

助成番号

2021-05

UAV 等を用いた効率的な河道管理技術の開発

高知工業高等専門学校ソーシャルデザイン工学科 教授 岡田将治

1. はじめに

近年、毎年のように全国各地で豪雨災害が発生しており、現在、中小河川を含む多くの河川で国土強靱化3か年緊急対策として、樹木伐採や堆積土砂掘削が実施されている。これにより、河道の流下能力は一時的には向上するものの、その後樹木の再繁茂や土砂の再堆積が生じ、流下能力が時空間的に変化するため、その経年変化を十分に把握できていないことが管理上の課題となっている。そこで、本技術開発では、UAV等により河川地形や樹木繁茂状況を計測し、流下能力変化を簡易に把握できる技術を開発する。その技術を活用し、樹木伐採に要するコストを考慮することにより、想定する流下能力を確保しつつ、維持管理コストを最小化できる効率的な河道管理技術を提案する。さらに、中筋川で得られた成果を他の中小河川に適用していくために、四国内の県管理河川を対象として、管理者が独自に実施・継続できるモニタリングおよび流下能力評価できる手法を河川管理者と連携しながら構築する。なお、本研究は、一般社団法人四国クリエイト協会の「2021年度建設事業に関する技術開発支援制度」による助成を受けて実施したものである。

2. 中筋川における流下能力評価の経年変化と維持管理コストの検討

図-1にこれまでに実測した河道内樹木の繁茂状況に基づいた流下能力の経年変化を示す。伐採から2年後には植生の繁茂により、河道全体で流下能力が低下し、9.2kmよりも上流側では整備計画流量を下回る区間が確認できた。一方で、伐採から4年後の流下能力は、2年後と同程度でほとんど低下していない。この原因について、これまで撮影された各地点の写真を確認すると、ヤナギは幼木であるものの、流れに対して抵抗要因となるタケが伐採後2

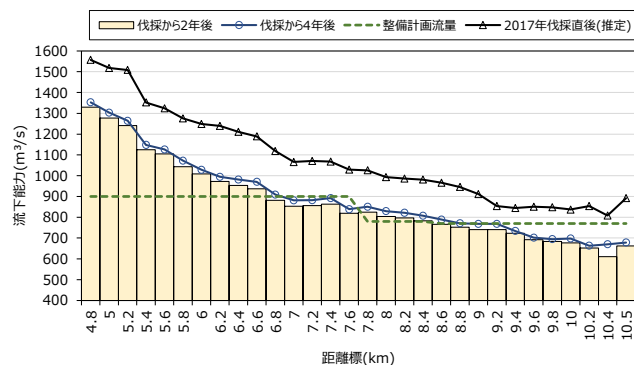


図-1 伐採から2年後および4年後の流下能力

年程度で再繁茂しており、下流域の流下能力の低下が上流域のそれに影響を及ぼしていると推察された。このことから、整備計画流量を常時流下させるように維持管理を行うためには、従来伐採している範囲を2年程度のサイクルで実施していく必要がある。

河川管理者である国土交通省中村河川国道事務所から提供いただいた伐採方法別の単価を表-1に示す。タケおよびヤナギの成木の伐採費の平米あたりの単価、図-2に同事務所が過去に実施した河道内植生の管理方法について示す。草本が多く建設重機の河道内へのアクセスが容易な区域に関しては、ブルドーザーによる踏み倒しを行い、それ以外の区域に関しては伐採を実施している。上記の制約条件に基づいて、表-2に示す3つの管理方法について比較、考察を行う。ケース1は、従来から実施されてきた5年に1度、大規模な伐採を行う方法であり、上述のようにこの場合には伐採から2年後に整備計画流量を流せない区間が生じる。ケース2は、整備計画流量を流下できない期間を極力短くするように、図-1により明らかとなった伐採から2年目にタケとヤナギの幼木を伐採し、4年目に草本とタケ・ヤナギを再度伐採する方法である。なお、ケース2(図-3)では出水中に抵抗要素となりにくい草本の除草を、コストを抑えるために伐採から2年後には

表-1 伐採方法の単価表
(国土交通省中村河川国道事務所提供)

