

# 実測データを考慮した山地と河川・沿岸域の 広域土砂動態・地形変化モデルの構築に関する 研究

群馬大学 准教授 鶴崎 賢一

## 概要：

地球温暖化による河川氾濫の甚大化や海岸侵食の加速化への迅速な対策として、ダムや堰の「排砂」による既存施設の容量再確保は有効である。しかしながら、その予測に用いる既存の広域土砂動態モデルは定量性に乏しい。山国川・中津干潟では、10年間で3回の水害被害の一方で、アサリ等の漁獲量の急減に対して干潟の侵食・泥質化を懸念する声が根強い。そこで、著者らが開発してきた gRSM と WDM-POM に流域土砂流出モデルを連結して現地適用し、現地観測と併せて干潟の堆泥域分布の再現とその形成機構の検討を行った。その結果、2017年水害の出水によって河口から干潟東沖合への堆泥域形成が認められ、それをソースとした定常的な汀線近傍の堆泥域形成とその形成機構も示唆された。今後、堆砂機構の解明も含め、広域土砂対策の検討を行う。

キーワード: *regional sediment transport, sand drainage, intertidal flat, siltation, erosion/deposition*

## 1. 緒論

地球温暖化の影響が指摘される中、降雨変化による河川氾濫の増加に対して「流域治水」等の新たな枠組みも提案されているが、既存施設の容量再確保も迅速な対策のひとつとして挙げられる。具体的にはダムや堰からの「排砂」が挙げられるが、これはまた、温暖化による加速化が指摘される海岸侵食のひとつの有効な対策ともなる。上流からの「排砂」において重要な点は、①中流域での河床上昇の抑制、②海岸線回復の時間的・量的予測である。こうした山地・河川と沿岸域の土砂動態を包括的に取り扱う考え方は、近年「総合土砂管理」として実務でもよく検討・実施されるようになってきている。吉井・佐藤<sup>1)</sup>は、天竜川の佐久間ダムのサンド・バイパス計画において排砂シミュレーションを行い、海岸線の白砂量の回復予測まで行った。この研究は非常に画期的であるが、次元不等流方程式と芦田・道上式、汀線変化モデルによる広域土砂動態計算は定量的精度がやや乏しい。山野井・藤田<sup>2)</sup>は、山地の土砂生産を対象として精緻なモデルを提案したが、流域スケールでの議論は無い。JICE<sup>3)</sup>は詳細な総合土砂管理計画策定の手引きを示したが、山地・河川から沿岸域にわたる土砂動態・地形変化予測計算の定量的精度向上は図られていない。流域流出

だけであれば重枝ら<sup>4)</sup>や RRI モデルのように分布型の詳細なモデル構築がなされているが、定量性のある土砂量を伴う流域流出モデルは皆無である。これは、河川の土砂量算定自体が、まさに今日多くの研究者が取り組んでいる現状であることに起因している。萬矢ら<sup>5)</sup>は Rennie et al.<sup>6)</sup>を参考に ADCP の Bottom Track Speed を応用した掃流砂の算定手法を提案し、武川・二瓶<sup>7)</sup>は全国の河川を対象として浮遊砂量のべき乗経験式を提案している。鶴崎ら<sup>8)</sup>は、それらを参考に「実測データと簡易モデルによる河川の土砂量算定モデル：gRSM」を提案した。また、鶴崎ら<sup>9)</sup>は、Uchiyama<sup>10)</sup>をベースに「潮汐と風波を考慮した泥と砂による広域土砂動態・地形変化モデル：WDM-POM」を構築し、河川境界に gRSM を用いて大分県の山国川と中津干潟に現地適用し、干潟の侵食/堆積・泥質化機構について検討を行った。

山国川と中津干潟においては、80年代半ばからのアサリを中心とした急激な漁獲量の減少に見舞われ、地元住民は干潟の侵食や泥質化の影響を懸念し、それらが時期を同じくした耶馬溪ダムや平成大堰、中津港の拡張事業の影響ではないかと危惧している。国交省<sup>11)</sup>も経年的な深浅測量データから報告書をまとめたが、顕著な侵食・泥質化傾向は認められず、近年は堆積傾向と結論づけた。しかしながら、このデータは 2011年の多雨、12

年の水害の影響を色濃く受け、また耶馬溪ダム・平成大堰建設後の 2000 年以降のデータである為、それだけでこれらの土木事業の影響は難しい。この現場の難しい点は、耶馬溪ダムがこの 10 年間に 3 度の水害を被っている山国川流域唯一の治水・利水ダムであり、平成大堰も上水・農水・工水取水堰として重要であること、さらに中津港の拡張事業も地域振興策としての自動車工場誘致に伴う輸出拠点整備であり、いずれも重要な公共事業と言える一方で、中津干潟は日本第二の面積を有する比較的手つかずの干潟であり、水産業とともに環境教育や憩いの場として地元住民の保全意識が高いこと、加えて漂砂の観点からも干潟の土砂動態は未解明なことが多いという点である。

