

東日本大震災における河川の津波遡上と

地形および浮遊砂特性との関係

福島大学共生システム理工学研究科 宗像 佑磨
 福島大学共生システム理工学類 紺野 和広
 徳田 直大
 福島大学環境放射能研究所 川越 清樹

1. はじめに

流域内の水循環から駆動される土砂による生産、移動、堆積の過程は、地表浅層の地殻活動であり、国土形成を担う物理現象である。流域の土砂の動態は、国土形成にとどまらず、水域に接して社会活動をなす人間や、水域で居住、そして連鎖する生態等にも関わるものである。そのため、流域に関わる生命体の便益と損失に影響を及ぼしているといえる。また、福島県を対象にすると放射量の移動は、細粒土砂物質の移動に従うことも知られており、特に放射性物質の蓄積した土壌における土砂流出特性を把握することが必要不可欠な状態である。

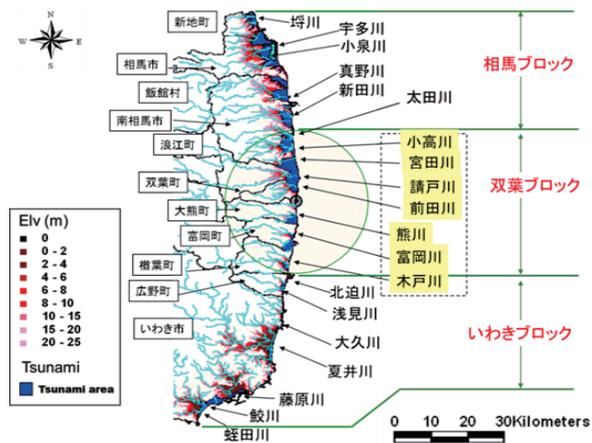


図1 解析対象領域位置図

従来、治水、利水のニーズに応じて砂防、ダム貯水池、河道、海岸毎に個別の水域開発が進められてきた。個別の水域開発は、直接の事業対象地に便益をもたらす一方で、水循環で関連付けられる間接的な領域に損失を与えることも多いものであった。内陸地域の砂防対策が海岸域の砂浜減少に関与する土砂問題はこの事例に含まれる。こうした水域で間接的に生ずる土砂問題に対して、水系一貫の土砂管理が提案¹⁾、および展開された。具体的には「流す砂防技術」、「ダムの排砂技術」、「海岸養浜」等による「流砂系」に関わる問題の改善、環境の維持保全が取り組まれている。しかしながら、改善されつつある「流砂系」の総合土砂管理にも多様な地球環境、および社会の変化に応じた新たな課題も浮上している。地球環境変化として近年の重点的問題である気候システムの温暖化を例にすると、数値気候モデルから予見される短時間の

*Research on Tsunami propagated into river, and relationship between topographical formation and suspend sediment transport by Yuma Munakata, Kazuhiro Konno, Masahiro Tokuda and Seiki Kawagoe

降雨量増大，多降雨頻度の増加が土砂生産量を促進させる²⁾こと，海面上昇が海浜の減少を加速させること³⁾を指摘している．事例に示される多様な地球環境変化に対応するため，事前に影響を見積るための数値解析を行うことが効果的である．また，解析結果を基に総合土砂管理における適応策を計画，設計することが重要となる．

本研究では，中長期的な福島県沿岸域河川(図 1 参照)における土砂動態を予測できる基礎アルゴリズムを構築させることを全体目的に設定し，福島県沿岸域における河川領域における津波遡上結果と地形変形，浮遊土砂特性の特性を明らかにするための解析を実施した．成果として，各流域の諸条件を整理するとともに土砂動態特徴を求めることを試みている．福島県沿岸域河川を対象とするため主に沖積平野内での土砂動態の把握とも解釈できる．各流域の浮遊土砂特徴と，浮遊土砂が堆積しうる条件を有する，もしくは海域に到達する境界域に位置している沖積平野の地形特徴を重ね合わせて水域での環境影響評価を進めるための基礎的な解析に取り組んだものである．

