

京都大学	博士 (工学)	氏名	Nguyen Quang Binh
論文題目	Long-term impact assessment of sand mining and hydropower dams on flow, sediment and morphological changes in Vu Gia Thu Bon River basin, Vietnam (ベトナム・ブジャーツボン川における流況・土砂・河床地形の変化に及ぼす砂利採取および水力発電ダムの長期的な影響評価)		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>本研究は、ベトナム中部のブジャーツボン (VGTB) 川を対象に、流況・土砂・河床地形の変化に及ぼす水力発電ダムおよび砂利採取の長期的な影響を、現地調査や数値シミュレーションを用いて総合的に評価し、流砂系の総合土砂管理および農業用水や上水道などの水資源管理の観点について検討を行ったもので、全体9章で構成されている。</p> <p>第1章では、本研究の背景と研究目的を整理している。</p> <p>第2章では、VGTB 川流域の河川管理の現状と課題を整理している。VGTB 川流域では、乾季と雨季の季節的な変化に伴う水文特性を有しており、流域の上流部に、水力発電ダムやこれに伴う導水施設が複数建設されており、中流部にはVG川とTB川をつなぐ連絡水路があり、これらにより流量や流砂量が制御されている。下流部では、河道からの砂利採取が大規模に実施されており、河床低下や河岸侵食、さらには、河口・海岸部では海岸侵食が大きな社会問題となっている。また、河川の水量の変化や河床低下により塩水の侵入が加速し、上水や農業用水の取水に大きな影響を及ぼしている。近年、気候変動の影響も含めて、大型の台風襲来に伴う洪水氾濫の影響拡大も課題となっている。</p> <p>第3章では、VGTB 川流域の流砂量や河床地形に関する現地調査結果について総括するとともに、長期的な変化について検討を行っている。現地調査は、ADCP および Odom Hydrotrac II (シングルビーム測深機) を用いて実施された。その結果、2010-2021 年の VGTB 川の河床低下速度は平均 0.14m/年であり、侵食量では、Vu Gia 川で 1.0 百万 m³/年、Thu Bon 川で 2.8 百万 m³/年に相当している。これらの侵食は、上流ダム群のダム堆砂と中下流部の砂利採取の両方の影響を受けており、その割合は 18%と 82%と推定された。また、砂利採取が VGTB 川の土砂収支に及ぼす影響を定量化するための経験式を提案することに成功している。</p> <p>第4章では、SWAT モデルを用いた VGTB 川流域の水文・土砂流出モデルについて検討を行っている。1979 年から 2020 年までの間で、DakMi4 貯水池が VGTB 流域の流量に最も大きな影響を与えている。すべてのダム貯水池と分水による下流の流量への影響は、乾季にブジャー (VG) 流域では 1.1% 減少し、ツボン (TB) 流域で 20.6%増加していることが推定された。一方、雨季の河川流量は、ダムなしのシナリオと比較して、2 つの流域でそれぞれ 23%, 2.6%減少していると考えられた。</p> <p>第5章では、VGTB 川流域の流量変化に及ぼすダム建設や気候変動の影響について、流量変化係数 (IHA)、流況変化係数 (FQ) を用いて 1977 年から 2020 年までの長期間の流量観測データを分析した。その結果、2011 年以降、貯水池運用により下流の最大流量と豊水流量が減少し、一方、乾季に最小流量や渇水流量は TB 流域で増加し VG 流域で減少していることを明らかにした。また、乾季に VG 川下流の流量が減少することにより水位が低下し、ダナン市やクアンナム省の一部で生活用水や農業用水の供給に影響が出ており、また下流の流量減少によりダナン市の取水に対する塩分増加の影響が近年深刻化していることを指摘した。</p> <p>第6章では、1979 年から 2020 年までの長期間の VGTB 川流域の流量と水位、さらには、流砂量の時空間変動を分析した。その結果、ダム建設後の VGTB 川の年間平均流砂量は 4.7 百万 t 減少し、上流からの土砂供給量の削減と下流の大規模な砂利採取は土砂収支に大きな影響を与えており、2010 年から 2021 年の期間において VG 川と TB 川の河床がそれぞれ 12.2 百万 m³と 33.0 百万 m³ 侵食されたと</p>			

