

河川砂防技術研究開発 【成果概要】

①研究代表者		氏 名 (ふりがな)		所 属		役 職	
		知花武佳 (ちばなたけよし)		東京大学		准教授	
②研究 テーマ	名称	利根川八斗島観測所近傍における計測技術と数値解析の融合による土砂動態の把握					
	政策 領域	[分野] 地域課題分野 (河川)			融合 技術		
		[公募課題]					
③研究経費 (単位:万円) <small>※端数切り捨て。</small>		平成27年度	平成28年度	平成 年度	総 合 計		
		183	310		493		
④研究者氏名 (研究代表者以外の研究者の氏名、所属・役職を記入下さい。なお、記入欄が足りない場合は適宜追加下さい。)							
氏 名		所属・役職 (※平成29年3月31日現在)					
鵜崎 賢一		群馬大学理工学研究院 准教授					
岡田 将治		高知工業高等専門学校 准教授					
萬矢 敦啓		土木研究所水災害リスクマネジメント国際センター 研究員					
安田 浩保		新潟大学災害・復興科学研究所 准教授					
星野 剛		新潟大学災害・復興科学研究所 研究員					
小関 博司		土木研究所水災害リスクマネジメント国際センター 専門研究員					
諸岡 良優		中央大学理工学研究科博士後期課程					
⑤研究の目的・目標 (申請書に記載した研究の目的・目標を簡潔に記入下さい。)							
<p>八斗島観測所は、利根川下流域にある首都圏を洪水から防御する必要性から、1883年8月に設置され、それ以降130年もの間埋没する事なく安定に水位観測を続けてきた。同観測所の利根川の治水計画における重要性は開設時より増し、現在では最重要地点に位置付けられている。ところが、2011年9月の台風来襲に伴い、最大流量が3000m³/sほどとなる出水が発生し、同観測所の周辺に局所的かつ大規模な土砂堆積が生じ、初めて観測困難の事態に陥った。しかし、既往の知見だけから、先般の出水による短期間のうちの同観測所周辺の急激な河床変動の要因の把握は難しい上、長期的な土砂動態の見通しが立っていない。しかし、八斗島観測所の水位観測の機能回復とその維持は、利根川の治水の喫緊かつ最大の課題といえ、その解決には短期と長期の複眼的視点から、河床と流路の変動がもたらす土砂動態の把握が不可欠である一方、その鍵となる実河川における土砂動態を把握する科学技術の発達は不十分と言わざるを得ない。申請者らは、このような技術的な停滞の要因は二つあると考えており、一つは流水と流砂の対応関係の計測技術の不在、もう一つは河床波の形成や発達は流れの乱れにより誘起されるとの力学的な解釈の偏重である。これに対し、申請者らが先導して開発してきた流速計測技術を応用した流砂量と河床波の計測技術、また、河床波の発達要因はi) 従来の乱流誘起と、ii) 河道の平面形状などの幾何学形状からの強い影響との重畳から成るとの解釈の拡張の二つを基軸として技術的な停滞を打破し、八斗島周辺における土砂動態の要因を把握した上で、10年単位の長期的展望の提示を目的とした。</p>							

⑥研究成果

(様式 E-10と同じ内容について、具体的にかつ明確に記入下さい。)

1. 研究の背景・目的

利根川八斗島観測所は、130年もの間安定した水位観測を続けてきたが、2011年の最大 $3,000\text{m}^3/\text{s}$ ほどの出水により、同観測所の周辺に局所的かつ大規模な土砂堆積が生じ、観測困難の事態に陥った。既往の知見から、こうした短期間の急激な河床変動要因の把握は難しく、土砂動態把握のための方策が求められているものの、未だその見通しが立っていない。そこで、ADCPを応用した流砂量と河床波の計測技術を投入し、種々の規模の洪水における流砂と流水の対応関係について包括的に計測する。これと平行して、従来の浮子観測や採砂器や河床に設置するリング法などの伝統的手法も用い、両者の比較検討を実施する。また、計測技術と数値解析を融合したアプローチとして、八斗島周辺の土砂動態を適切に記述可能な流砂関数を計測結果に基づいて導出し、土砂動態の把握手法を検討する。さらに、観測結果を用いて数値解析に必要な粗度係数を高い確度で求める方法を検討する。こうして、八斗島周辺における土砂動態把握に向けた、10年単位の長期的展望の提示を目標とする。