浜口<sup>12)</sup>は、周防灘のアサリの個体数には、冬季水温と夏季栄養塩濃度の影響が高いことを示したが、それ以外にも底質環境、とくに堆泥の影響も指摘している。Keino et al.<sup>13)</sup>は、とくに冬季の堆泥は、アサリの大型個体にとって風浪による露出と潜砂行動を繰り返すことで斃死を招きやすいことを示唆し、大分県農水指導センターは中規模個体の冬季風浪による沖合流出を示唆している。波当たりの弱い「泥」は風浪によって巻き上がりやすく、露出と潜砂行動による大規模個体の斃死、あるいは中小規模個体の沖合流出を招きやすい。また、元来、アサリ幼生の定着や生育には「粗砂」が必要とされており、水温や栄養塩濃度の影響とともに堆泥と粗砂の減少は大きな問題である。砂泥干潟である中津干潟の底質は、山国川からの土砂供給と泥質が主体の周防灘底質の沿岸輸送で構成されるが、「粗砂」は基本的に山国川起因であると推測される。山国川は支川の山移川に耶馬溪ダムがひとつ存在するだけなので、山国川流域の土砂生産と中津干潟の底質組成は非常に強い関連性があると考えられる。

最後に、前述した地元住民の干潟保全への意識の高さは、共同研究を行う地元 NPO「水辺に遊ぶ会」が主催する地域シンポジウム「中津アカデミア」への参加者の多さからも伺える。このシンポジウムには、地元住民だけでなく、この干潟で研究を行っている周辺の大学や研究機関の研究者、さらに市長をはじめ県土木や国交省山国川河川事務所の職員も多数参加しており、研究成果を共有するとともにパネル・ディスカッションを通じて山国川と中津干潟の現状と将来像について検討を行っている。従って、申請者らの研究成果もこのシンポジウムで参加者と共有し、水産業の回復を含めた干潟の保全と地域防災を官学民一体となつて行うことで地域再生に繋げる取り組みも行っている。

そこで本研究では、定量的精度を有する「実測データを考慮した山地と河川・沿岸域の広域土砂動態・地形変化モデル：SPR-WDMPOM」を構築し、山国川と中津干潟の実際の問題に現地適用して広域土砂動態の解明と、

防災・環境の両立のための土砂対策の検討を行なうことを目的とする。さらにそれらを、地域シンポジウムを通じて官学民一体で行うことで、地域再生をはかることももうひとつの目的としている。

## 2. 現地観測

### (1) 現地観測の概要

広域深浅測量と採泥調査は 2014 年から、毎年出水期前後の春 5 月末と秋 9 月末に行っている。図-1 に、(a) 広域深浅測量の測線、(b) 採泥位置を示す。観測領域は、山国川左岸の吉富漁港から中津港までの沿岸約 8.0 km、岸沖役 3.5 km とした。深浅測量は、沖合では岸から 1.0 km から 3.5 km まで 500m 間隔の沿岸方向の測線において、ADCP と D-GPS を漁船に設置して行ない、岸から 1.0 km までの干出・冠水域では、RTK-GPS を用い、500m 間隔で 14 本の岸沖方向の測線での踏査によって行われた。採泥調査は、測線 2, 7, 14 の岸・中・沖の合計 9 点において、表層採泥で行われた。また 2021 年には、測線 7 において岸沖トレンチ調査も行い、底質の鉛直分布も捉えた。申請者らが開発した「実測データと簡易モデルを用いた河川の土砂量算定モデル：gRSM」については、流量の時系列データを入力値として、断面形状を径深で考慮したマニング式から断面平均流速  $v_m$  を求め、 $v_m$  から無次元掃流力  $\tau^*$  を求め、芦田・道上式から掃流砂量を算定する。その際に、Rennie et al.<sup>9)</sup>を参考にした萬矢ら<sup>9)</sup>をもとに、ADCP の Bottom Track Speed を応用して掃流砂量を算定し、算値の妥当性検証を行っているが、その ADCP による鉛直流速分布から摩擦速度  $u_*$  を算定して実測値の  $\tau^*$  を求め、その値で計算値の  $\tau^*$  の補正を行っている。その



(a) 深浅測量の測線



(b) 採泥位置

図-1 現地観測の測線と採泥位置

点で、実測データを考慮した形になっている。浮遊砂量については、採水試料のSS分析結果をもとに浮遊砂量のLQ式を求めて算定を行った。

### (2) 観測結果：広域深淺測量

図2に、2014年以降の申請者らの深淺測量データと、それ以前の国交省の深淺測量データの経年変化を示す。両者は、観測領域の違いがある為、国交省のデータを申請者らの領域面積に修正して連結した。図から、①明瞭な侵食・堆積傾向は認められないが、多雨の年に顕著な堆積傾向、それ以外の年の軽微な侵食傾向が認められる。②近年は堆積・侵食の振幅が増大している。③2000年以降のデータであり、1989年竣工の耶馬溪ダムや1990年竣工の平成大堰の影響評価は困難であり、2004年供用開始の中津港拡張事業の評価もやや難しいことが結論として挙げられる。周防灘の底質分布は、大部分が「泥質」であるが、山国川河口から東側の中津干潟周辺だけは「砂質」である。これは山国川の土砂供給の影響と推察される。図3に、gRSMを用いた計算による、山国川の土砂供給量の長期的な経年変化を示す。図から、掃流砂量の方がやや浮遊砂量を上回り、土砂供給量は流量データを介して年総降水量に強く依存することがわかる。国交省<sup>1)</sup>によれば、芦田・奥村<sup>4)</sup>を用ると山国川の年間土砂供給量は約24万m<sup>3</sup>/yrであり、この式は流出係数と流域面積から算定する為、平均的な値を示すものと考えられる。流量依存形のgRSMの算定結果は、それをやや下回るが最大値で約24万m<sup>3</sup>/yr程度であり、ほぼ近い値をとっていると判断できる。