	伐採 (円/m ²)	除草 (円/m ²)	ブルドーザー 踏倒し(円/m ²)
タケ	1257.4 (除根無)	—	—
ヤナギ(成木)	851.9 (除根有)	—	—
ヤナギ(幼木)	—	40.8	126
草本	—		

※ 処分費用は含まず

表-2 各ケースの管理方法

ケース	年目	草本	ヤナギ	タケ	備考
1	5年目	除草・BD踏倒し	伐採		従来の実施方法
2	2年目	—	除草・BD踏倒し	伐採	整備計画流量を満たす
	4年目	除草・BD踏倒し			
3	2年目	—	除草・BD踏倒し	伐採	ケース1と同じ金額で2年目の伐採範囲を限定
	4年目	除草・BD踏倒し			

実施せず、4年目のみとする。ヤナギを幼木のうちに伐採してコストを下げることができるとはいえ、4年の間の2回実施するため、5年間あたりに換算したコストはケース1に比べて割高になると想定される。

そこで、ケース1とケース2の折衷案として、ケース3(図-4)では、ケース1と同じコストとなるように、2年目の伐採範囲をボトルネック区間に限定して実施する。流下能力の低下がみられる7.6km付近および9.6km-10.0km付近のタケ(15%)については2年目と4年目、その他のタケ(85%)については4年目のみ伐採する。ヤナギについては幼木伐採によるコストの低減を図るため、ケース2と同様に2年目と4年目に伐採し、草本についてもケース2と同様に4年目のみ伐採する。

図-5にケース2の流下能力の経年変化を示す。ケース2では、大規模伐採から2年後には6.8km-7.6km, 8.8km-10.5kmの区間において、流下能力が整備計画流量を満たせていないものの、2年目の伐採によって概ね全区間を満たせている。4年目では、再度同じ区間で流下能力の低下が確認できるが、草本を含む大規模な伐採により大きく回復させ、このサイクルを繰り返す。一方、図-6のケース3では、2年目の伐採範囲が小さいため、伐採後においても7.6kmおよび9.0kmより上流側において、整備計画流量が流下できない区間が確認できる。また、2年目の伐採から2年後では植生高の変化が小さいため、流下能力はほぼ変化せず、4年目にケース2と同じ大規模伐採を行い、当初の状態に戻るサイクルを繰り返す。したがって、3つのケースの違いは、図-5および図-6において、伐採から2年後のまま変わらず(ケース1)、不足区間全体で100m³/s程度の改善(ケース2)、同じく50m³/s程度の改善(ケース3)させることといえる。

これらの結果から、3つの管理方法の5年間あたりのコストを比較したものが図-7である。従来の管理手法のケース1では、対象区間の管理コストが3732万円となり、整備計画流量を常時流下させるケース2は4946万円で、ケース1と比較して1.33倍となった。ここでの重要なポイントは、ケース1では成木で伐採していたヤナギを、ケース2では幼木として除草することにより、



図-2 ブルドーザーによる踏み倒しおよび伐採を実施する範囲



図-3 植生の伐採範囲(ケース2)

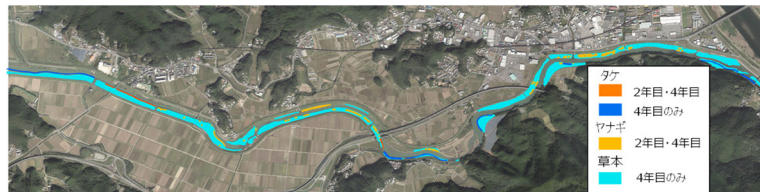
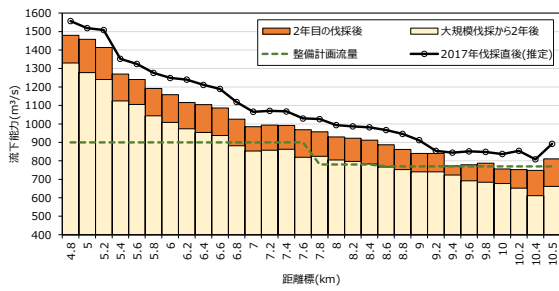
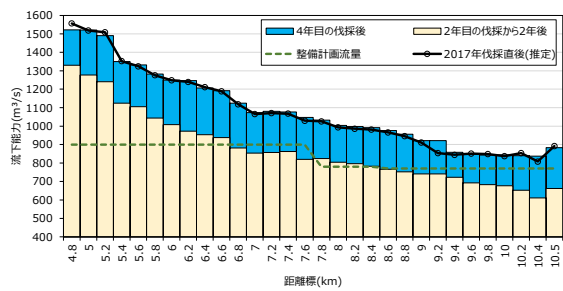


