

萌芽再生抑制方法の適用による 河道内の樹木管理費用の低減効果

COST-EFFECTIVENESS OF DIFFERENT ADDITIONAL TREATMENTS IN LOGGING OPERATIONS FOR CONTROLLING REPRODUCTION OF RIPARIAN TREES

槇島みどり¹・赤松史一²・田屋祐樹³・中西哲¹・萱場祐一⁴

Midori MAKISHIMA, Fumikazu AKAMATSU, Yuki TAYA,
Satoru NAKANISHI and Yuichi KAYABA

¹正会員 工修 (独) 土木研究所 (〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6)

²理博 京大生態学研究センター (〒520-2113 滋賀県大津市平野2-509-3)
(前 (独) 土木研究所 (〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6))

³正会員 (株) 国土開発センター (〒924-0838 石川県白山市八束穂3-7)
(前 (独) 土木研究所 (〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6))

⁴正会員 工博 (独) 土木研究所 (〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6)

Riparian forests with high reproductive abilities cause problems for river management, such as flood control, in Japan. Several logging operations combined with different treatments have been evaluated quantitatively, but cost was not considered. It is important to consider both the effect and the cost, because budget is limited. In this study, we developed a methodology to support decision making for selecting logging operations based on the concept of total cost. As an example, we used the methodology to select operations for three dominant species: willow, black locust, and bamboo. The results showed that the methodology reduced the cost of riparian tree management without affecting reproduction control by selecting appropriate operations based on the total cost. The methodology would assist the cost-effective, efficient management.

Key Words: Riparian forest, Logging operation, Vegetative reproduction, Total cost

1. はじめに

近年、日本の多くの河川で河道内の樹林化が進行しており、河川管理者は、管理上支障となる樹木に対しては伐採や除根などの対応を行っている。主要な管理対象樹種はヤナギ類、ハリエンジュ、タケ・ササ類であるが¹⁾、いずれも栄養繁殖を行うため、伐採を実施しても萌芽再生により短期間で樹林が回復するなどの課題がある^{1), 2)}。萌芽再生を抑制する種々の方法については各地で検討が進められており、それらの効果についても定量的に評価されつつある^{3), 4)}。限られた予算内で河川の維持管理を効率的に行うため、樹木管理における萌芽再生抑制方法の実施にあたっては、効果に加え実施に必要な費用も重要な判断材料である。しかしながら、費用面については十分な検討がなされていない。

伐採のみによる樹木管理に萌芽再生抑制方法を追加して実施する場合、追加費用が必要となる。一方で、伐採効果を持続させ再繁茂・再樹林化までの期間を長くすることにより、将来的な樹木管理の頻度を減らすことができる。このため、萌芽再生抑制方法を選択し実施するには、初回の対策に必要な初期費用だけでなく、一定の維持管理期間中に必要な総費用（以下「トータルコスト」という。）を考慮する必要がある。予算制約がある中で河川の維持管理を行うためには、樹木管理に必要なトータルコストの縮減が求められる。社会資本ストックの維持管理においては、予防保全的管理を含む施設の長寿化をはじめとした戦略的な維持管理・更新によってトータルコストの縮減を図るなど種々の取組がなされている^{5), 6)}。

本研究では、施設管理における予防保全的管理の考え方を樹木管理にも適用し、予防的に追加措置を行うことによる、樹木管理に必要なトータルコストの低減効果の

検討を目的としている。予防的な追加措置としての萌芽再生抑制方法の実管理への適用に向けて、各方法の効果と費用低減効果を考慮した最適な方法選択について検討を行うものである。樹木管理におけるトータルコストを定義し、萌芽再生抑制方法の適用によるトータルコストの変化を試算し、萌芽再生抑制方法の河川管理の現場への適用に向けての考察を行った。

2. 萌芽再生抑制方法

河川管理上の主要な管理対象樹種であるヤナギ類、ハリエンジュ、タケ・ササ類の萌芽再生抑制方法としては、これまでに、田屋ら³⁾が「環状剥皮」、「樹皮剥皮」、「覆土」、「天地返し」、「土砂掘削」などの処理を組み合わせる伐採を行い、各処理方法の萌芽再生抑制効果を検証している。また、河川管理の現場では「定期伐採」の事例もある⁴⁾。