2. 2カ年の研究内容

まず、経年的に撮影された航空写真から、八斗島付近の砂州動態について考察することから始める。次に、利根川本川の広域で粒度分布を把握し、その分級特性を捉えた上で、出水に備えてリングを河床に設置し、対象とする砂州上での粒度と土砂交換層厚を計測する。そして、鬼怒川で破堤する原因となった2015年洪水に加え2016年の小出水を対象として、ADCPにより計測されたBedload velocityや後方散乱強度から掃流砂量及び浮遊砂量を見積もる方法について検討し、流砂器による直接採取の結果やリング法の結果と照らし合わせ、流砂量の求め方について検討する。最後に数値解析を用いて、対象区間の粗度について検討を行い、対象区間の河床構造と土砂動態について考察する。

3. 研究成果

(1) 航空写真による長期的な河床形態の変動分析

航空写真を解析した結果、1947年から2011年まで、烏川と利根川本川の最初の合流点にほぼ変化がない一方、合流点直下の中州下流端、すなわち分岐流路の再付着点は2008年の段階で下流へとずれていた。その結果、観測所前の左岸砂州は波長が縮められ、2011年に下流へと延伸した。すなわち、観測所の埋没をもたらした原因は1998～2008年の間にあることがわかる。より詳細な検討を行った結果、1998年に生じた $10,000\text{m}^3/\text{s}$ 規模の出水では移動せず、2004年にはすでに移動していることから、八斗島地点で40時間以上にわたり $3,000\text{m}^3/\text{s}$ を超過した2001年の出水によるものと推察される。また、1998年以前15年ほどは大きな出水がなく、土砂供給量の減少に伴う樹林化が全国的な問題となっていた時期とも合致する。

そこで、烏川及び利根川本川の上流部の空中写真を解析してみたところ、烏川の砂州形状には大きな変化が見受けられないのに対し、利根川上流の上福島付近においては、1974年頃は発達した砂州の様相であったものが、現在では水面幅にほとんど変化のない、河床低下傾向にある砂州の挙動を示していることを確認した。これらのことより、ダムも多く目立った土砂流入も起こっていない利根川本川からの土砂供給量が減少している可能性が示唆される。

(2) 線格子法を用いた広域の粒度調査

利根川本川において、広域で河床材料の粒度調査を実施した。その結果、群馬県庁付近から烏川合流地点に至るまで、大きな粒度分布の変化はなく、代表粒径は8～10cm程度で有る。烏川がやや粒径が細かいが、本川合流直前で7cm程度と大きな差は無い。これに比して、烏川の合流により粒径は急に細くなり八斗島観測地点の砂州における代表粒径は5cm程度である。そのため、10cm以上の大礫を有さず、上流に比して河床材料が輸送されやすいことがわかる。

(3) ADCPを用いた八斗島の流量計測

2015年と2016年洪水時に、坂東大橋からADCP曳船による横断流量観測、定点観測および電波式流速計を用いた表面流速観測を行った。2015年洪水は、八斗島上流域において、八斗島水位観測所では、水防団待機水位を超える規模の出水であった。途中、流木の影響や、データ受信機の位置の問題もあり、すべての観測ができたわけではないが、最大で約 $4,000\text{m}^3/\text{s}$ の流量まで観測できている。この観測においては、ハイドログラフの立ち上りは、観測値とH-Q換算のハイドログラフとよく整合しており、両者の妥当性が伺える一方で、逓減部は、H-Q換算のハイドログラフよりもADCPの方が過大であった。