図-4 植生の伐採範囲(ケース3)

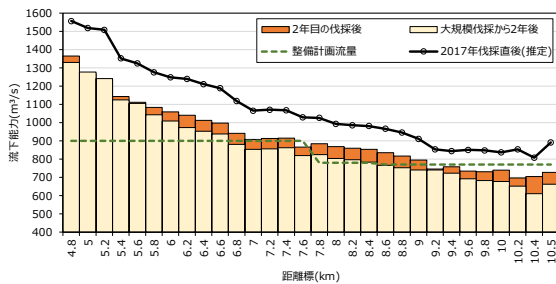


(a) 大規模伐採から2年後およびその伐採後の流下能力

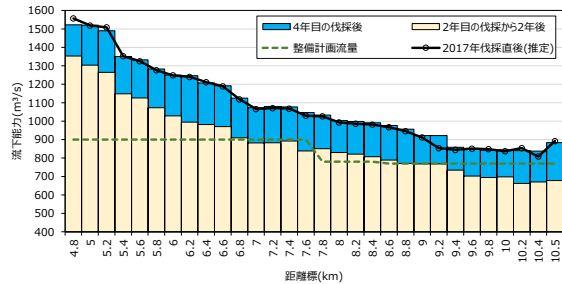


(b) 伐採後から2年後およびその伐採後の流下能力

図-5 流下能力の経年変化(ケース2)



(a) 大規模伐採から2年後およびその伐採後の流下能力



(b) 伐採後から2年後およびその伐採後の流下能力

大幅なコスト低減を実現できている点である。一方、ケース3はケース1とコストは同じであるが、上述のとおり流下能力不足区間の低下を抑制できていることから、ケース3の管理手法を基本とし、予算に応じて不足区間の流下能力を向上させるように伐採範囲を拡げていくことが効率化を進める際の指針となる。

なお、植生の伐採直後から2年目までの成長過程とその状態で伐採する場合のコストの算出実績がなかったため、2021年度末に中村河川国道事務所が伐採した直後、半年後の詳細計測を実施した。その結果、伐採から1年までの幼木については草本類と同様に、除草できることを確認し、上述のコスト算出方法で問題ないことを確認した。

3. レーザーの反射特性による樹種判別手法の検討

本研究では流下能力を評価するための水理解析を行う際に、植生高と空撮画像から判別した樹種に対応する密生度を割り当てている。近年ではレーザーによる地形計測も多く実施されるようになったことから、レーザーの反射特性を利用した樹種判別手法について検討した。