### (3) 観測結果：採泥調査結果

図4に、(a) 2017・18年、(b) 2022年の底質調査結果を示す。図から、2017年秋に、山国川河口から大新田地区沖合にかけての測点1、6、8、9においてシルト化が認められ、それらは翌春には解消された。これは、17年7月の九州北部豪雨災害による泥質化と冬季風浪による表層堆泥の流出を示す。18年は細砂・中砂供給が認められる。22年も細砂・中砂化が認められるが、中津港際の測点8、9においては春・秋通じて堆泥が確認された。表1に、17・18・22年の水文データの比較を示す。表から、いずれの年も多雨であるが、17年の水害の影響から年最大降雨強度に大きな差異がみられる。図5に耶馬溪アメダスによる降雨諸量の経年変化を示す。図から、22年は、年総降水量は平常並みであるが、日最大降水量が過去最大であり、それは年最大降雨強度が70mm/hと水害クラスであったことによることがわかる。これらから、一度の強い雨とそれ以外の少雨という年間降雨パターンが推測され、それは6、7、9月に生じた。従って、山国川の土砂供給の質的差異は、降雨強度よりも17年



図2 侵食・堆積量の経年変化

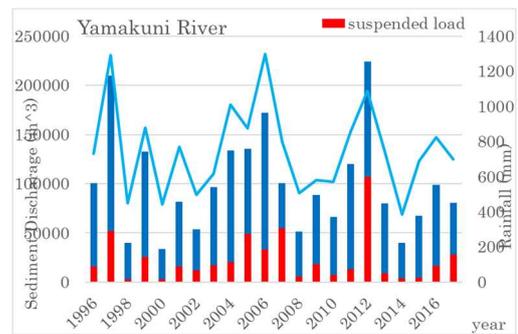
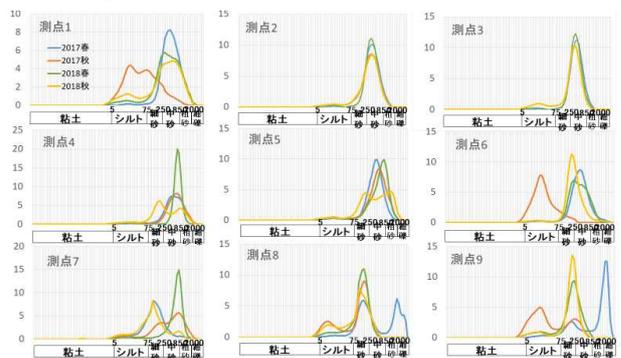
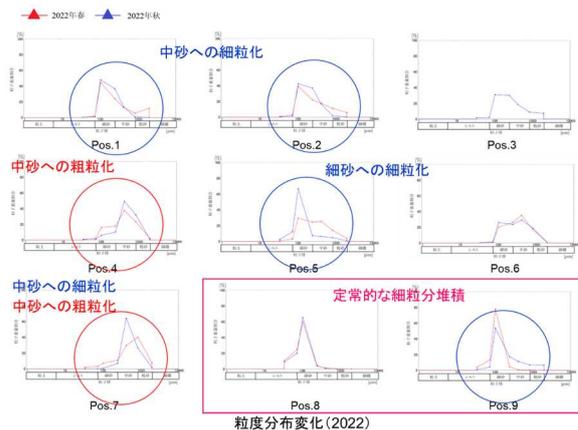


図3 gRSMによる山国川の年間土砂供給量の経年変化



(a) 2017, 18



(b) 2022

図4 粒度分布の春秋変化

水害における異常な数の斜面崩壊によるものと推察される。ちなみに、図5の年総降水量の経年変化は、2000年頃以前は渇水年と豊水年が周期的であったが、それ以降、最大値はあまり変化しないものの、渇水年が無くなってきている。従って、移動平均を取ると平均的にも増加傾

表-1 水文データ

		降水量の合計		最大流量	
2017年	6月	222.5	1166	2600.05	
	7月	484.5			
	8月	174.5			
	9月	284.5			
2018年	6月	268	1113	2431.9	
	7月	422.5			
	8月	9.5			
	9月	413			
2022年	6月	309.5	1218.5	2558.09	
	7月	285.5			
	8月	159.5			
	9月	464			

	20 mm/h 以上の 降水回数	20 mm/h 以上の 降水量の 合計 (mm)	降水量の合計 (mm)	20 mm/h 以上の 降水量割合 (%)	任意の1時間における降水量の 最大値 (mm)
2017年6月	2	51.5	222.5	23.1	30
7月	6	184	484.5	38.0	48
8月	2	57	174.5	32.7	40
9月	1	33	284.5	11.6	46.5
2018年6月	1	24	268	9.0	24
7月	5	113	422.5	26.7	36
8月	0	0	9.5	0	2.5
9月	0	0	413	0	22.5
2022年6月	0	0	309.5	0	19
7月	4	138	285.5	48.3	30
8月	1	36.5	159.5	22.9	36.5
9月	9	293	464	63.1	58