一方、2016年は計4回の観測を実施した。それぞれ台風接近時に観測を行い、2015年ほどの水位上昇はなかったものの、最高水位約0.3mに達した。この時の観測では、ハイドログラフの立ち上りから逓減部まで、観

測値の方がH-Q換算のハイドログラフよりも小さな値を示している。H-Q式とADCP計測法による流量を比較すると、水位が-2.0m以下では概ね同じ値だが、それ以上になるとH-Q式の流量値の方が大きくなっていることがわかる。同様にH-Q式とドップラー型流速計測法を比較すると、水位-1.5mから0.2mにかけて、H-Q式の流量値の方が約10%大きな値を示した。結果として、いずれの比較においても浮子測法から算出したH-Q式の方が大きな値を示した。これらの原因については未だ明らかにはなっていないが、H-Qのループの問題、あるいは、ADCPの特性の問題などが考えられる。

(4) ADCPを用いた五料橋（合流前）での流況把握

坂東大橋（烏川合流後）に加え、五料橋（烏川合流前）においても同様の観測を行った。過去、2014年の調査において、五料橋では河道中央部で底層に高速域がみられ、下膨らみの鉛直流速分布がみられることがわかっている。五料橋付近は蛇行部にあり、右岸が水衝部になっているため、右岸側の水深が深く、また流速も速い。そのため、富永ら（1998）¹⁾が指摘するように、河道横断面内の二次流が強化され、高速域の大きな運動量の流体が断面中央部の低速域の底層部に輸送されたものと考えられた。しかしながら、出水規模の小さな2016年には同様の現象は見られなかった。出水規模等によって異なる現象であると思われるが、2016年の出水時に見積られる掃流力は、八斗島のそれよりもかなり小さいため、このような二次流が生じることにより急に土砂輸送が活発化するという可能性もある。

(5) 画像解析・電波式流速計による流速計測

画像解析による水表面の流況把握として、2015年9月9日16:30頃の動画に写っていた流木の軌跡を解析した結果、流木は砂州の平水時水際に沿うように左岸から右岸に向かって斜めに流下していた。これは後述する、土砂輸送が活発になる二本の主流線の内、流心側に合致するものである。この時間は、比較的ピークに近い大きな流量が出ているにもかかわらず、流線が砂州形状の影響を受けているということは、浮子観測の精度が砂州の存在によって大きく影響を受ける可能性があることを物語っている。なお、この画像解析による流速強度は概ね5m/sであったのに対し、同時刻の浮子観測、電波式流速計、ADCP観測による流下方向流速が3.5m/sであり、やや過大評価となっている可能性はあるが、妥当なオーダーではあり、可能性は確認できた。夜間においては浮子にケミカルライトを付けてレーザー観測しているが、やはり左岸から右岸に斜めに向かう流れになっていた。ただし、明け方はもやの影響もあり計測できない時間帯が存在した。

電波式流速計によっても同様の調査がなされている。2015年の調査において、ピーク付近で流速が3m/sを越える場所が横断方向に二カ所あり、一つは河原上、もう一つは先ほどの画像解析の結果と同じく砂州の水際に沿う滞筋側の流れであった。さらに、2016年の調査においては、低流量時には滞筋側の流れの方が強いのにに対し、流量が増加するにつれ、河原上の流れの方が強くなるという逆転現象を確認した。すなわち、主流線は二ヶ所存在し、低流量時は平水時の河原水際に沿うような流れが、高流量時は河原の真上を分断するような流れが強いことが理解できる。

(6) ADCPとリング法を用いた土砂の動態把握

出水前に設置したリングを用いて、観測所付近の河原の土砂動態について調査した。粒度分布を計測したところ、代表粒径は49mmであった。上述した通り、利根川本川の上流側、及び烏川と比較しても粒度が細かくなっており、上流で見られる河床材料のすべてが八斗島地点の水位計埋没をもたらしたわけではなく、活発に動いているのは細粒分であることが理解できる。

