

京都大学	博士（工学）	氏名	富田 邦裕
論文題目	流砂観測技術の高度化を踏まえた流砂系総合土砂管理手法に関する研究		
<p>本研究は、砂防域から河川・海岸域までをつなぐ流砂系の「総合土砂管理」を推進するために、土砂動態のリアルタイム観測を行うことで、データに基づく上下流連携した動的な土砂管理を推進するための方法論について検討することを目的としており、全体8章から構成される。</p> <p>第1章は序論であり、研究背景として流砂系河川における総合土砂管理の必要性と、それを支える流砂観測技術の現状と課題、そして、流砂観測技術を静的および動的な観測手法に体系別に整理し、観測技術の高度化の意義や経済効果の評価方法などの検討手法を示した上で、流域監視および流域治水に資する本論文の研究目的を示している。</p> <p>第2章では、現在の流砂観測技術の全体像をレビューするとともに、流砂の時間的・空間的フラックス変化の把握に関する各観測技術の特徴と得失について整理している。土砂の時間的フラックス変化、空間的フラックス変化の観測値は、各々の流砂観測手法によってデータの精度や特性が異なるため、総合土砂管理の対策データ等々を評価する際には、評価対象と目的を明確にした上で、モニタリングに適用する流砂量観測手法を選定する必要があることを示している。</p> <p>第3章では、本論文で中心的に取り扱うハイドロフォンの基礎理論、観測形態による特性比較および適用範囲について既往研究成果を整理するとともに、現地観測実験等により検討した結果を加えて現状と課題について整理している。特に、課題となっているハイドロフォンの観測精度と現地での耐久性の面から、プレート型や肉厚型など、従来のパイプ型と特性の異なるものについても定量的な比較を行い、各々の現地の状況や観測目的にあった観測手法の選定方法について示している。特に、ハイドロフォンでは観測できる粒径の限界や衝突率、検出率の課題があり、これらを踏まえて、水位～粒径（概ね2mm以上）～無次元掃流力（τ^*）の関係からハイドロフォンの適用範囲を提示することに成功している。</p> <p>第4章では、ハイドロフォンの土砂管理への活用事例を、砂防領域及びダム領域について実証的に示している。特に、観測地点上流域からの流出土砂量は、過去の土砂流出履歴や上流での土砂イベントの発生の有無、さらには発生した場合の規模などが強く関係しており、Q（流量）～Q_s（流砂量）曲線の履歴線（ヒステリシスカーブ）から、上流の土砂生産領域における土砂流出状況（$P-A$ 曲線）を評価できることを示している。ここで、P（河床に細粒分が多く、土砂生産が活発）およびA（河床がアーマータ化し、土砂生産が沈静化）であり、富士川、利根川水系片品川や渡良瀬川などにおいて、砂防事業が土砂流出を抑制する効果を定量化することに成功している。$P-A$ 曲線の動態を把握することで、今後、土砂流出の増加が予測された場合の避難情報の発令判断などにも活用可能であることを示している。また、天竜川小渋ダムにおいて、流量規模ごと、季節ごとの掃流砂量の変化を同様に$Q-Q_s$ 曲線を用いて把握することで、ダム堆砂対策としての土砂バイパストンネルの運用高度化が可能となることを示している。</p> <p>第5章では、UAV、3D レーザースキャナ、CCTV カメラなどの非接触観測による流域の土砂動態の変化を把握する手法の開発と現地への適用について示している。黒部川では、UAV を利用することで定量的に河川への土砂流出状況や地盤高と、その経時的変化を把握することが可能であり、赤外線カメラの利用で夜間の土砂流出も監視すること、3D レーザースキャナにより定期的に地盤高、土砂変動量が把握できることを示している。また、松本砂防事務所管内では、水位、流量データから流量減少率、流量増加率を算定し、大規模な土砂崩壊による河道閉塞発生が検出可能であることを示している。</p>			