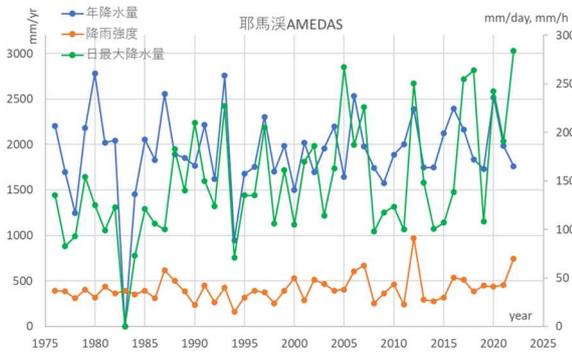
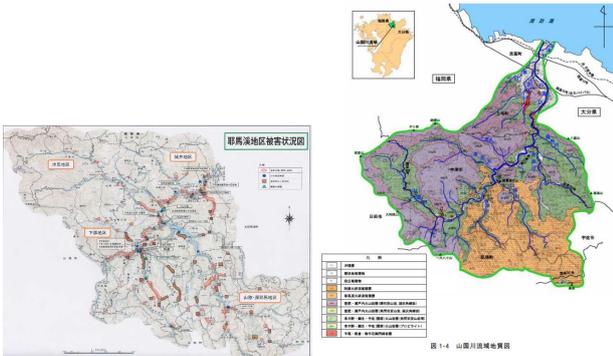


図-5 降雨諸量の経年変化 (耶馬溪 AMEDAS)



(a) 斜面崩壊箇所 (b) 地質分布

図-6 2017 年水害の斜面崩壊地と地質分布

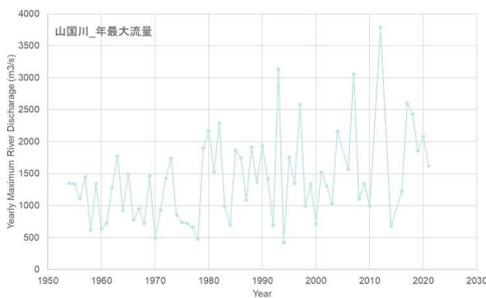


図-7 年最大流量の経年変化 (山国川)

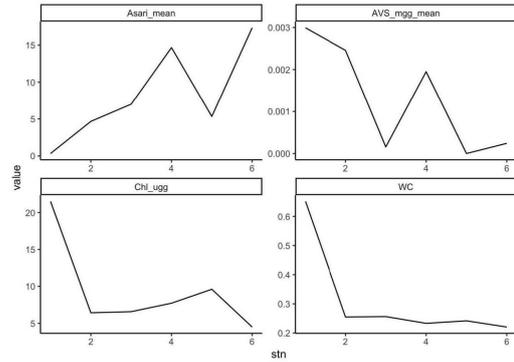


図-8 岸沖トレンチ調査結果 (2021, 熊本県立大・九州大)

17 年水害時の山国川流域の斜面崩壊地の分布図を、(b) に地質分布図を示す。(a) から、支川の山移川流域に集中して異常な数の斜面崩壊があり、その地域は明確に耶馬溪火砕流堆積層となっていることがわかる。山移川には流域唯一の耶馬溪ダムが存在するが、当然、粗粒分は堆砂するが、細粒分は流出するものと考えられる。この解析結果について、後章で、広域土砂動態モデルの現地適用によって検証を行う。図-7 に、山国川の年最大流量の経年変化を示す。図-5 から年総降水量は平均的には増加傾向であり、図-3 の結果から判断すると、山国川からの土砂供給量は増加する傾向にあると推察される。しかしながら、前述したように一回の強い降雨とそれ以外の少雨という降雨パターンの増加が、図-7 に示す年最大流量の顕著な増加を招いていることから、それは図-6 に示された異常な数の斜面崩壊による泥質化の危険性が高まっていることも示唆している。

図-8 に、同じ研究グループの九州大学と熊本県立大学による 2021 年 6 月の測線 7 付近における岸沖トレンチ調査結果を示す。図において、WC や AVS、chl a の分布から、岸側で堆泥、沖側で堆砂し、それと対応してアサリの個体数も沖側に向かって増加することがわかる。この調査時は 18 年と 22 年の間で出水の影響が薄れてきた時期であり、地元の住民も「干潟が縮まってきた」と表現していた。その為、出水による沖合堆泥は認められていない。

### 3. 既往の底質調査結果の再整理

一方で、現地観測時には汀線際に定常的に堆泥域が沿岸方向に形成されていることが確認されている。2.1 の採泥位置では、その堆泥域をとらえきれない為、大分県中津土木事務所の底質調査報告書(2003)の掲載データを再整理して、汀線際の堆泥域形成を調べた。

図-8 で推察される汀線側の堆泥域は、申請者らも現地観測時に常に確認しており、現地観測時の沖へのアプローチ場所が限定される所以でもある。そこで図-9 に、大

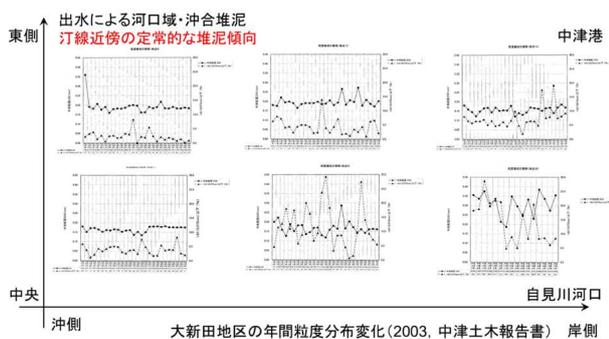


図9 定常的な汀線際の堆泥域（中津土木事務所データ）

分県中津土木事務所の底質調査報告書<sup>15)</sup>のデータを再配置し、その検証を行った。図において、左が沖側、右が汀線側、上が中津港側、下が観測領域中央部の自見川河口付近である。各図の横軸は2年間の月変化、縦軸は含有率であり、破線の細粒分率から、岸に向かうにつれてその値が大きくなり、かつ通年的に高い値を示すことがわかる。このことから、水害出水によって河口から大新田地区沖合が堆泥する一方で、汀線際では定常的に沿岸方向の堆泥域が形成されていることがわかった。

