

河川～沿岸における流れ・物質輸送の可視化

赤松 良久

東京工業大学大学院 総合理工学研究科

1. はじめに

近年、水域における様々な環境問題に対処すべく、流域一貫の水・土砂・栄養塩の管理が求められている。東京工業大学大学院理工学研究科土木工学専攻池田研究室では流域からの赤土流出によって下流域の貴重な湿原やサンゴ礁生態系の破壊の進んでいる沖縄県石垣島名蔵川流域(図-1)を対象として、流域一貫の土砂・栄養塩の管理による下流域の生態系再生を目的に研究を進めている。流れや物質輸送の可視化はわれわれ研究者が現象を理解するのに有効であるとともに、流域の住民への協力を促す際に強力な説得手段となりえる。ここでは本研究で得られた流れ・物質輸送の可視化事例をご紹介します。

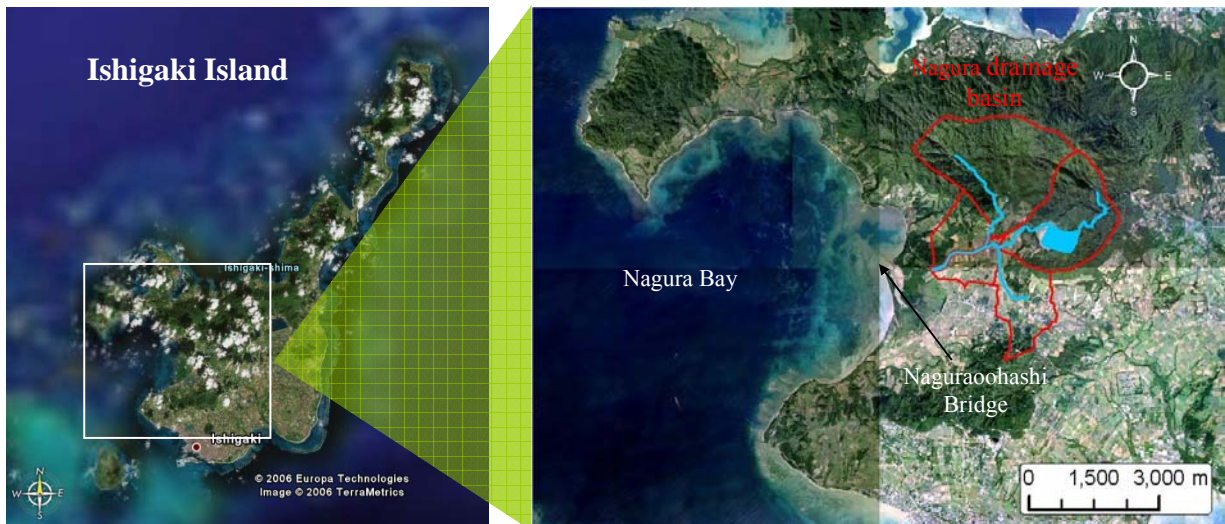


図-1 研究対象域 (写真提供：環境省サンゴ礁モニタリングセンター)

2. 河川における流れの可視化

河川上流端の堰から河口域までを対象として数値シミュレーションを行い、水深および流速を可視化した結果を図-2に示す。河口域では潮位の変動によって満潮時には水域が拡大している様子が再現されている。研究対象とした領域では河畔にマングローブ林が広がっており、図-2に見られるような海水の氾濫によってマングローブ林と河川の間で活発な物質交換が起こっている。このような物質交換によって、マングローブ林から周辺水域への栄養塩の供給が行われるとともに、マングローブ林には酸素を多く含んだ海水が供給され、マングローブ水域では豊かな生態系が保たれている。

