

洪水によるHong川浸食及び土砂体積の評価に関する研究

Nguyen Anh Tuan¹・山田 正²・Pham Thanh Hai³

¹中央大学大学院（〒112-8551 東京都文京区春日）

²中央大学理工学部研究科（〒112-8551 東京都文京区春日）

³ベトナムハノイ水資源大学（175 Tayson, Dongda dist, Hanoi, Viet nam）

E-mail: anhtuan@civil.chuo-u.ac.jp

Hong川流域には2600万人の人が住んでおり、これはベトナム北部では最大の規模であり大変重要な土地である。雨季には洪水によって侵食や土砂体積が頻繁に起きているため、地域住民の生活に大きな影響を及ぼしている。そのような背景から、河道変動を数値モデルを用いて計算し、その評価を行った。

Key Words : Hong川, 浸食, 土砂体積, 河道変動

1. 背景

Hong川はハノイ首都や近隣の自治体などの経済社会発展に大きく貢献しており、そこに住んでいる2600万人の住民に水を供給している。しかし、土砂採掘の活動のような人間の活動や大洪水によって河道変動が頻繁に起きており、川沿いの農業地を減少させたり、人々の生活に大きな影響を及ぼしている。特に湾曲部を有しており、非常に重要な土地という特徴を持っているSontayからHanoiまでの区画においては、大洪水による侵食及び土砂体積が問題になっている。

研究対象は上流のSontay観測所から下流のHanoi観測所であり、平均川幅が812m、平均水位変動が-6m ~ +18m 延長流路が35kmである。

そのため、Hong川のSontayからHanoiまでのセッションを研究対象として洪水による河道変動の評価に関する研究を行った。

2. 研究方法

河道変動は流速による平面変形や断面変形であり、土砂の釣り合いがなくなるのが要因だと考えられる。流れは安定な条件下に常に土砂の運搬能力を持っている。上流から流れてくる土砂量は土砂運搬量と釣り合うと流れが釣り合っている。逆に釣り合わないと侵食や土砂体積などが起きるわけである。その現象を明らかにするため、Hong川流域の自然条件、河道網、特徴、水文情報に関する

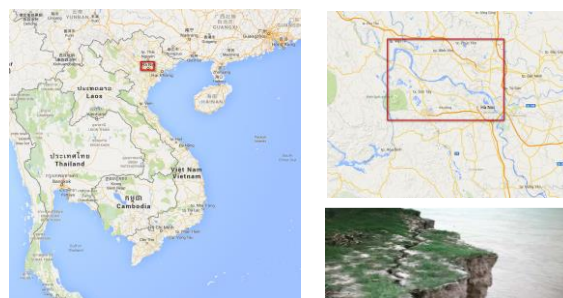


図-1 Hong川のSontayからHanoiまでのセッション位置

資料に基づく、数値計算モデルを用いて数洪水イベントで研究対象における水理特徴や河道変動などを求めた。

河道部においては二次元不定流計算を行った。二次元不流計算の基礎方程式である連続式と運動方程式を以下(1), (2), (3)式に示す。

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = S \quad (1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial u^2}{\partial x} + \frac{\partial uv}{\partial y} + \frac{\partial wu}{\partial z} = fv - g \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial x} - \frac{g}{\rho_0} \int_z^\eta \frac{\partial \rho}{\partial x} dz + F_u + \frac{\partial}{\partial z} \left(v_t \frac{\partial u}{\partial z} \right) + u_s S \quad (2)$$

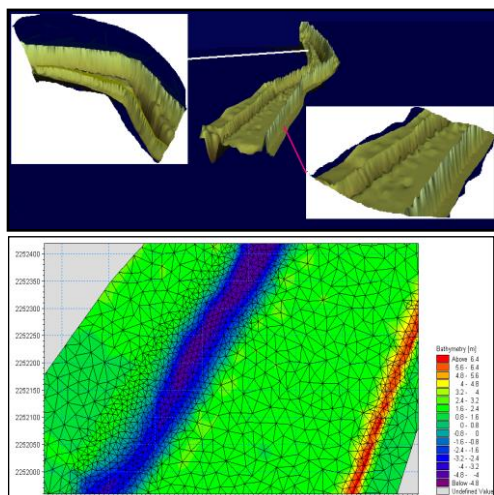


図-2 河道、川原における計算メッシュを設立する

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial v^2}{\partial y} + \frac{\partial uv}{\partial x} + \frac{\partial wv}{\partial z} = fu - g \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial y} - \frac{g}{\rho_0} \int_z^\eta \frac{\partial \rho}{\partial y} dz + F_v + \frac{\partial}{\partial z} \left(v_t \frac{\partial v}{\partial z} \right) + v_s S \quad (3)$$