#### 4. 数値計算

##### (1) 数値計算の概要

数値計算には、著者らが開発してきた WDM-POM を用いた。WDM-POMは POM : Princeton Ocean Model をベースに、波浪場をエネルギー平衡方程式、海浜流場を Radiation Stress Model、浮遊砂・掃流砂量を Bailard Model で解き、泥の輸送量については移流拡散方程式を用いて、底面の境界条件を Krone/Partheniades Model、沈降速度  $W_s$  を Burban Model で表現したモデルである。最終的に、漂砂量と泥質輸送量から土砂収支式を用いて地形変化計算を行い、その結果を次 step の波浪場に feedback するモデルである。さらに、干出・冠水スキームと、極浅海域における底面剪断応力を精確に計算するための拡張対数則を導入している。従って本モデルは、干出・冠水計算を含む、潮流・海浜流・吹送流・密度流を再現できる泥と砂による総合的な準三次元広域土砂動態・地形変化モデルである。2.1 の採泥調査では、2017 年の九州北部豪雨災害による短期的な泥質化と 18、22 年の細砂・中砂供給を捉えており、本章では、gRSM と WDM-POM を用いて 17 年出水による山国川河口～大新田地区沖の泥質化の再現計算 (Run 1) を行った。一方で、2.2 において定常的な汀線際の堆泥域形成も確認されており、その形成機構についても、WDM-POM を用いて、単純矩形湾と正弦波による数値計算 (Run 2) を行った。Run 1 においては、周防灘を対象とした大領域計算 (Run 11) と、その計算潮位を境界条件とする nesting 手法によって中津干潟の小領域

計算 (Run 12) を行なった。Run 11 の境界潮位は、別府・徳山・関門の実測潮位を、Run 12 の境界潮位は Run 11 の計算潮位をもとに、ともに線形補間で与え、山国川河口では感潮域外の下唐原水位観測所の実測ハイドロ・グラフを与えた。さらに、河口においては、その流量データと gRSM、採泥試料の解析結果による平均含泥率から泥の濃度を境界条件として与えた。ここでは Bailard Model の parameter も gRSM を用いて同定する必要があるが、現在は鶴崎ら<sup>16)</sup>で用いた値を使用している。図-10 に、Run 11, 12 の計算領域を示す。Run 2 においては、単純矩形湾を用い、沖側開境界において振幅  $a=1.0\text{m}$ 、周期  $T=12.0\text{h}$  の正弦波を与え、海底勾配を 0、1/1500、1/1000、1/500 の 4 通り変化させて計算を行った。表-2 に、Run 1, 2 の計算条件を示す。図-11 に、Run 12 における境界潮位とハイドロ・グラフを示す。

##### (2) 計算結果：2017 年出水による河口から大新田沖の堆泥

図-4 に示された、水害出水による山国川河口から大新田沖合の堆泥の再現計算を行った。図-12 に、Run 11 の大領域計算における周防灘の潮汐残差流を示す。中嶋ら<sup>17)</sup>や八木ら<sup>18)</sup>の指摘と同様に、周防灘では反時計回りの残差流が認められた。荻田港の NOWPHAS データによれば、周防灘では卓越波向きがあり、冬季は北西、夏季は東の波向きである。従って、中津干潟では、冬季ととくに東向きの潮汐残差流と東向きの海浜流が重合することになる。これが、山国川から東向き向きに国東半島まで中津干潟が広がる要因となっていると推察される。

図-13 に、(a) 出水ピーク付近の  $t=86,400\text{s}$  における流れ場と泥質濃度分布、(b)  $t=155,000\text{s}$  における泥質濃度分布を示す。(a) において、強い沖向き出水と河口より東側を中心に高濃度域が存在することがわかる。泥質分布の経時変化をみると、河口からの泥質と周辺で巻き上がる泥質が、上げ潮時には西向きに、下げ潮時には東向きに輸送される、トータルでは沖向きに流出しながら東向きに輸送される。(b) において、黒四角は採泥地点を示すが、約 2 日程度で図-7 に示した測点 1, 6, 8, 9 に泥質の高濃度域が到達することがわかる。図-14 に、出水ピーク時の堆泥厚の空間分布を示す。図から、泥質濃度分布と類似した堆泥厚分布になっていることがわかる。

##### (3) 計算結果：定常的な汀線際の堆泥域形成

図-15 に、海底勾配 1/500 の  $x=1250/5000$  (m/m) における浮遊泥濃度と沈降速度のイソプレットを示す。図から、正弦波は検査断面では進行波的にやや前傾化し、その為、上げ潮最強時の潮位変化勾配が急、下げ潮時が緩勾配となって、前者で底面流速が大、後者で小となる。その為、上げ潮時に巻き上げが大きく、下げ潮時には小さくなる。

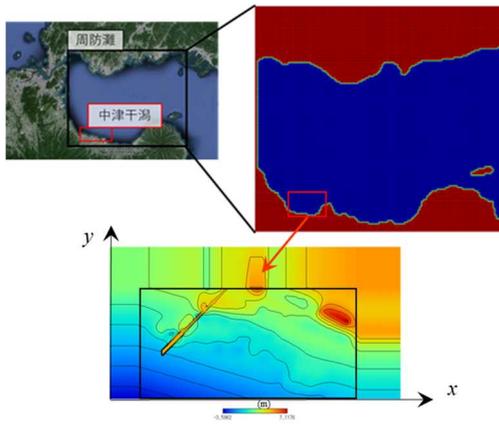


図-10 計算領域 (Run1)