設置した杭は1.5mでこれに金属のリングが通してあり、出水中一番洗掘された位置までリングが落下し、その後埋没するため、河床変動量を計測できるという手法である。2014年度の子備調査においては9本設置した内、8本について出水後調査できたが、すべて杭が折れ曲がっていたもののリングの位置はほとんど変わらず、土砂の交換はなかった。これに対し2015年洪水においては、11本設置した内の6本を紛失したが、大半の地点の交換層は10cm未満であり、せいぜい代表粒径に相当する表層の一層のみしか土砂が移動していないことが明らかになった。ここでも、最大洗掘深が大きい場所は、滞筋である右岸側と反対側の左岸側の河原上の二箇所あり、(6)で述べた電波流速計が捉えたとおり、洪水中は左岸側と右岸側に二筋の主流線が発達し、これらが河床変動をもたらしている。このような二筋の主流線が発達するのは、当地点の水量が複列砂州領域となっているためであり、空中写真からもその様子が見て取れる。

ただし、2016年洪水では、河原上の主流線が見られる場所は埋め戻し傾向にあり、傾向は2015年の逆であった。すなわち、流量が大きいときには、河原を通過した土砂が下流側に堆積し、砂州が全体的に下流へ延伸するのに対し、低流量時は、河原の上に土砂を堆積させつつ滞筋側の河原水際付近を土砂が輸送するという状況になり、河原の比高をあげることになる。そのため、河原が下流へ伸びるという現象はある程度出水規模が生じるまでは見られないと考えられ、大規模な出水で突然砂州が変化することも理解できる。いずれにせよ変動が大きい場所は限られており、面的にまんべんなく土砂が移動しているわけではないことも理解できる。

ほぼ同様の場所で洪水の洪水通減期である9月10日を対象に、ADCPで観測された河床の移動状況を解析した結果、河床移動速度が横断平均で約75cm/sと速い速度を示している。また、観測測線の左岸側と右岸側で通減期にも関わらず河床移動速度は大きくなっており、最大で125cm/sを超える時刻もある。これらの観測結果を岸・黒木(1973)³⁾の小規模河床波理論に適用したところ、河床移動速度が大きくなっている箇所の流況では小規模河床形態の遷移が発生し、河床形状による流水抵抗が小さくなっていることも推察された。出水中に取られた河床高の変化を見ると、河床移動速度が1m/s近くまで速くなった場所で30cm程度上昇していた。ADCP観測による掃流砂量の算定過程で算出される掃流砂層厚や上述したリング法によるその他の場所での交換層厚や堆積層厚を比較したところ、両者の差は5%以内となり良好な結果が得られており、掃流砂層厚の算出方法の妥当性も検証された。

(7) ADCPと直接採取による土砂輸送量の算定

掃流砂及び浮遊砂計測は平水時に流心部となる地点と砂州部において土研式掃流砂採取器及び河川水採取器を用いて実施した。これらの結果について以下に示す。

a) 掃流砂

2015年の観測において、直接採取された掃流砂量は0.4~420g/sと時間によるバラつきが大きかったが、土砂の粒度分布を見れば、1~2mm程度が主体となる場合と、この地点の河床材料と同程度のものが主体となる場合の二種類に分けられた。同様の傾向は、2016年に行われた観測の掃流砂量の採取結果でも見られ、2オーダーのバラつきが確認されるが、2015年の1/5程度の量となっていた。このときの単位幅あたりの流砂量はおよそ10のマイナス5乗[m²/s]程度であると見積もることができる。一方、これまでの計測で中規模出水までは芦田・道上式に比較的一致することが確認できていたものの、2015年洪水クラスになると上述したBedload velocityを用いた算定とは合わず、状況を記述する関数形について検討する必要がある。ただし、リング法やこれまでの検討結果から、移動しているのはせいぜい表層の一層であり、土砂粒子速度の鉛直分布については考慮しない方がよいという可能性もある。