2. 解析方法

沿岸域に面する沖積平野内河川域の土砂動態把握のために実施した解析は以下の①，②に示す通りである．

- ① 東日本大震災における河川の津波遡上と地形の解析
- ② 浮遊土砂特性の解析

以下にその解析方法の詳細を説明する．

- ① 東日本大震災における河川の津波遡上と地形の解析

河川形状を把握するため，数値地理情報(基盤地図情報 空間解像度 5m×5m)を利用して河川縦断形状をデータ化し，河川の勾配を求めた．また，海域からの影響度を見積もるため，東日本大震災に関する東北支部学術調査委員会の報告書⁴⁾より取得された津波の河川遡上データを利用し，河川勾配と津波遡上の関係を比較した．こうした比較結果は，沖積平野に分布する河川における海岸からの影響度を見積もることができ，河道内の土砂堆積，および中州，砂州等の地形発達を定量的に捉えるための基礎資料にな

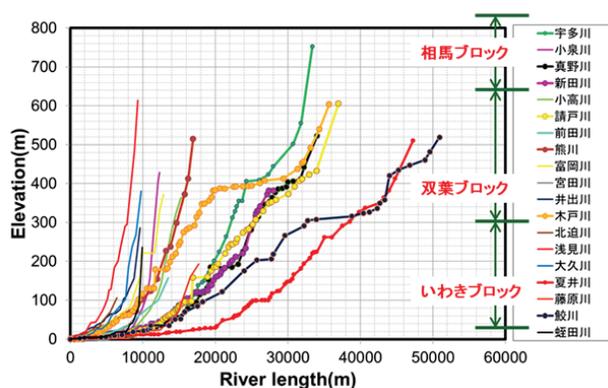


図 2 解析対象領域位置図

る。また、単純な河道縦断形状を示し、諸河川と比較検討することでも現在までの沖積平野発達進行度を見積もることができる。図2に数値地理情報から求められた福島県沿岸域主要河川の河川縦断形状比較図を示す。この図から相馬ブロック、いわきブロックは総じて河川流末域で極めて緩い勾配を呈することに加えて、緩勾配の河道距離が長い状況になるため沖積平野が発達していることが理解できる。また、流送力も低減するため土砂がたまりやすくなることが理解できる。

② 浮遊砂特性の解析

沖積平野の地形変化に影響する浮遊砂の流出状況を把握するため、流域別の浮遊砂流出状況をデータベース化し、各流域の土砂流出影響を分析した。浮遊砂に関しては、福島県の実施している水質測定項目のSSデータ、河川流量データを利用することで浮遊砂流出量を求めた。また、浮遊砂流出量Lと河川流量Qの関係を求め、これらを定式化(LQ式)することで、流域の浮遊砂流出特性を定量化した⁵⁾。解析模式図を図3に示す。こうした関係式を求めることで流域における浮遊砂の流出状況を定量化することができ、沖積平野への土砂波及影響の見積もりを効率化させる。なお、この解析の基礎情報となる福島県の実施している水質測定項目のSSデータは月1回の頻度で計測されたものである。また、SSのデータ取得期間は1980年から2010年の計31ヶ年のものである。LQ式は以下の式(1)に示す通りである。