ここに、 t : 時間 [s]; x, y, z : 方向; u, v : それぞれ x, y, z 方向の流速 [m/s]; η : 表面水位 [m]; d : 水深 [m]; f : コリオリ力 [N]; Ω : 角速度 [m²/s]; Φ : ローカル緯度; w : それぞれ x, y, z 方向の流速 [m/s]; g : 重力加速度; A : 湿潤面積 [m²]; u_s, v_s : 風速 [m/s]; S : 上流流量 [m³/s]; p_a : 空気圧力 [kgf/m²]; ρ : 密度である。

有限差分法を用いて(1)～(3)方程式を解く。

3. パラメーター推定

計算地形は主な河道と川原を含めている。数値計算モデルでは不構造のメッシュを設立することができ、あるいは三角メッシュで研究区間を表現されている。本研究では河道における190m²のメッシュを設立し、川原における1000m²メッシュで実際の川を表現している。

2次元数値モデルにとっては計算地形設定が大事な段階であり、シミュレーション精度を決めるものである。

上流端条件はSontay観測所における流量ハイドログラフである。下流端条件はHanoi観測所における水位ハイドログラフである。図-3のように示している。

パラメーター推定は以下表のように示している。パラメーター推定は観測データにより、検証と校正する。本研究では、二つの降雨イベント（1996/8/18-1996/8/28と1985/9/8-1985/9/18降雨イベント）に基づき、表-1のように推定した。

このパラメーターで1996/8/11-1996/8/29降雨イベントを使い、研究セッションの河道変動をシミュレーションした。水理特徴はある断面ごとに流速方向や流速強さなど抽出した。

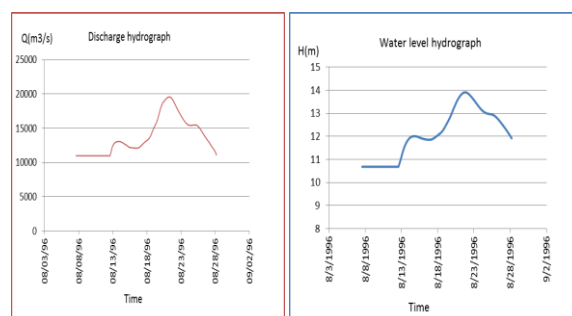


図-3 上流と下流端の計算条件

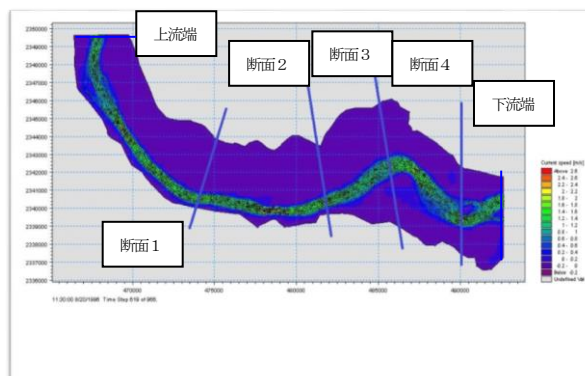


図-3 上流端、下流端及び各断面の位置

表-1 推定されたパラメーター

パラメーター	単位	数値
川平野マニングM	$\frac{1}{m^3/s}$	43
河道マニング n	$\frac{1}{m^3/s}$	49
計算間隔 Δt_1	s	60
土砂直径 d	mm	0.029
気孔率 ρ		0.35
比重 γ	T/m ³	2.65
粘性 η	m ² /s	0.28
土砂移動間隔 Δt_2	s	30
拡散間隔 Δt_3	s	3
初期条件 H	m	8.5
風速	None data	
土砂率 (河床/水面)	0.15	0.85