利根川本川やや上流の五料橋では、2016年8月23日の観測において、ADCPのボトムトラック速度を利用して算定された掃流砂量は、ひと出水で6802.2m³と見積もられた。但し、2016年の観測では横断地形が大きく変わっており、既定の測線では高速部を捉えきれていない可能性があり、やや過小評価の可能性もある。

b) 浮遊砂

浮遊砂濃度を計測した結果、その値は鉛直方向に大きく変化していない様子が見て取れた。一方、ADCPを用いた浮遊砂量の算定は各セルにおける流速値と、後方散乱強度と採水試料のSS分析結果から得られる浮遊砂濃度とから浮遊砂フラックス q_s を算定してきた。これを用いて2016年の浮遊砂量を見積もったところ、坂東大橋では1596.9m³程度であるとの結果が出ている。2015年洪水では、岡田ら⁴⁾が提案するADCPの反射強度から超音波濁度(ABT: Acoustic backscatter turbidity)を計算する手法を用いた。また、懸濁態濃度は、音響強度と懸濁態濃度の関係について伝搬損失を考慮して算出している。この方法を用いて鉛直濁度分布に一致させるように各変数を決定し、超音波濁度(ABT)を求める。ただし、ここでは濁度計測を実施していないため、計測されたSS値を直接キャリブレーションデータとした。また、2016年も同様の手法を用いたものの、浮遊砂の採取が表層でしかできておらず、十分な精度を確保することは難しかった。ただし、いずれの年においても流心部においては浮遊砂濃度が小さく、水深が小さい砂州部において高濃度となっているという傾向は捉えることができた。

なお、五料橋における2016年の観測では、採水試料のSS分析によってCQ曲線を求め、流量データからひと出水の浮遊砂量を算定した結果、660.06m³となった。

(9) 観測と数値解析を融合した粗度係数の推定

粗度係数は直接的な計測は難しいため、経験的に決定されている。そこで、観測と数値解析の両者を用いるデータ同化を導入した準二次元水理解析法を開発し、2015年の洪水期間中における粗度係数の確率的な分布を推定した。観測値としては水位および水位-流量関係式から求めた流量を用い、データ同化の対象としたのは水位ごとの粗度係数である。計算対象は、利根川の179から183.5k区間であり、粗度係数は低水路0.035高水敷0.045を初期値とした。その結果、流量については、データ同化をしない解析では観測値と最大で500m³/s程度の差が生じる一方で、データ同化を導入した計算では観測値を再現できた。また、粗度係数の時間変化を見れば、計算初期を除き、洪水期間中のいずれの時間帯においても概ね0.042(m-1/3s)程度と大きめの値に収束した。初期に与えた幅が0.007(m-1/3s)であったのに対し、データ同化により算出された $\pm 1\sigma$ の幅は0.0035(m-1/3s)となり、狭い分布幅の粗度係数が推定できた。ただし、解析区間は流路の蛇行が顕著であるのに対し、解析では各横断面間の距離を直線的に結んで最短距離で表現したことが起因している可能性もある。そこで、縦断距離がそれぞれ110%、120%、130%、140%となった場合の粗度係数の値を検討した所、縦断距離を140%として試算した粗度係数は $\pm 1\sigma$ の範囲が0.034~0.037(m-1/3s)であり、計画粗度係数である