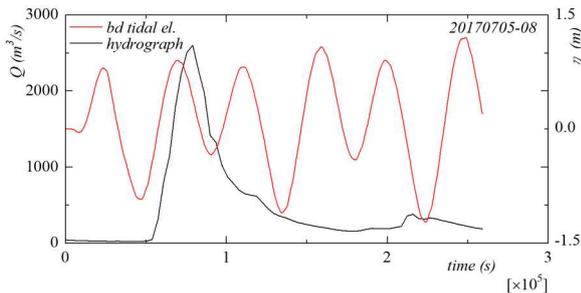


図-11 境界潮位とハイドロ・グラフ (Run 12)

表-2 計算条件

	Run 1			Run 2				
	Run 11 大領域	Run 12 小領域		Run 21	Run 22	Run 23	Run 24	
nx	146	216		単純矩形湾				
ny	131	114		50				
dte	0.1	0.01	s	100				
dti	1	0.1	s	0.01				s
dx	450	55.7	m	0.1				s
dy	550	45.3	m	50				m
流れ	潮流	潮流・海浜流		50				m
海底勾配	-	-		0	1/500	1/1500	1/1000	

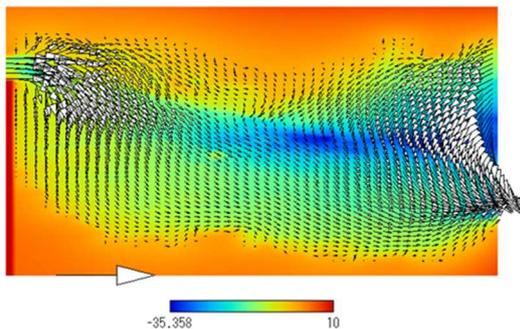
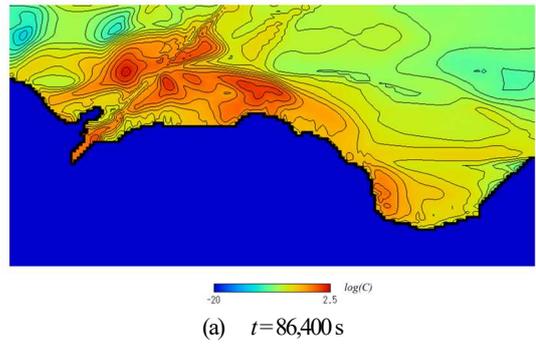
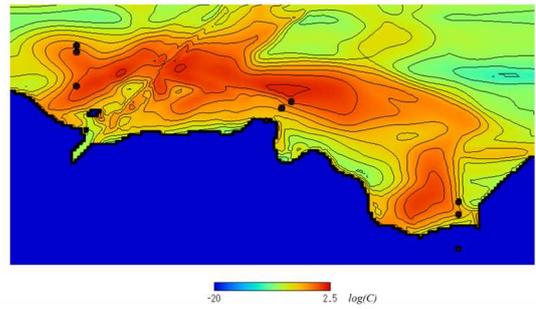


図-12 周防灘の潮汐残差流 (Run 11)

沈降速度の Burbal Model は、凝集性効果を考慮するために濃度  $C$  と流速の鉛直シア  $G$  の関数となっており、それ故に (a) の傾向から (b) においても上げ潮底面付近で大きな沈降速度を有する。しかしながら、上げ潮最強時は岸向き輸送が大きく、すぐには沈降せず汀線近傍まで運ばれる。やがて転流時には  $G$  が小さくなるものの、水平掃流力も小さくなる為、沈降・堆積するものと考えられる。こうした傾向は、海底勾配が急なほど顕著であ



(a)  $t=86,400$  s



(b)  $t=155,000$  s

図-13 泥質濃度の空間分布

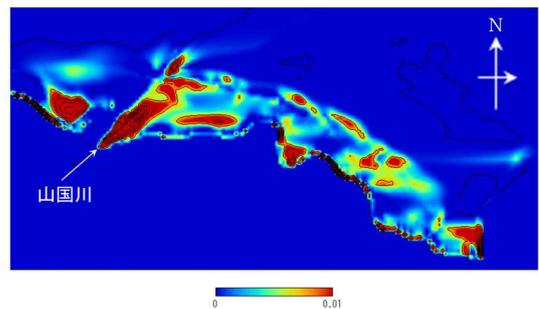


図-14 堆泥厚の空間分布

り、それは全水深の低下によって海底斜面を遡上する流れが強くなるためと考えられる。従って、出水による沖合い堆泥から、平水時に繰り返す上げ潮による再懸濁・再凝集・再沈降過程によって定常的な汀線際堆泥が生じると推察された。さらに、精緻な検証が求められるが、これによって堆泥機構の解明と堆泥分布の再現がなされ、「泥」に関しては WDM-POM と gRSM による将来予測や影響評価の妥当性が確かめられた。

## 5. 広域土砂動態モデル：SPR-WDMPOMの構築と現地適用

広域土砂動態モデル：SPR-WDMPOM を構築するために、申請者らが別個に研究を行っている利根川上流域の吾妻川において、4 段タンク・モデルと gRSM を用いて流域土砂流出モデルを構築した。図-16 に、草津の実測ハイト・グラフを入力値として、やや下流の村上水位観測所における実測ハイドロ・グラフと比較を行った結