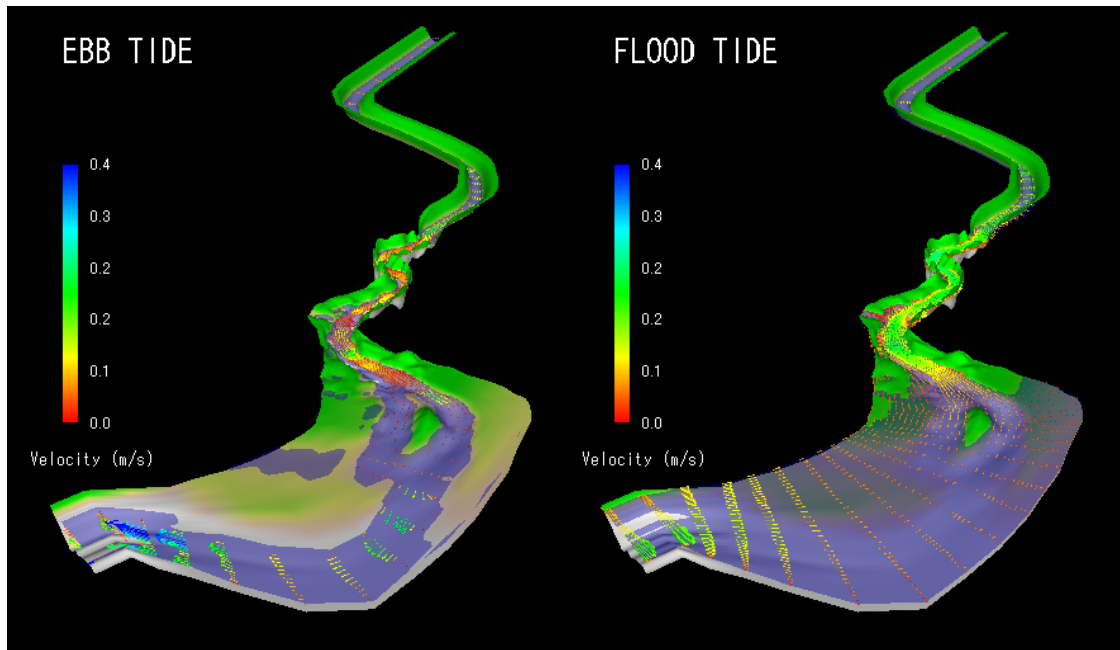


図-2 河川における流れの可視化（流速はベクトルで、水域は紫の領域で、マングローブ林は緑の領域で示す）

3. 干潟における土砂動態の可視化

名蔵川河口域に広がる干潟（名蔵アンパル）はラムサール条約の保護湿原に登録されており、多様な鳥類の貴重な生息場である。しかし、流域からの赤土流出とそれに伴うマングローブ林の拡大により、干潟は縮小傾向にある。そこで、年に一回程度起こる大きな出水時の土砂の動態を数値シミュレーションにより再現し、出水時の干潟内での土砂の動態について検討した。図-3 に干潟における上げ潮および下げ潮時の流速および $10\mu\text{m}$ の細粒土砂濃度（SS）の可視化結果を示す。流域から河川内に流入した土砂は引き潮時に干潟を抜けて沿岸域に輸送されるが、上げ潮によって押し戻され上げ潮時には干潟の奥域まで土砂が輸送されてい