0.035(m-1/3s)を含む範囲となる。計算を行う際には流路長の補正を考慮した粗度係数を使用することの必要性が示唆された。

4. 今後の展望

本研究では、まず、長期的な河床構造の変遷と、広域の粒度組成を把握した。その結果、八斗島観測地点直上流の中州が2001年に生じた洪水で延伸している可能性が高く、これにはその頃までに利根川の土砂供給が減少し河原と濬筋の比高差が拡大していたことが推察された。そして、これが八斗島の観測所を埋没させた引き金となっている。また、八斗島観測所付近では上流より急に粒径が細かくなっているという特徴も確認した。さらに、電波流速計、ADCP及びリング法の結果からは、高流量時には河原を土砂が乗り越え河原を下流へ延伸させる働きがあるものの、低流量時には土砂は濬筋を活発に移動しつつ、河原の上に土砂を落として比高差を拡大することも確認した。これらをあわせて考えると、平面的には安定していても、土砂供給量の減少と長く大出水がなかった影響で中州が安定化し、それが大洪水で一気に下流へ移動したのがきっかけであるとのシナリオが考えられる。これは連続的変化ではなく、ある閾値を超えると急に变化する現象である。また、五料橋で見られたとおり、ある流量を上回ると二次流が発達し、土砂の動きが活発化する可能性もある。

そのため、今後は継続的な計測結果から物理的メカニズムを解明し、八斗島観測所前の河原では、どの程度の流量で砂州を乗り越える流れが卓越し、それがどの程度の各種水理量となり、どの粒径の土砂がどれだけ河原を通過するのかを把握する必要がある。そうした中、掃流砂計の実測結果にはバラツキはあったものの、採取量が多く採取された土砂の粒径が河原の粒径と一致した場合の採取量は、今回提案するADCPを用いた掃流砂量推定手法で算出した値に近かった。また、浮遊砂についても、夜間の採取は難しく、装置の改良も必要であるが、昼間は高流速部においても河床付近まで採水が可能であった。これによりキャリブレーションができればADCPを用いた浮遊砂量の推定も可能である。すなわち、ADCPを活用することで、三次元的な水理量の把握、掃流砂量、浮遊砂量の計測までが可能となることを示しており、今後の継続したモニタリングにより、上述した物理的メカニズムの解明及び河床構造に大きな変化をもたらす流量の閾値を把握することが可能となるはずである。

そして、肝心の流量計測精度についてであるが、利根川八斗島地点において、ADCP、非接触型電波式流速計、浮子測法による流量観測を実施し、算出した流量を比較した結果、おおそ浮子測法によって得られる流量に近いものの、高流量では他の手法によって得られるものよりも浮子測法の方が大きな値を示す傾向が見られた。引き続き原因を究明していくが、浮子が流れの集中する場所に流れ着いてしまうことなどを考えると妥当な結果であるとも言える。

さらにこうした観測結果を用いて、データ同化により粗度係数を評価する手法も提案した。流路長の補正に課題があるものの、確度の高い粗度係数の推定が可能となっている。やや過大評価になっている可能性はあるが、推定された粗度係数は計画粗度係数よりもかなり大きく、これには小規模河床波の発達の可能性もある。こうした状況の把握は、上述した物理メカニズム再現のための水理計算で必要不可欠なものである。そのため、ADCP等による定点観測で得られる1地点の流速時系列データと粒径調査やリング法の結果を分析して河床波を捉え、それによる流速への影響を分析することで河川における粗度に関して解析を続けていく。

参考文献

- 1) 富永晃宏・長尾正志・大沼保仁：台形断面開水路湾曲部の2次流構造,水工学論文集,第42巻,pp.895-900,1998.
- 2) 原田大輔, 知花武佳, 日野将人：土砂交換厚に着目した二河川間の土砂動態の比較, 水工学論文集, 第60巻, 2016.
- 3) 岸力, 黒木幹男：移動床における河床形状と流体抵抗(I),北海道大学工学部研究報告, No. 67, pp.1-23, 1973
- 4) 岡田将治, 萬矢敦啓, 本永良樹, 橘田隆史：ADCPによる洪水流況・掃流砂・浮遊砂量の同時計測技術構築のための基礎的検討, 土木学会論文集B1(水工学), Vol.69, No.4, I_751-I_756, 2013.