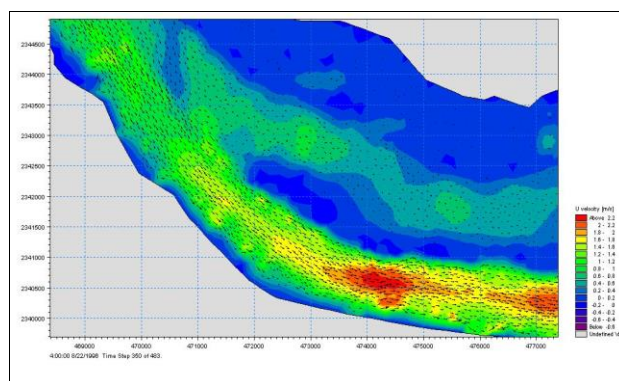


図-4 洪水ピックに断面1での流速強さ

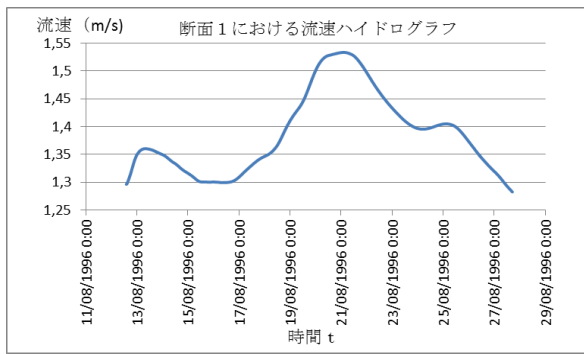


図-4 洪水ピックに断面1での流速強さと流速グラフ

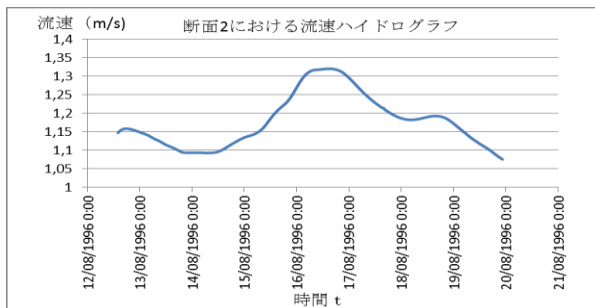
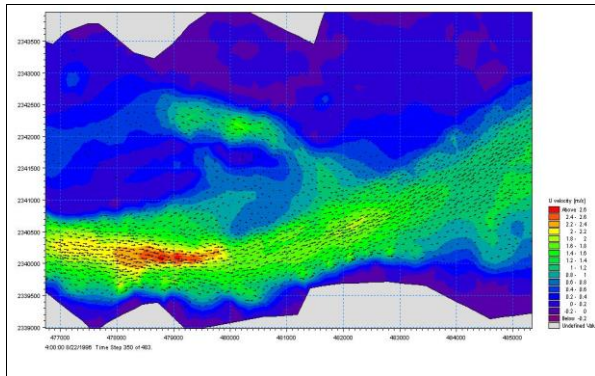