$$L = \alpha \cdot Q^\beta \text{-----(1)}$$

ここで、 α, β は係数である。また、LQ式は沖積平野内の河川最下流で検討している。

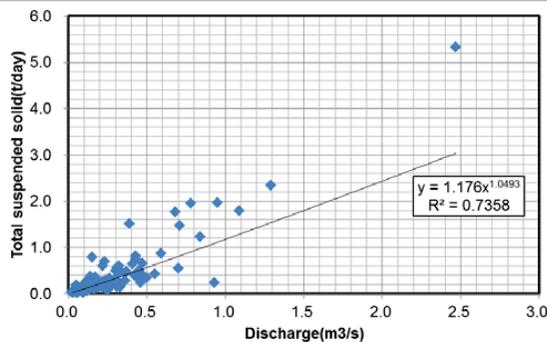


図3 浮遊砂流出量Lと河川流量Qの関係事例図

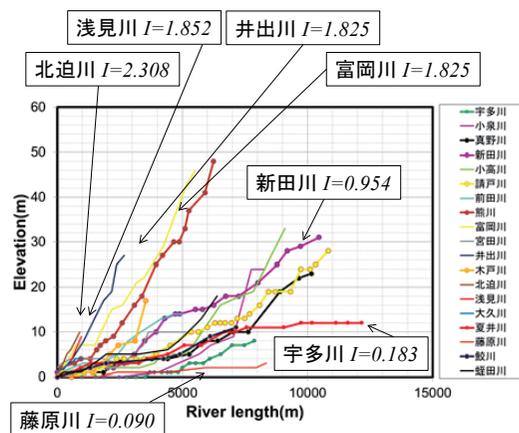


図4 沖積平野内の河川縦断勾配

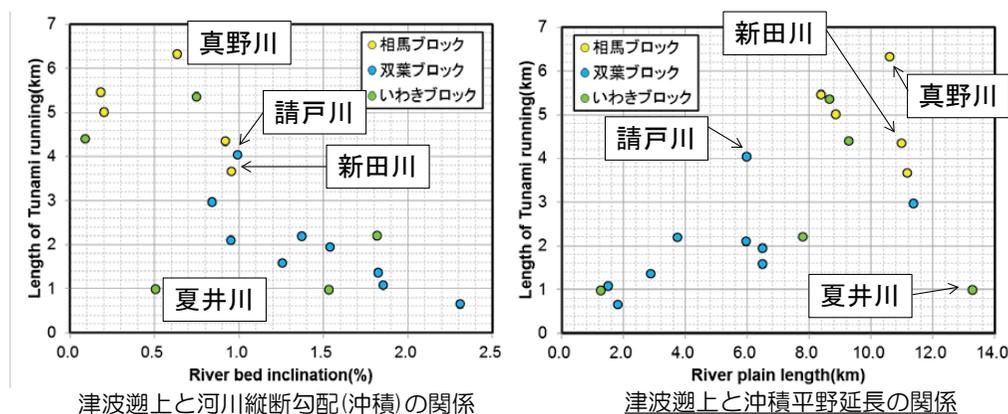


図5 河道勾配，沖積平野地形と津波遡上の関係

3. 河川の津波遡上と地形の解析結果

河川の津波遡上と地形解析の結果として，図4に沖積平野内の河川縦断勾配，図5に河道勾配，沖積平野地形と津波遡上の関係を示す。

図4に示される通り沿岸域の河川勾配においては0.090%～2.308%の範囲で認められるが，相馬ブロックが平均0.6%，双葉ブロックが平均1.3%，いわきブロックが平均0.8%と地域差が認められる。総じて双葉ブロックの河川は急勾配を呈する。相馬ブロック，いわきブロックともに相対的に緩勾配あることは先にも示したが，相馬では急な河川は新田川であり河川勾配約1.0%と双葉ブロックの河川群と大差ない結果が示されている。また，いわきブロックでは，蛭田川が河川勾配約1.8%と急峻な河川である。なお，蛭田川に関しては山地に接しており沖積平野内の河道延長は短いため理論的に急峻になるが，新田川に関しては沖積平野の河道延長も長いこと特異な傾向を示している。扇状地地形が発達している等の過去の流域の土砂生産力が大きな形跡も推測される。そのため現況の平常時の流砂は少なくとも，突発的な過剰な土砂生産力増加も生じる可能性も指摘される。土砂動態を評価するためには更に河道の地形状況を精読することも必要といえる。

図5より河川縦断勾配が緩い程，海域からの影響(津波遡上)が大きい傾向と，沖積平野の延長が長い程，海域からの影響(津波遡上)が大きくなる傾向が明らかにされた。これらの傾向は地形的見地より自明であるものの，ここに示される河川群として評価すれば，一部の河川を除いて河道勾配，沖積平野地形と津波遡上の関係が概ね線形的で示すことができるプロットとなっている。こうした結果は，地形的な着目により海域の影響を見積もることのできる可能性を示している。ただし，河川縦断勾配，沖積平野延長がほぼ同値であるのに海域影響の異なる河川も存在しており，真野川，新田川，請戸川，夏井川等がその事例として挙げられる。横断的な河川形状，河道内の植生や河川対策状況等も比較することで，更なる河川の固有性を評価できる可能性を有している。

4. 浮遊砂特性の解析

浮遊砂特性解析の結果として図6に各流域のLQ式の関係比較図を示す。

図より総じていわき、双葉ブロックで浮遊土砂流出が大きい傾向を示すことが明らかにされた。こうした差異としては土地被覆等の影響が推測されるが、特に相馬ブロックと大きく異なる点が降雨状況であり、双葉、いわきブロックは、相馬ブロックと比較して台風接近しやすく地形条件を成しており、降雨強度等の影響も示唆される。浮遊砂流出の定式化は行われ定量的な比較を行うことができたが、今後はこの関係式を基礎データに土地被覆、降雨状況を求める意向である。