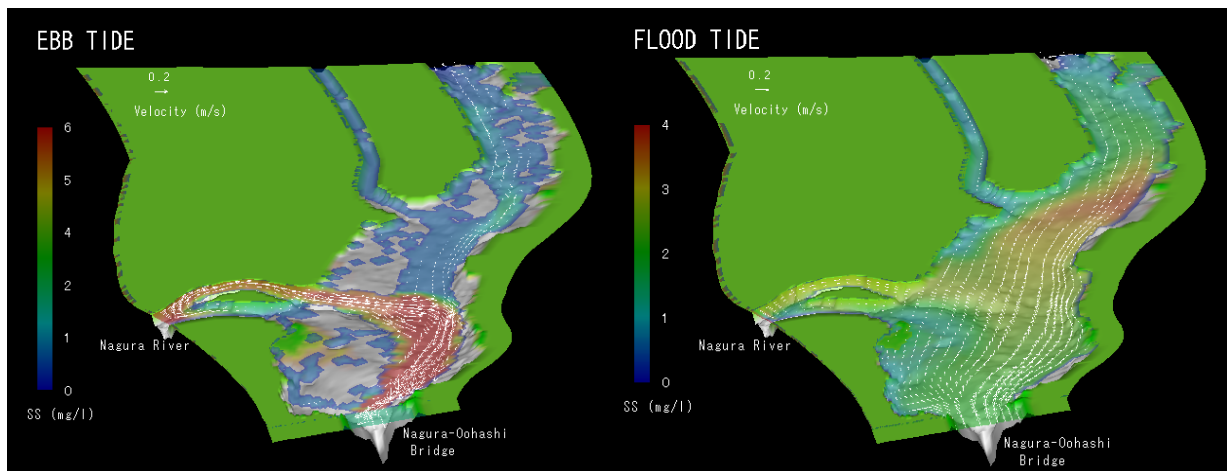


図-3 干潟における流れ・土砂輸送の可視化

（流速はベクトルで、土砂濃度はコンターで、マングローブ林は緑の領域で示す）

る。このようにして干潟の奥域に輸送された土砂の堆積とそれに伴うマングローブ林の繁茂によって干潟が縮小傾向にあると考えられる。つまり、流域から赤土流出の増大が河口域の干潟の縮小を促進していると考えられる。

4. 沿岸における栄養塩動態の可視化

名蔵湾内にはかつては見事なサンゴ礁が分布していたが、流域での土地開発が進み赤土が多量に流出するにしたがってサンゴ礁は激減してきた。従来、サンゴ礁の激減は赤土が堆積することによるものと考えられてきたが、サンゴ礁は本来貧栄養の水域に生育することを考えると閉鎖的な湾内では富栄養化がサンゴ礁の激減の要因となりえる。そこで、平水時の河川からの流入した栄養塩（ $\text{NO}_3\text{-N}$ ）の湾内での挙動を数値シミュレーションによって再現した。干潮時の湾内での流速および栄養塩濃度の可視化結果を図-4に示す。河口の名蔵大橋から流出した栄養塩濃度の高い河川水の影響が東岸全域に広がっていることがわかる。2,3週間にわたって計算した結果ではこのような高濃度域は定常的に存在し、東岸ではサンゴ礁の生息域が富栄養状態になっていることがわかった。

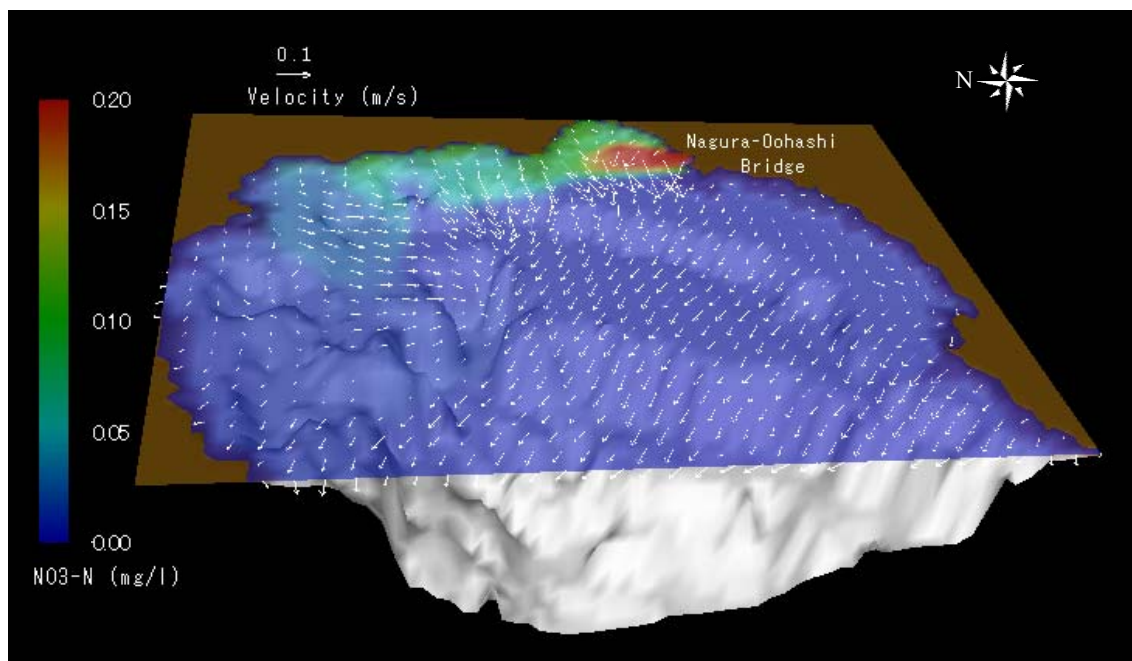


図-4 沿岸における流れ・栄養塩動態の可視化

(流速はベクトルで、栄養塩濃度はコンターで、陸上部は茶色の領域で示す)