図-5 洪水ピックに断面2での流速強さと流速グラフ

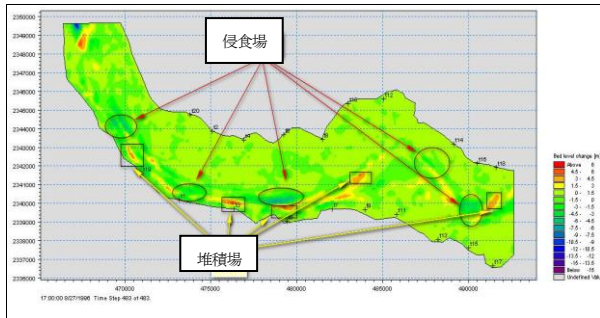


図-6 1996年に侵食、土砂堆積場所

図-4をみると屈曲ところにおいては流速が速くて、上流からの右岸に強く向いている。最大流速は1.5m/sである。

図-5をみると屈曲の後ろところにおいては川幅が広がってきて、流速が遅くなった。最大流速は1.3 m/sに下がった。

4. 計算結果

数値計算を用いて推定されたパラメーターで河道の標高変動としての侵食や土砂堆積など結果を求めた。以下の図-7に示す。

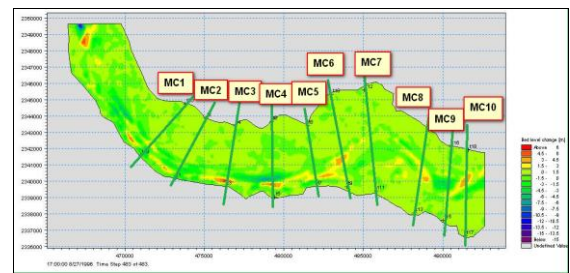


図-7 洪水前と洪水後を比較する断面形

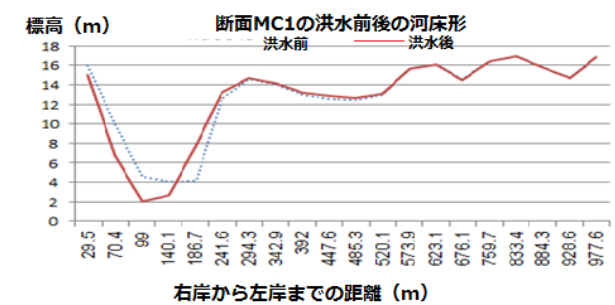


図-8 断面1における洪水前後の形

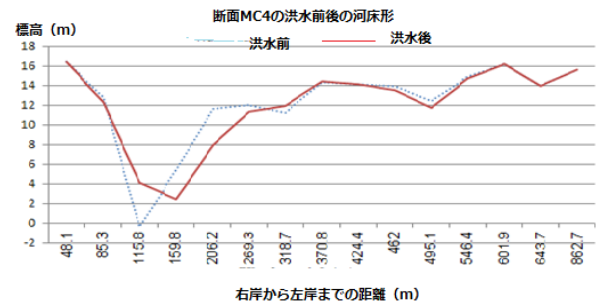


図-9 断面2における洪水前後の形

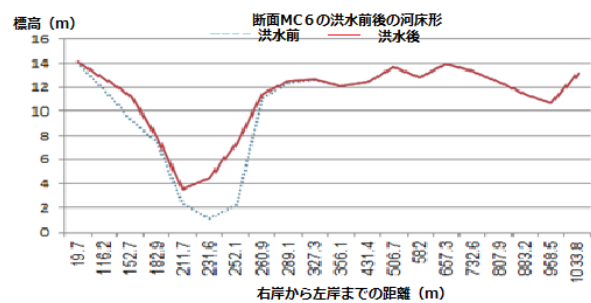


図-10 断面6における洪水前後の形

この河道変動の結果から洪水後の侵食及び土砂体積が起こった場所を判断できた。詳細に断面ごとに洪水前の観測された断面形と計算結果を比較し、解析した。

本研究では10断面の結果を抽出し、解析したが、ここで大きく変動した断面1, 4, 6を抽出した。

断面1は屈曲部に位置しており、最大水深 $H_{\max}=15.5\text{m}$ 、流速 $U_{\max}=1.90\text{m/s}$ である。洪水前の断面形と洪水後のを比べると、右岸において最大2.0m侵食された。左側においては最大1.7mで堆積した。

ここでは最大水深 $H_{\max}=14.8\text{m}$ ；最大流速 $U_{\max}=1.90\text{m/s}$ である。断面4の上流から見る右辺にはCamDinh取水

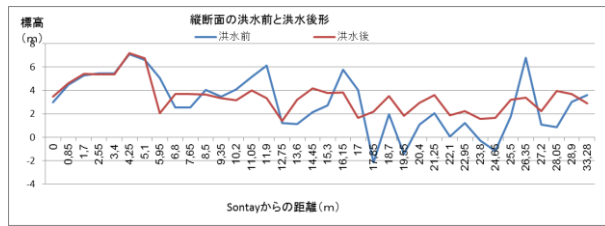


図-1 1 河床標高の洪水前と後の変動

口があり複雑な地域だと考えられている。

この取水口前では大きく土砂体積が見てとれる。最大体積の高さが3.2mである。逆に左側を見ても大きく侵食されて、最大値3.7mに至る。

断面6は屈曲所に属し、河道変動が大きい所である。ここにおいては流速は速くなく、侵食された部分が見てとれない。左側では土砂体積が起きて、最大値が2.0mである。

河床が大きく変動したことをあきらかに見てとれる。上流端Sontayから5.9kmところで河床標高がより1.3m高くなった。11.2kmのところで河床がより2m侵食された。14.45kmのところにおいては土砂体積が1.6mできた。8-24kmのところでもより河床が1.7m

高く堆積された。25-27kmのところでは侵食現象がみてとれた。

5. 結論

洪水後計算結果と洪水前の断面形、河床標高の洪水前と後の変動、調査結果を通じて、洪水によって屈曲や取水口などの断面1, 4, 7, 9で流による侵食と土砂体積がよく起きている。流れは川辺を侵食し、河床に土砂を運搬することが分かった。そのため、脆弱なところでは安定的に取水口、農業地や川沿いに住んでいる人々の土地などを守るため護岸設備が必要だと考えられている。

参考文献

- 1) 河村 三郎：土砂水理学, 森北出版株式会社, 2005.
- 2) DHI : User Guide and Reference Manual MIKE 21FM Module, 2002.
- 3) Chow, V.T : Open channel hydraulics, Caldwell, New Jersey Blackburn Press, 2008.
- 4) Nguyen Ba Quy: 河川水理学、ハノイ水資源大学、2012.
- 5) 日野 幹雄: 明解水理, 丸善株式会社, 1983.
- 6) 吉見和紘, 山田正：鉛直浸透機構を考慮した流出計算手法の長短期流出解析への適用, 土木学会水工学論文集 Vol.70, pp.367-372, 2014.

ANALYSING THE RIVER'S BED AT THE SECTION FROM SON TAY TO HANOI OF RED RIVER IN VIET NAM

Nguyen Anh Tuan, Tadashi YAMADA, Pham Thanh Hai

Hong river or Red river with the length of 1.149 km that is one of the longest river in Vietnam. It plays an important role in the development of provinces in Red delta. However, sediment erosion and deposition has been occurring usually that influence agricultural land, riparian people life. My research give an overview about natural characteristics, hydrology, hydraulics engine of the Red river. Base on these factors and observed data, I applied a mathematical model to simulate river's bed change after flooding that illustrates velocity direction, the changing of river's bed and identifies sediment erosion and deposition position combine with observed data and analysis of cross-section. Base on this research results assumpt hard and soft methods to protect agricultural land, riparian people life from erosion and deposition problems in Red river.