中筋川 6.6km~7km 区間において、レーザー搭載型ドローンを用いて計測を実施し、例として図-8に示すような点群データを得た。この範囲には樹高の

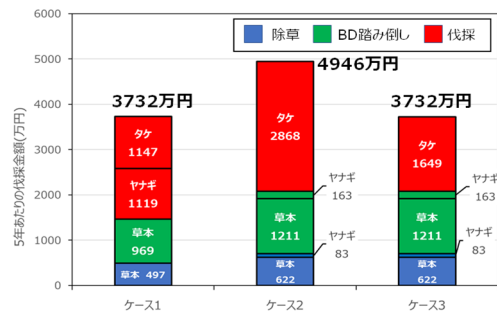


図-7 各ケースの管理コスト比較

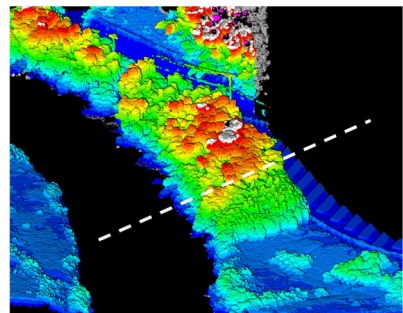


図-8 ドローンレーザーで計測した点群データ

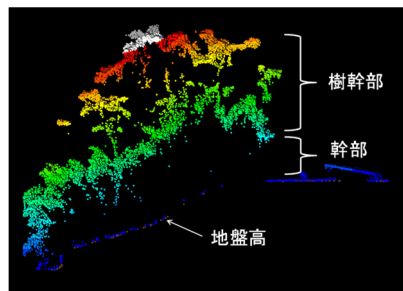


図-9 レーザーで計測した樹木内の断面データ

高いヤナギ等が繁茂している。図-8の図中に示す破線の断面図が図-9に示す。レーザーの反射状況をみると、樹幹部最上部の表面およびそれを抜けたものが樹幹部の最下部に当たっている。また、数としては少ないが、地盤まで届いたもので地盤高が把握できている。同様に、タケや草本類では鉛直方向にほぼ一様に分布する反射特性を有していることがわかった。これらの樹種毎の特性を考慮して大量の点群データを処理することにより、地盤高に加えて樹種や繁茂状況を詳細に把握でき、水理解析の条件に活用することにより、予測精度の向上も期待できる。

4. 香川県管理河川を対象とした管理技術向上の取り組み

香川県河川砂防課および西讃土木事務所と連携し、効率的な河川管理を実施していくために、県河川管理者自らが現況河道流下能力を確認し、管理に生かす技術の習得を目的とした取り組みを進めている。2021年度は柞田川および財田川を対象として、国土院のLPデータを用いる方法、測量業務成果等の既存の点群データを用いた流下能力評価方法の習得を目標とした。河川流況解析ソフトウェアであるiRICのインストールから流下能力評価までの作業手順をまとめた動画教材を制作した(図-10)。その後、動画だけでは理解が難しい箇所について質問を受けたため、香川県職員の疑問点の解消、理解度を把握するための講習会を3回(オンライン2回、対面1回)開催した。図-11に講習会の実施状況を示す。香川県西讃土木事務所において、若手の香川県職員6名に対して流下能力算出までの流れの詳細説明に加え、iRICやExcelを用いた流下能力の計算等を実演した。職員間で教えあう状況も見られ、流下能力評価技術の理解状況を確認することができた。2022年度は、管理する河川において実際に活用いただいた後、オンライン会議を行い、習得した流況解析技術の活用事例を紹介いただいた。また、前年の対面講習会において、香川県から要望のあった流況解析結果から流下能力評価できる自動化プログラムを構築した。今後、要望があれば講習会等を開催し、活用いただく予定である。

5. おわりに

本研究を実施した2年間の成果として、中筋川における河道内樹木の効率的な管理手法を提案することができた。特に、UAV空撮画像を用いて樹種を判別して流下能力の時空間変化を把握するモニタリングおよび解析技術だけでなく、目標とする流量を考慮した管理手法とそれに要するコストを示すことができた。これらの手法は汎用性も高く、他の河川においても活用が可能であり、さらにレーザー計測データの活用による技術の高度化も期待できる。また、香川県河川管理者と連携した取り組みでは、県職員自らが国土院の地形データ、フリーの水理計算ソフトを活用して管理河川の流下能力評価を行うために必要な動画教材および補助プログラムを作成した。これらの取り組みについて、四国地方整備局が事務局となっている「河川管理勉強会」で四国地方整備局、他県の河川管理者にも紹介する予定であり、流域治水を進めていくうえでの根幹となる河川管理を効率的に実施でき、四国地方から全国に向けて発信できる取り組み事例になると考えられる。

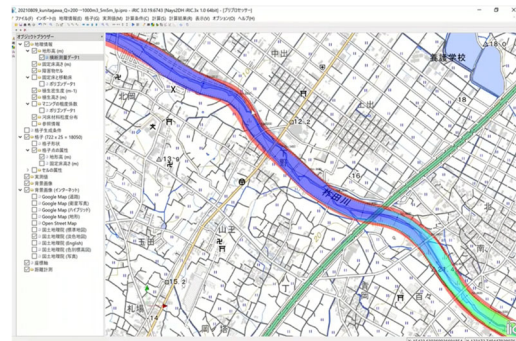


図-10 流下能力評価方法に関する説明動画



図-11 対面による講習会の実施状況