5. 流域における物質の流れの可視化

本研究で対象とした名蔵川流域では赤土流出が下流の生態系に様々な影響を及ぼしていることわかる。しかし、赤土の供給源である畑地を有する住民は自分の畑から流出した土砂が下流域の生態系の破壊につながっているという認識はほとんどない。したがって、実際に赤土が河川を通して沿岸域まで流出していく様子を可視化することは住民への現象の説明と協力の要請に有効であると考えられる。図-5に流域全体の鳥瞰図

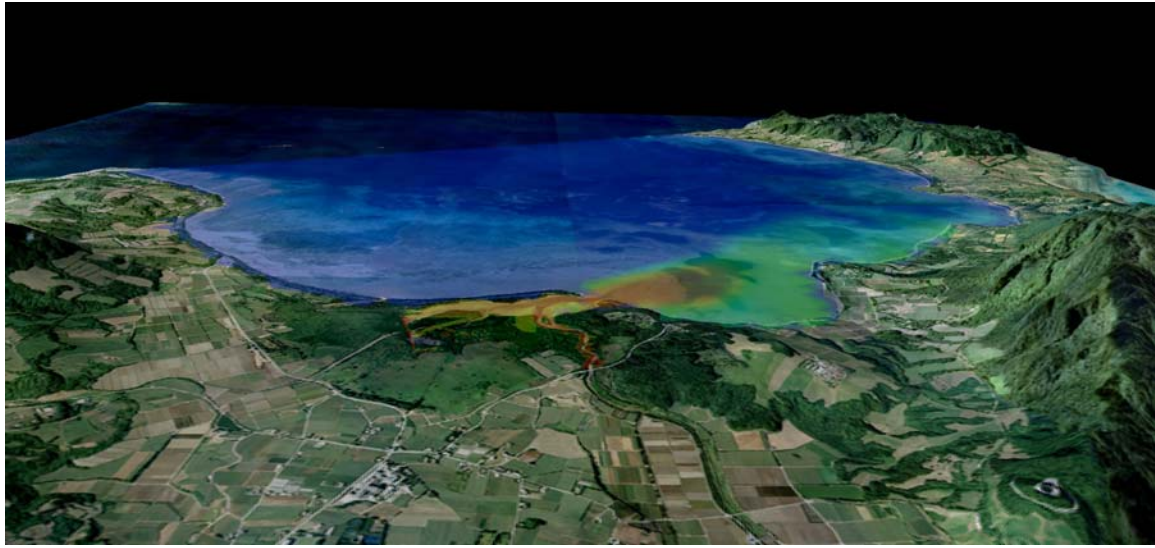


図-5 流域の鳥瞰図および河川・干潟・沿岸域の土砂濃度コンター
(赤色の領域が土砂濃度の高いことを示す)

に河川・干潟・沿岸それぞれでの土砂濃度のコンターを重ね合わせた可視化結果を示す(赤色が高濃度部分)。河川を通して輸送された赤土が沿岸域まで広がっている様子が見て取れるが、河川と湾のスケールが違うため、河川の部分の濃度は見づらい。この問題点は、AVSの追加モジュールであるFlyThroughAnimation(富士通長野システムエンジニアリング)を用いて河川から沿岸まで飛びぬけながら赤土が河川から沿岸まで流れていく様子を追いかけていくアニメーションを作成することにより解決される。

6. おわりに

環境・防災に関わる問題は多くの場合において住民との合意形成を必要としている。近年、注目を浴びている津波に関して、その危険性をアニメーションによって住民に伝える試みが多数行われている。本研究で示したような環境問題に関しても、アニメーションを用いた可視化は水域における環境問題の解決に有効であると考えられる。

参考文献：

- [1] 赤松良久, 池田駿介：マングローブ水域における物質循環, 土木学会論文集, No.768/II-68, pp.193-208, 2004.8.
- [2] 赤松良久, 石川忠晴, 池田駿介：湾内のサンゴ礁生息環境に関する数値シミュレーション, 水工学論文集, 第50巻, pp.1483-1488, 2006.