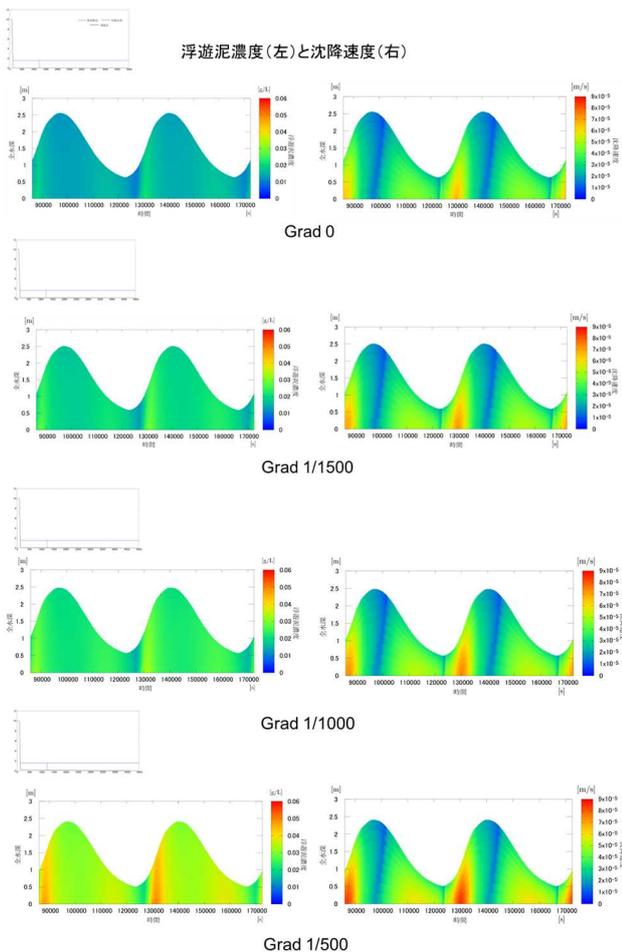


図-15 浮遊泥濃度分布と沈降速度分布

果を示す。実測データを用いてタンク・モデルの parameter 調整を行った結果、減衰期はやや再現性が劣るが、増水期とピーク流量は精度よく再現できていることがわかる。この流域土砂流出モデルを複数 WDM-POM と連結して SPR-WDMPOM を構築した。図-17 に、初期段階での2つの小流域を連結した計算結果の一例を示す。勾配は 1/500 で一様で、現在は河道計算に WDM-POM を用いている。図においては、まだ Tank 2 からの流出が本川に届いていない段階であるため、最上流の Tank 1 からの流出しか描かれていないが、それでも実測のハイエト・グラフを用いて、河口からの流出計算結果が示されている。現在、山国川流域を模した tank mode 配置にすることと、WDM-POM による河道計算は時間を要するため、河道モデルを 1 次元不等流モデルあるいは不定流モデルへ変更することを行っている。

## 6. 結論

大分県中津市の山国川と中津干潟、ならびに群馬県の利根川中上流域を対象として現地観測を行い、そのデータをもとに、申請者らが開発してきた沿岸域の広域土砂動態・地形変化モデル：WDM-POM と河川の土砂量算

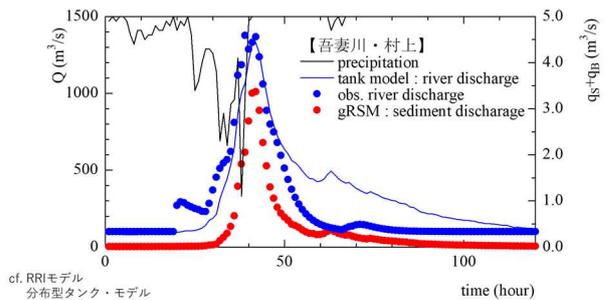


図-16 4段タンク・モデルによる流域土砂流出解析

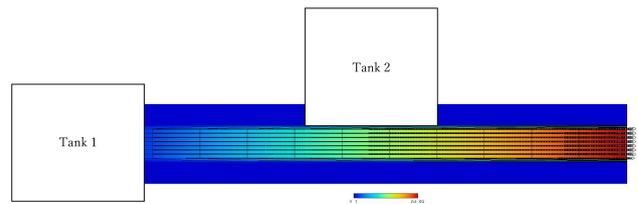


図-17 流域土砂流出モデルの計算例 (初期段階)

定モデル：gRSM に加えて流域土砂流出モデルを構築し、山地と河川流域・沿岸域の広域土砂動態・地形変化モデル SPR-WDMPOM を構築して現地適用した。

現地観測からは、2017年水害の出水による、河口から大新田地区沖合の泥質化と 18, 22 年の多雨による細砂・中砂化を捉えるとともに、WDM-POM と gRSM によってその再現計算が行われた。また、定常的な汀線際の堆積域形成も示され、WDM-POM を用いてその形成機構が示唆された。流域土砂動態モデルは利根川上流域・吾妻川において実測データを用いて構築され、その後、gRSM と WDM-POM と連結して SPR-WDMPOM を構築して山国川・中津干潟に現地適用された。今後も継続的な高精度化と現地適用を行っていく。

**謝辞：**本研究は、(財)国土技術研究センターJICE 研究開発助成金 (第 20002 号, 第 21001 号) によって遂行された。ここに記して謝意を表す。また、現地観測の許可やデータ提供については、国土交通省関東地方整備局利根川上流河川事務所、九州地方整備局山国川河川事務所、別府港湾・空港整備事務所にご助力頂いた。NPO 法人「水辺に遊ぶ会」ならびに大分県中津土木事務所、大分県漁業協同組合にも同様にご助力頂いた。ここに記して謝意を表す。

## 参考文献

- 1) 吉井拓也, 佐藤慎司: 天竜川・遠州灘流砂系における広域土砂動態の解明と将来予測, 土木学会論文集 B, Vol. 66, No. 1, pp. 1-18, 2010.
- 2) 山野井一輝, 藤田正治: 土砂生産・土砂供給・土砂輸送堆積統合型モデルの開発と山地流域への適用, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.70, No.4, pp.