ヤナギ類は、伐採のみを実施した場合、伐採後の株（以下「伐採株」という。）や現場に残される枝からの萌芽再生により2～3年程度で高木（4m）まで成長する¹⁾。環状剥皮や樹皮剥皮、覆土を実施すると、伐採株からの萌芽再生を抑制できることが確認されている。このうち、環状剥皮は、伐採株からの萌芽数を約1/3に抑制し、枝からの萌芽再生にも抑制効果がある⁴⁾。伐採後に除根まで実施した場合、現場に残される枝からの萌芽再生があるが、伐採株からの萌芽再生がないため、伐採のみの場合に比べ単位面積あたりの萌芽の総数は大幅に抑制される¹⁾。なお、枝からの萌芽が高木（4m）まで成長する期間は、伐採株からの萌芽と比べ約6ヶ月長くなる¹⁾。

ハリエンジュは、伐採のみを実施した場合、伐採株や水平根からの萌芽再生により3年程度で高木（4m）まで成長する¹⁾。初回の伐採後、定期伐採として年2～3回の伐採を5年間繰り返した箇所では、ハリエンジュの根絶には至らないものの、成長量及び植被率が大幅に減少したという事例がある⁷⁾。伐採後に除根まで実施した場合、現場に残される根からの萌芽再生がある。除根まで行くと、伐採株からの萌芽再生がないため、伐採のみの場合に比べ単位面積あたりの萌芽の総数は抑制されるが、伐採・除根実施前より生育密度は高くなる³⁾。なお、取り残された根からの萌芽が高木（4m）まで成長する期間は、伐採株からの萌芽と比べ約6ヶ月長くなる¹⁾。

タケ・ササ類は、伐採のみを実施した場合、地下茎からの萌芽再生により、2年程度で未管理箇所と同程度の稈長まで成長する¹⁾。初回の伐採後、定期伐採として年1回の伐採を繰り返すと、経年で生育密度は低くなり、3年間の継続伐採で根絶に至った事例がある^{8),9)}。伐採後に除根まで実施した場合、現場に残される根（地下茎）からの萌芽再生があるが、稈長の抑制効果があり、除根後3年経過後も未管理箇所の1/3程度までしか成長していない¹⁾。

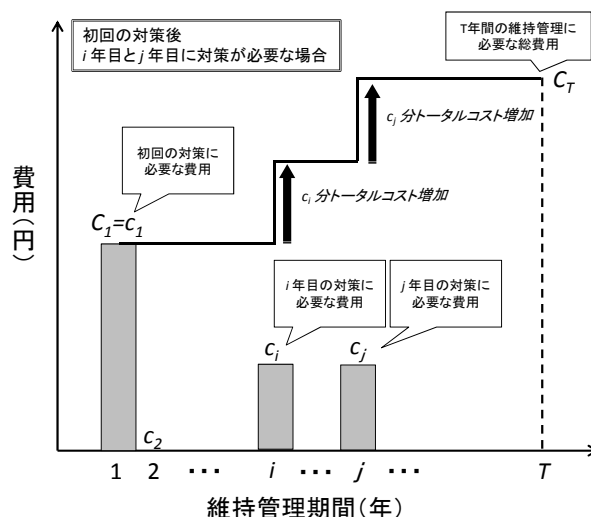


図-1 トータルコストのイメージ図

除根後に、取り残された地下茎を含む土壌ごと掘削除去する方法や、下層土と入れ替える方法（天地返し）を実施すると、萌芽再生を抑制できることが確認されている。

3. トータルコストの算出方法

河道内の樹木は、伐採を実施しても、萌芽再生により再繁茂する場合がある。この場合、数年後には再度伐採が必要になるなど、継続管理が必要である。このため、伐採等の樹木管理に必要な費用としては、トータルコストを考慮する必要がある。トータルコストは次式で表すことができる。

$$C_T = \sum_{i=1}^T \frac{1}{(1+r)^{i-1}} \times c_i \quad (1)$$

ここに、 C_T ：維持管理期間中に必要な総費用（トータルコスト）、 c_i ： i 年目の対策に必要な費用、 T ：維持管理期間、 r ：社会的割引率である。 T は伐採等による維持管理が必要な期間であり、将来的に高水敷の掘削などの改修が予定されている箇所では T が短期間となるなど、対象箇所によって異なるものである。また、再繁茂によって再度伐採が必要になるまでの期間は、初回の対策でどのような方法を選択するかによって異なる。萌芽再生抑制方法を実施する場合、追加費用が必要となる、つまり、 c_1 が大きくなる。式(1)によるトータルコストの算出イメージを図-1に示す。

