

堆砂状態下の開水路における水理諸量の推定に関する研究
 ～北タイ、メラオ川流域を対象として～

Study of hydraulic value estimation at an open canal under sedimentary condition

～ North Thailand , Mae rao river ~

○小澤 拓治*、久保 成隆*、飯田 俊彰*、木村 匡臣*

Takuji Kozawa*, Naritaka Kubo*, Toshiaki Iida*, Masaomi Kimura*

1. はじめに タイ北部のメラオ川流域では、一年が雨季と乾季に明確に分かれており、タイ王立灌漑局(以下 RID)の元で組織立った灌漑システムの管理が行われている。**Fig.1** に示す灌漑対象区域では、慢性的な水不足が懸念される乾季にローテーション灌漑を行っているが、チェックゲートの開閉基準が流況ではなく日数に依存しているため、配水の公平性に不満を持った利用者が違法取水を行うといったことが起きている。この解決策として Unggoon(2010)によって流れの状況を数値モデル化した効率用水管理が提案されている。しかしながら、メラオ灌漑システム下の幹線水路では上流からの流入土砂が問題となっており、数値シミュレーションを行うためにはこの堆砂量を掌握し、その影響を考慮する必要がある。以上より本研究では堆砂高が不透明な幹線水路における効率用水管理に必要な、流れの状況に関する諸量の推定を行った。

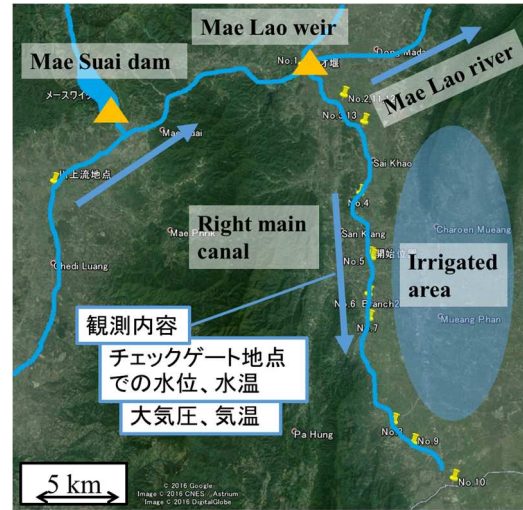


Fig.1 研究対象地(メラオ川流域)
 Study area

2. 推定方法 **Fig.2** に示すメラオ川流域の Right main canal の一区間を対象として、水路内の流況把握に必要な粗度係数及び堆砂高を同時に求める手順を模索した。この区間では最上流端と最下流端で Hobo Data Logger を使用して 15 分間隔での水位、水温の観測を通年で行っている。また、取水口への流入量を調整しているチェックゲート直下流部が段落ち部になっており支配断面が形成されるため、流量の検証に必要な情報を多く有するという特徴を持つ。水路内の堆砂は過去の調査から流れに従って線形近似に近い形で堆積していることがわかっており、最上流端での堆砂高 S をパラメータとして一つ定めれば

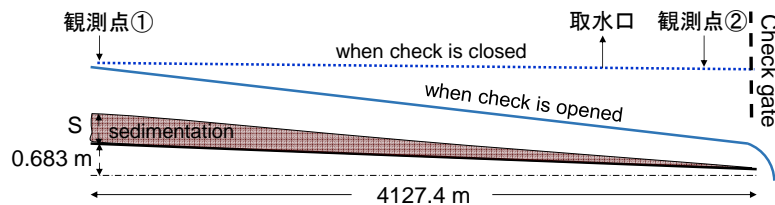


Fig.2 計算区間
 Calculation section

計算区間内の各地点における堆砂高が求められる。即ち、粗度係数と堆砂高 S という二つのパラメータを与えれば水路内の流量及び、水温変動をシミュレーションすることができる。この二種類のシミュレーション結果が妥当なものに

*東京大学大学院農学生命科学研究科 Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo キーワード：数値シミュレーション、水理学、用水管理、灌漑システム