なお、各流域で集水域面積の差異や、LQ式自体にあてはめにくい異常な浮遊砂増加のデータも認められていることが把握された。

浮遊砂の異常増加の発生としては、常時認められる溪流土砂流出ではない、突発的な溪流中の崩壊などの発生も示唆される。こうした問題に対応するため、単位面積当たり(km²)の平均値、最大値の流量と浮遊砂量の実績データを整理し、この結果を図7にまとめる。結果として、関係式と同様にいわき、双葉ブロックの河川の異常浮遊土砂流出も大きい傾向が認められる傾向が明らかにされた。ただし、相馬ブロックの小泉川の異常土砂流出も大きな値を示している。この結果についても土地被覆、降雨状況も条件に加えて解析を進めることが必要といえる。

5. おわりに

福島県沿岸域河川の中長期的な水域の環境変化を把握するため、①海岸域からの影響要素、②浮遊砂の流出特性を分析した。これらの結果より求められた結論は以下に示す通りである。

① 海岸域からの影響要素の検討より、河川延長が長い程、河川縦断勾配は緩く、沿岸域の影響

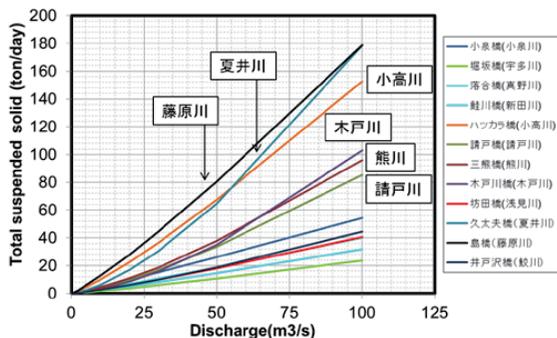


図6 各流域のLQ式関係比較

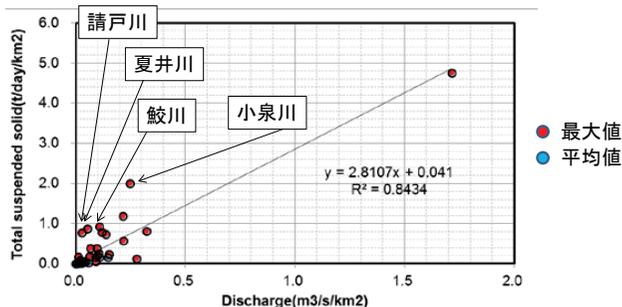


図7 単位面積当たりの流量と浮遊砂量の関係

を受けやすい傾向が明らかにされた。ただし、河川縦断勾配、沖積平野延長がほぼ同値であるのに海域影響の異なる河川も存在しているため引き続きの解析が必要である。

- ② 浮遊砂の流出特性の検討より、相馬ブロック(小泉川を除く)よりも双葉、いわきブロックの方が浮遊砂流出の影響が大きいことを明らかにした。こうした原因を把握するため、土地被覆、降雨状況も引き続き検討する必要がある。

今後の研究展開としては、(1) 沖積平野域の砂州、中州の分布と土砂堆積状況を把握する
(2) 土地被覆(除染も含む)、降雨強度の流域特性に取り組むが、これらを基に環境影響評価を行う上での急務課題である放射性物質主体の環境動向マップの開発の進捗を進めていく。

謝 辞：この研究は、環境放射能研究所プロジェクト「陸域から水圏へと移行する放射性物質の把握と移行メカニズムの解明」および環境省の環境研究総合推進費(S-8)の支援により実施された。

参考文献：

- 1) 例えば水山高久：流砂系における土砂動態と土砂管理そして砂防，土木学会論文集Ⅱ，Vol.66，pp. 1-8，2004.
- 2) 秋本嗣美，川越清樹，風間聡：数値気候モデルを用いた土砂生産量予測，土木学会水工学論文集，No.53，pp. 655-660，2009.
- 3) 吉田惇，有働恵子，真野明：日本の5海岸における過去の長期汀線変化特性と気候変動による将来の汀線変化予測，土木学会論文集 B2(海岸工学)，Vol.68，I_1246-I_1250，2012.川越清樹・江坂悠里：気候システムの温暖化による斜面崩壊と影響人口の関係に関する推計，土木学会論文集 G，Vol.68，I_287-I_296，2012
- 4) 東日本大震災に関する東北支部学術合同調査委員会：東日本大震災に関する東北支部学術調査委員会の報告書，DVD，2013.
- 5) 例えば川越清樹，菊地裕，風間聡，滝沢智：気候変動による主要河川の水質の影響，環境工学研究論文集，Vol.45，pp.467-474，2008.