京都大学	博士 (工学)	氏名	Nguyen Quang Binh
<p>推定された。これは VG 川で 1.0 百万 m³/年であり、平均河床低下深は 1.58m、平均河床低下速度 0.13 m/年に相当し、TB 川では 2.8 百万 m³/年であり、平均河床低下深は 1.83m、平均河床低下速度 0.15 m/年に相当する。</p> <p>第 7 章では、2 次元河床変動計算モデル (TELEMAC-2D + GAIA + NESTOR) を用いて、VGTB 川流域のモデルを作成し、2019-2021 年の実測データを用いてキャリブレーション計算を行い、モデルパラメータの調整を行っている。</p> <p>第 8 章では、第 7 章で準備されたモデルを用いて、合計 33 のシナリオについて計算を実施している。これらのシナリオでは、上流の水力発電ダムの建設、砂利採取の増加による土砂供給の減少などがさらに進行すると、2030 年までに河床低下や河岸侵食がさらに加速することが予測された。これにより、最大水位の低下は、VG 川と TB 川でそれぞれ 1.03 メートルと 0.23 メートルになる可能性があり、VG 川から TB 川への導水量が大幅に増加することが予想された。このような変化は、河川から農業用水を取水する灌漑システムに影響を及ぼし、灌漑の中断や塩水の侵入により農業生産が脆弱になる可能性がある。また、農業用水取水用のポンプの稼働時間の増加や電気代の増加をもたらし、さらに、河床高の変化はポンプ場の改修費用も増加させる。また、塩水の侵入によって引き起こされる干ばつ期間中の水不足は、生活用水の供給にも大きな影響をもたらすことが予想される。</p> <p>第 9 章は、本研究の主要な結論をまとめるとともに、今後の課題の整理を行っている。</p>			

(論文審査の結果の要旨)

本研究は、ベトナム中部のブジャーツボン (VGTB) 川を対象に、流況・土砂・河床地形の変化に及ぼす水力発電ダムや砂利採取の長期的な影響を、現地調査や数値シミュレーションを用いて総合的に評価したものである。得られた成果は以下のとおりである。

1. ダム建設が河川流況に及ぼす影響

DakMi4 貯水池が VGTB 流域の流量に最も大きな影響を与えており、すべてのダム貯水池と分水による下流への全体的な影響は、乾季にブジャー (VG) 流域では 1.1% 減少し、ツボン (TB) 流域で 20.6%増加している。一方、雨季の河川流量は、ダムなしのシナリオと比較して、2 つの流域でそれぞれ 23%, 2.6%減少している。

2011 年以来、貯水池運用により下流の最大流量と豊水流量が減少し、一方、乾季に最小流量や渇水流量は TB 流域で増加し VG 流域で減少している。乾季に VG 川の下流流量が減少することにより水位が低下し、ダナン市やクアンナム省の一部で生活用水や農業用水の供給に影響が出ている。また下流の流量減少によりダナン市の取水に対する塩分増加の影響が近年深刻化している。

2. ダム建設および砂利採取が流砂量の変化および河川地形変化に与える影響

ダム建設後の VGTB 川の年間平均流砂量は 4.7 百万 t 減少し、上流からの土砂供給量の削減と下流の大規模な砂利採取は土砂収支に大きな影響を与えており、2010 年から 2021 年の期間において VG 川と TB 川の河床がそれぞれ 12.2 百万 m^3 と 33.0 百万 m^3 侵食されたと推定された。これは VG 川で 1.0 百万 m^3 /年であり、平均河床低下深は 1.58m、平均河床低下速度 0.13 m/年に相当し、TB 川で 2.8 百万 m^3 /年であり、平均河床低下深は 1.83m、平均河床低下速度 0.15 m/年に相当する。また、砂利採取が VGTB 川の土砂収支に及ぼす影響を定量化するための経験式を提案することに成功している。

3. 数値計算モデルによる将来予測

SWAT モデルや 2 次元河床変動計算モデル (TELEMAC-2D + GAIA + NESTOR)、さらには Google Earth Engine から取得された河川地形変化のデータを組み合わせて、ダム建設の影響や砂利採取に加えて、気候変動や土地利用/土地被覆の変化など、合計 33 のシナリオについて計算を実施した。その結果、上流の水力発電ダムの建設、砂利採取の増加による土砂供給の減少などがさらに進行すると、2030 年までに河床低下や河岸侵食がさらに加速し、最大水位の低下は、VG 川と TB 川でそれぞれ 1.03 メートルと 0.23 メートルになる可能性があり、また、VG 川から TB 川への導水量が大幅に増加することが予想された。このような変化は、河川から農業用水を取水する灌漑システムに影響を及ぼし、生活用水の供給にも大きな影響をもたらすことが予想される。

これらの研究結果は、河川流域におけるダム建設と砂利採取による土砂収支の変化が議論されることが無かったベトナムにおいて貴重な知見を提供しており、これらの影響の定量化手法は、他の流域への拡張、さらには気候変動を含む将来影響の予測にも活用することが可能である。このような、流域の流況・土砂・河床地形の変化の評価手法の確立は、流砂系の総合土砂管理および統合水資源管理の観点からの流域マネジメントにおいて寄与するところが少なくない。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 7 月 18 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。なお、本論文は、京都大学学位規程第 14 条第 2 項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。

なお、本論文は、京都大学学位規程第 14 条第 2 項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。

[要旨公開可能日：令和 5 年 12 月 24 日以降](#)