4. 適用例

(1) 条件設定

河道内の樹木管理の現場で通常行われている方法（以

表-1 試算に用いた対策の費用及び伐採効果継続期間

対象樹種	事項	方法①	方法②		方法③	伐採効果継続期間 経過後の対策
ヤナギ	方法	伐採のみ	伐採及び除根		環状剥皮及び伐採	伐採のみ
	C_i 作業費 (百万円/10,000m ²)	0.9	1.9		1.3	0.9
	処分費 (百万円/10,000m ²)	0.8	1.9		0.8	0.4
	伐採効果継続期間	3年	6年		9年	(3年ごとに実施)
ハリエンジュ	方法	伐採のみ	伐採及び除根		定期伐採	伐採のみ
	C_i 作業費 (百万円/10,000m ²)	0.9	1.9		初年度 0.9 次年度以降 0.4	0.9
	処分費 (百万円/10,000m ²)	0.8	1.9		初年度 0.8 次年度以降 0.2	0.4
	伐採効果継続期間	3年	4年		8年間の定期伐採 により根絶	(3年ごとに実施)
タケ	方法	伐採のみ	伐採及び 除根	天地返し	定期伐採	伐採のみ
	C_i 作業費 (百万円/10,000m ²)	1.3	2.3	19.9	初年度 1.3 次年度以降 0.4	1.3
	処分費 (百万円/10,000m ²)	3.3	29.8	29.8	初年度 3.3 次年度以降 0.7	1.7
	伐採効果継続期間	3年	10年	継続	5年間の定期伐採 により根絶	(3年ごとに実施)

下「方法①」という.)と、対策に必要な費用は考慮せず萌芽再生抑制効果が高い方法(以下「方法②」という.)及び萌芽再生抑制効果が得られつつ費用も抑制できると考えられる方法(以下「方法③」という.)について、式(1)によりトータルコストを算出し、比較検討を行った。

なお、本研究では想定する維持管理期間中は現時点での伐採等費用がそのまま適用できるものと仮定し、社会的割引率については考慮せず、 $r=0$ とした。

各方法の実施に必要な費用(C_i)は、作業費と処分費から構成される。作業費については土木工事標準積算基準書^{(10),(11)}、平成24年度公共工事設計労務単価(茨城県)⁽¹²⁾及び土木研究所が実施した萌芽再生抑制方法検討のための現地実験における実績から、処分費については複数の現場における実績から、直接工事費のみを使用して設定した。

萌芽再生抑制方法を含む初回の対策実施から再度伐採が必要になるまでの期間(以下「伐採効果継続期間」という.)については、各樹種の成長速度⁽¹⁾及び萌芽再生抑制効果^{(3),(4),(7)}を基に条件を設定した。再度伐採が必要な状態としては、高木(4m)までの成長を基準とした。ただし、定期伐採を実施する場合は、高木までの成長を待たずに一定の間年1回の伐採を繰り返すものとした。その他の方法については、初回の対策の実施から伐採効果継続期間経過後は、維持管理期間中、伐採のみを繰り返すものとした。

ヤナギ、ハリエンジュ、タケを対象に、比較検討の対象となる方法を下記のとおり設定した。方法①～③の対策に必要な費用及び伐採効果継続期間は表-1に示すとおりである。

a) ヤナギ

方法①は伐採のみを実施する方法、方法②は伐採後に除根を実施する方法、方法③は環状剥皮後に伐採を実施する方法とした。

方法①では、萌芽再生により3年程度で高木になることから、伐採効果継続期間を3年とした。方法②では、枝からの再生があるが、伐採株からの萌芽に比べると高木まで成長する期間は長く、密度も抑制される⁽¹⁾ことから、伐採効果継続期間を6年とした。方法③では、枝からの再生も抑制できるため、伐採効果継続期間を9年とした。なお、ヤナギ林の回復には種子漂着による実生からの繁茂も想定される。しかしながら、実生からの成長は5年間で2m程度であり⁽¹³⁾、早期の再繁茂の主要因は萌芽再生によるものと考えられるため、ここでは考慮していない。

