば改良を図れることが示された。こうして流域モデルの流量があれば水温や濁度で検証可能であり、水温特性からメグナ洪水流はフラッシュ洪水より遅いものであることが明らかになった。

参考文献 1)大久保・藤阪：第48回中国支部，219~220，1996；2)大久保・北本：第49回中国支部，225~226，1997；名合・大久保・松本：第50回中国支部，173~174，1998。