- I\_925-I\_930, 2014.
- 3) 一般財団法人国土技術研究センター(JICE), 総合土砂管理計画策定の手引き, 第 1.0 版, pp. 1-82, 2019.
  - 4) 重枝未玲, 秋山壽一郎, 小園裕司, 上川謙, 遠賀川流域の分布型流出解析と平面 2 次元洪水追跡, 土木学会水工学論文集, 第 54 巻, pp.517-522, 2010.
  - 5) 萬矢敦啓, 岡田将治, 菅野裕也, 深見和彦, 大平一典: 実河川における掃流砂量の計測手法に関する一提案, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol.67, No.4, pp. I\_1171-I\_1176, 2011.
  - 6) Rennie, C. D., Millar, R. G. and Church, M. A.: Measurement of Bed Load Velocity using an Acoustic Doppler Current Profiler, *Jour. Hydraul. Eng.*, Vol. 128, pp.473-483, 2002.
  - 7) 武川一樹, 二瓶泰雄: 日本の河川における浮遊土砂輸送量と流量の相関関係, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.69, No.2, pp. I\_1221-I\_1225, 2013.
  - 8) 鶴崎賢一, 加藤貴俊, 池畑義人: 実測データと簡易モデルを用いた河川の土砂量算定モデルの構築, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol.77, No.2, pp. I\_595-I\_600, 2021.
  - 9) 鶴崎賢一, 矢菅晶太, 田井明, 齋田倫範, 池畑義人: 準三次元広域土砂動態計算にもとづいた河川出水に伴う干潟の泥質化機構の解明, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 77, No. 2, pp. I\_493-I\_498, 2021.
  - 10) Yusuke Uchiyama, Modeling three-dimensional cohesive sediment transport and associated morphological variation in estuarine intertidal mudflats, *Report of the Port and Airport Research Institute*, Vol. 44, No.1, 2005.
  - 11) 国土交通省九州地方整備局別府空港・港湾整備事務所: 中津港海域環境管理検討調査報告書, pp.1-151, 2013.
  - 12) 浜口昌巳, 一次生産の変化と有用種の関係 (二枚貝), 水研センター研報, 第 34 号, pp. 33-47, 2011.
  - 13) 慶野英生, 杉山清泉, 西沢正, 鈴木輝明: 冬季波浪時におけるアサリの潜砂行動とエネルギー消費過程に関する実験的研究, *水産工学 Fisheries Engineering*, Vol. 42, No. 1, pp.1-7, 2005.
  - 14) 芦田和男, 奥村武信: ダムの堆砂に関する研究, 京都大学防災研究所年報, 第 17 号 B, pp.555-570, 1974.
  - 15) 大分県中津土木事務所, 平成 17 年度環境モニタリング調査業務計画書, pp. 1-17, 2005.
  - 16) 鶴崎賢一, 栗山善昭, 坂本光: 潮流と海浜流による干潟の地形変化に関する数値計算, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.65, pp.466-470, 土木学会, 2009.
  - 17) 中嶋さやか, 金山進, 関本恒浩, 井関和夫: 夏季周防灘の底層における孤立低温水塊の形成メカニズムと物理環境に関する一考察, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.66, No.1, pp.951-955, 土木学会, 2010.
  - 18) 八木宏, 中山哲巖, 浜口昌巳, 佐野朝昭, 藤井義昭, 杉松宏一: 瀬戸内海周防灘中津干潟周辺におけるメソスケールの流れの構造とアサリ浮遊幼生の分散特性, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 67, No.2, pp. I\_966-I\_970, 2011.

(Received July 1, 2009)

(Accepted November 1, 2009)

## STUDY ON THE DEVELOPMENT OF A REGIONAL SEDIMENT TRANSPORT MODEL FROM RIVER BASINS TO COASTAL ZONES CONSIDERING FIELD OBSERVATION DATA

Ken-ichi UZAKI, Fumiya YAMASAKI and Masahiro ABE

A regional sediment transport model from river basins to coastal zones with the quantitative accuracy is important to discuss regional sediment problems of rivers and coastal zones. In this study, It was developed considering field observation data and applied to Yamakuni River and Nakatsu Intertidal Flat. In Nakatsu Intertidal Flat, amounts of catches of clams were rapidly decreased from 80's and citizens and fishermen doubted effects of erosion/siltation of the intertidal flat due to public works of Yabakei Dam, Heisei Movable Weir and the extension work of Nakatsu Port. This model was composed of gRSM, WDM-POM and a newly developed sediment runoff model from upstream river basins. Observation results and numerical results revealed the siltation from the rivermouth to the east offshore due to the disaster flood in 2017. In 2018 and 22, fine and middle sands were supplied to the intertidal flat. Hydrological analyses suggested that the siltation in 2017 was caused by unusual number of landslides at Yamautsuri River, which was one of the branch of Yamakuni River. On the other hand, steady mud depositions were recognized in nearshore zone through the year, and numerical results suggested that they were caused by daily onshore transport due to spring tides from the offshore mud deposition. In the future work, investigations of sand depositions will be conducted, and future topography changes and countermeasures to maintain the quality and quantity of rivers and the intertidal flat will be discussed.