方法①及び②の対策の実施に必要な費用のうち、作業費は、土木工事標準積算基準⁽¹¹⁾における伐木除根工の伐木(粗)、機械集積の歩掛を用いて設定した。粗とは、概ね50(本/100m²)未満である。方法③の環状剥皮作業については標準歩掛がないため、土木研究所が現地実験を行った際の実績から、必要な作業量は、普通作業員による作業でヤナギ1本あたり10分程度要するものとした。対象とするヤナギの本数は、土木研究所が現地実験を行った調査区の生育状況から0.1本/m²とし、単位面積あたりの実施費用を算出した。処分費は実績を基に設定した。初回の対策から伐採効果継続期間経過後の伐採作業では、積算上の作業量は変わらない。ただし、ヤナギ林は初回伐採前の状態まで回復しているわけではないため、処分対象となるヤナギの生物量は小さくなると考えられる。このため、伐採効果継続期間経過後の伐採作業で発生するヤナギの処分量(処分費)は、初回の伐採作業時の1/2

に軽減されると仮定した。

b) ハリエンジュ

方法①は伐採のみを実施する方法、方法②は伐採後に除根を実施する方法、方法③は定期伐採を実施する方法とした。

方法①では、萌芽再生により3年程度で高木になるうえ、生育密度も高いことから、伐採効果継続期間を3年とした。方法②では、取り残された根からの再生があるが、伐採株からの萌芽に比べると生育密度は低いため、伐採効果継続期間を4年とした。方法③では、定期伐採は毎年実施とした。ただし、再生量は毎年低下していくことから⁷⁾、8年間継続して定期伐採を実施することにより、再生をほぼ抑制（根絶）できるものと仮定した。なお、ハリエンジュ林の回復には種子漂着や埋土種子による実生からの繁茂も想定される。しかしながら、実生からの成長は年平均15～30cmであり¹⁴⁾、早期の再繁茂の主要因は萌芽再生によるものと考えられるため、ここでは考慮していない。

方法①及び②の対策の実施に必要な費用のうち、作業費は、ヤナギと同様に土木工事標準積算基準¹¹⁾における伐木除根工の伐木（粗）、機械集積の歩掛を用いて設定した。方法③の定期伐採については標準歩掛がないため、ここでは、土木工事標準積算基準¹¹⁾における除草工のうち、機械除草（肩掛式）の歩掛を用いた。処分費は、ヤナギと同じ処分費を用いた。なお、定期伐採時の処分量（処分費）は、初回の伐採作業時の1/5に軽減されると仮定した。また、初回の対策から伐採効果継続期間経過後の伐採作業で発生するハリエンジュの処分量は、初回の伐採作業時の1/2に軽減されると仮定した。

c) タケ

方法①は伐採のみを実施する方法、方法②は、伐採後に除根を実施する方法（②-1）と除根後に現場に残される根（地下茎）が含まれる上層土と下層土を入れ替える方法（天地返し）（②-2）とした。方法③は定期伐採を実施する方法とした。

方法①では、萌芽再生により2年程度で高木になるため、伐採効果継続期間を3年とした。方法②-1では、取り残された地下茎からの再生があるが、成長速度は遅く、伐採のみの場合に比べると生育密度は低い³⁾ことから、伐採効果継続期間を10年とした。方法②-2では、取り残された地下茎も含めた抜本的な対策であるため、維持管理期間中、伐採効果は継続するものとした。方法③では、定期伐採は毎年実施とした。3年間継続した定期伐採で根絶に至った事例^{8),9)}もあるが、3年経過後もまばらな生育が確認できる事例⁴⁾もあることから、5年間継続して定期伐採を実施することにより、再生をほぼ抑制（根絶）できるものと仮定した。

方法①及び②-1の対策の実施に必要な費用のうち、作業費は、土木工事標準積算基準¹¹⁾における伐木除根工の伐竹の歩掛を用いた。方法②-2の天地返しは、土木工事標準積算基準¹⁰⁾の作業土工（床堀り・埋め戻し）等の歩