京都大学	博士 (工学)	氏名	富田 邦裕
<p>また、富士川流域では、偏光 SAR を用いて河床部の微地形の変化を捉え、現地での測量作業が困難な山地河川において河道内堆砂や河床侵食等のマクロな土砂移動状況の把握に成功している。これらは、ハイドロフォン以外の流砂量観測技術も流砂観測に活用できることを示しており、他の流砂量観測技術との合わせにより、さらに精度の良い、目的にあった観測情報が得られる可能性が示された。</p> <p>第6章では、総合土砂管理の事業評価について、特に矢作川をモデルに、土砂バイパストンネルによるダム の長寿命化を治水効果として評価するとともに、流砂系河川においてダムからの供給土砂量を増加させることによる生態系を含めた環境改善効果をCVMやコンジョイント分析を用いて経済評価する手法の開発に成功している。また、総合土砂管理の一環として土砂を有効活用可能な土砂資源として捉えて、土砂マネジメントを行う方法論について論じている。土砂流出量は洪水に伴って年変動するため、流域途中に土砂ストックヤードを設置運用して、その変動を平滑化することで水系一貫の土砂マネジメントが容易となり、流域全体で経済的に全体最適となり、土砂バイパスが経済的にも合理性のある施策であることを定量的に示すことに成功している。</p> <p>第7章では、流砂観測技術の高度化を踏まえた総合土砂管理の新しい展開について、特に、これまでの静的な土砂管理に対して、水系一貫して各領域の管理者がリアルタイムでの土砂移動量を情報共有することにより、災害防止対策や環境管理を、動的情報をもとに行う意義について提案している。具体には、砂防施設やダム等の河川内施設や生態環境対策を含めた河川管理において、計画立案や管理運用、維持管理を行うにあたって、これらのリアルタイム土砂情報は有益な知見を与えてくれることが示されている。</p> <p>第8章は結論であり、研究成果を要約するとともに、今後の課題を示している。</p>			

氏名	富田 邦裕
----	-------

(論文審査の結果の要旨)

本研究は、砂防域からダム・河川・海岸域までをつなぐ流砂系の「総合土砂管理」を推進するために、流砂観測技術の高度化を踏まえ土砂動態のリアルタイム観測を行うことで、データに基づく上下流連携した動的な土砂管理を推進するための方法論について検討することを目的としており、得られた成果は次のとおりである。

1. 近年、甚大な洪水や土砂災害が毎年のように発生しているが、これらに対応するには水系一貫でリアルタイムの土砂情報を上下流の各管理者が情報共有して対策を実施することが有効であり、流砂観測技術の高度化は、それらを支える有効な流砂情報を提供することを提示した。
2. 流砂観測技術の現状と課題を体系的に整理し、どの観測技術を河川のどのセグメントに適用可能かを示し、観測目的と現地状況などを考慮して適切な観測技術を活用することと各観測技術の精度や特徴を整理検討し示した。
3. 砂防事業の現場で使われている流砂観測技術であるハイドロフォンの基礎理論と適用範囲と精度等について、現在の技術レベルを整理し、課題である耐久性向上策として新型ハイドロフォンの特性、精度、適用範囲等について現地実験等により研究し、既往の研究成果とあわせ有効性について確認し、現地での事例（砂防領域3事例、ダム領域1事例）とあわせ整理し取りまとめた。
4. 土砂流出に関しては、過去の Q （流量）～ Q_s （流砂量）曲線の履歴情報（ヒステリシスカーブ）を分析することが有益な情報を提供し、特に、上流の土砂生産領域における土砂流出状況（P-A 曲線）を評価することで、砂防事業の効果評価や避難情報の発令判断などにも活用可能であることを示した。
5. ハイドロフォン以外の流砂観測技術として、UAV、3D レーザースキャナ、CCTV カメラ、偏向 SAR などの非接触観測による土砂動態の変化を把握する観測技術の活用事例を示し有効性を確認した。
6. 総合土砂管理の事業評価手法について、河川及び海岸の生態環境改善効果や土砂資源の活用効果も含めて評価する手法を開発した。矢作川を対象とするケーススタディにより土砂バイパスの有効性を定量的に示し、中下流部にストックヤードを設けた土砂マネジメントを実施すればさらに経済効果があることを示した。
7. 水系一貫の総合土砂管理を進めるために、リアルタイム情報を提供する流砂観測技術の高度化と、それらを上下流の管理者が共有できる「土砂管理システム」の必要性と有効性について示した。

以上のように、本研究は、流砂観測技術の高度化を踏まえた流砂系総合土砂管理手法について、現地での適用事例等からのデータや現地での知見を含め総合的に評価することに成功するとともに、その適用策についても提案しており、水工計画上寄与することが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、令和5年2月15日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。

要旨公開可能日： 令和 6年 4月 1日以降