なるように調整することで二つのパラメータに一意的な解が得られると考えた。

3. 流量計算、検証 水路内の流量変動は両端で計測している水位を境界条件として Saint-Venant の式を Lax and Wendroff(1960)によって提唱された二段階の陽差分法で解くことで計算した。その後、堆砂高と粗度係数のパラメータの組み合わせを妥当な範囲で繰り返し与え、求めた流量変動と後に示す検証用の流量変動を比較してその平均誤差 RMSE (m³/s) をそれぞれ求めた。検証には支配断面から推定した最下流端での流量変動を使用した。水位観測点と支配断面は 5 m ほど離れているため、エネルギー損失がないと仮定してベルヌーイ式と流量に関する連続式を連立して(1)式により計算した。

$$Q = \sqrt{\frac{8g}{27}} b \left(H + \frac{Q^2}{Ag} \right)^{1.5} \quad (1)$$

ここで、Q は流量 (m³/s)、A は流積 (m²)、b は支配断面幅(m)、H は観測点での水深である。また、(1)式のような $x=f(x)$ の形をした自己無頓着型式の計算には収束がしづらく、計算時間も短縮できる steffensen method を用いた。

4. 結果と考察 3. の流量計算の結果を Fig.3 に示す。図は粗度係数を 0.013~0.023 の間に 0.0004、堆砂高を 0.1~1.5 m の間に 0.04 m 間隔で変化させながら各条件について流量

変動を計算し、検証用の流量変動との平均誤差 RMSE (m³/s) を等高線式に表示したものである。即ち、この中で誤差が小さい領域に正しい粗度係数と堆砂高の解が存在する。グラフからは左上から右下に掛けて峡谷のような構造になっていることが読み取れる。このことから、一方のパラメータを与えるともう片方のパラメータが自動的に求まるような関係性を導けたと言えるであろう。また、峡谷部は緩やかな曲線を描いており、その中でも誤差の大小が見られた。ただし、現在の手法では計算者が目視でパラメータ同士の関係を確認しており、実用化を考えたときに電子計算機に判断を委ねなければならない。そのためには、勾配法のような解の探索を自動で行うようなプログラムを加える必要がある。

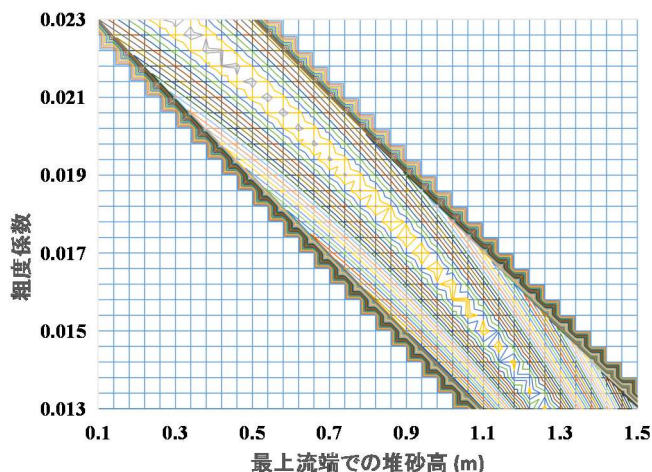


Fig.3 各粗度係数、堆砂高における誤差 errors of flow rate

5. おわりに 本研究では堆砂量が不透明な開水路内における諸量の推定方法の検討を行った。時々刻々と変化する流況に対して、非定常流計算を適用することで数値シミュレーションを行い、支配断面を利用して検証することで適切な粗度係数と堆砂量の関係を求めることができた。しかしながら、実用化を考える上で解の探索を自動化にすることが求められている。今後の展望としては解の探索のほかに、水路内の水温変動を調べることで同様のパラメータ関係を導き、パラメータを一意的に求解することが挙げられる。

引用文献

Unggoon Wongtragoon (2010) Study on improving water distribution management in a large scale irrigation scheme : case study of Mae Lao Irrigation Scheme, Thailand