⑦研究成果の発表状況

(本研究の成果について、予定しているものも積極的に記入して下さい。(以下記入例))

現段階ではなし.

⑧研究成果の社会への情報発信

(ウェブ、マスメディア、公開イベント等による研究成果の情報発信について記入下さい。ウェブについてはURL、新聞掲載は新聞名、掲載日等、公開イベントは実施日、テーマ、参加者数等を記入下さい。)

現段階ではなし.

⑨表彰、受領歴

(単なる成果発表は⑦⑧に記載して下さい。大臣賞、学会等の技術開発賞、優秀賞等を記入下さい。)

現段階ではなし。

⑩研究の今後の課題・展望等

(研究目的の達成状況や得られた研究成果を踏まえ、研究の更なる発展や河川政策の質の向上への貢献等に向けた、研究の今後の課題・展望等を具体的に記入下さい。)

今後も継続的な計測結果から物理的メカニズムを解明する必要があるが、八斗島観測所前の河原では、どの程度の流量で砂州を乗り越える流れが卓越し、それがどの程度の各種水理量となり、どの粒径の土砂がどれだけ河原を通過するのかを把握する必要がある。そうした中、今回提案するADCPを用いた掃流砂量推定手法や浮遊砂量推定では、ある程度の精度が担保されることを確認できている。すなわち、ADCPを活用することで、三次元的な水理量の把握、掃流砂量、浮遊砂量の計測までが可能となることを示しており、今後の継続したモニタリングにより、上述した物理的メカニズムの解明及び河床構造に大きな変化をもたらす流量の閾値を把握することが可能となるはずである。流量計測精度については、おおよそ浮子測法によって得られる流量に近いものの、高流量では他の手法によって得られるものよりも浮子測法の方が大きな値を示す傾向が見られた。引き続き原因を究明していくが、浮子が流れの集中する場所に流れ着いてしまうことなどを考えると妥当な結果である可能性もある。

さらにこうした観測結果を用いて、データ同化により粗度係数を評価する手法も提案した。流路長の補正に課題があるものの、確度の高い粗度係数の推定が可能となっている。やや過大評価になっている可能性はあるが、推定された粗度係数が大きくなっている理由には小規模河床波の発達の可能性もある。今後も、ADCP等による定点観測で得られる1地点の流速時系列データと粒径調査やリング法の結果を分析して河床波を捉え、それによる流速への影響を分析することで河川における粗度に関して解析を続けていく必要がある。

⑪研究成果の河川砂防行政への反映

(本研究で得られた研究成果の実務への反映等、河川政策の質の向上への貢献について具体的かつ明確に記入下さい。)

ADCPを用いた流量及び流砂量観測は水系全体の河川砂防計画に直接反映させられる成果であり、また八斗島水位観測所における今後の継続的な水位観測のための維持管理を考えていく上で必要となる、物理現象の解明には不可欠である。具体的には今回の成果が以下の様な可能性を示したと考えている。

- 1)ADCP観測により、河床高変化やBedload velocityの時空間分布の把握ができ、河床高が変化しやすい場所の把握が可能となることを示した。また、観測結果を数値解析の境界条件としたり、データ同化したりすることで、河床変動予測精度の向上可能性を示した。
- 2)ADCPのみならず、様々な観測手法による流量の違いを定量的に示したことから、従来行われてきた浮子測法で算出された流量の精度に関する一つの指標として本成果の活用が期待できる。
- 3)航空写真分析、粒度調査、リング法といった伝統的手法、ADCPや電波流速計といった機器、数値解析をうまく組み合わせて考察することで、従来の知見とは異なった視点で河床変動を捉えられることを示した。
- 4)小規模河床波理論を導入し、観測結果を蓄積することにより、河床波形状による流水抵抗を加味した水位-流量関係の構築ができる可能性があることを示した。