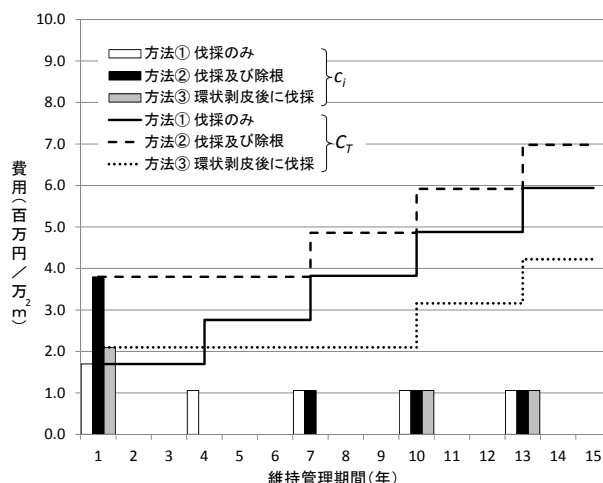


図-2 ヤナギに関するトータルコストの経年変化

掛を用いた。方法③の定期伐採については標準歩掛がないため、土木工事標準積算基準¹¹⁾における除草工のうち、機械除草（肩掛式）の歩掛を用いた。処分費は実績を基に設定した。なお、定期伐採時の処分量（処分費）は、初回の伐採作業時の1/5に軽減されると仮定した。また、初回の対策から伐採効果継続期間経過後の伐採作業で発生するタケの処分量は、初回の伐採作業時の1/2に軽減されると仮定した。

(2) 結果

a) ヤナギ

方法①は、初期費用 c_1 が最も小さく、維持管理期間4年目から3年ごとにトータルコストが増加した。方法②は、 c_1 が最も大きく、7年目から3年ごとにトータルコストが増加した。方法③は、方法①に比べ c_1 は大きく、10年目から3年ごとにトータルコストが増加した。方法①と方法③のトータルコストは、維持管理期間4年目に大小が入れ替わり、4年目以降のトータルコストは方法③が最小となった（図-2）。

b) ハリエンジュ

方法①は、初期費用 c_1 が最も小さく、維持管理期間4年目から3年ごとにトータルコストが増加した。方法②は、 c_1 が最も大きく、5年目から3年ごとにトータルコストが増加した。方法③は、 c_1 が方法①と同じであり、8年目まではトータルコストは毎年増加し、9年目以降は変化しない。方法①と方法③のトータルコストは、維持管理期間13年目に大小が入れ替わり、13年目以降のトータルコストは方法③が最小となった（図-3）。

c) タケ

方法①は、初期費用 c_1 が最も小さく、維持管理期間4年目から3年ごとにトータルコストが増加した。方法②-1は、 c_1 が方法①より大きく、11年目から3年ごとにトータルコストが増加した。方法②-2は、 c_1 が最も大きく、維持管理期間中はトータルコストの増加はない。方法③

は、 c_1 が方法①と同じであり、5年目まではトータルコストは毎年増加し、6年目以降は変化しない。方法①と方法③のトータルコストは、維持管理期間7年目に大小が入れ替わり、7年目以降のトータルコストは方法③が最小となった（図-4）。

(3) 考察

a) ヤナギ

維持管理期間が5年以上であれば、方法③により、当初段階で伐採前に環状剥皮を実施することで、トータルコストを最小にすることが可能である。3年程度であれば、方法①の伐採のみがトータルコストを最小にするため、追加措置は不要となる。方法②の除根まで実施する方法は、初期費用が大きく、取り残された枝からの萌芽再生により根絶には至らず再繁茂することから、トータルコストは維持管理期間に依らず、最も大きくなる。維持管理期間が10年の場合、トータルコストを考慮した最適な方法は、方法③の当初段階で伐採前に環状剥皮を実施する方法、となる。

b) ハリエンジュ

維持管理期間が15年以上であれば、方法③により、当初10年間は定期伐採に費用を投じてでもハリエンジュを根絶させることで、トータルコストを最小にすることが可能である。10年程度であれば、方法①の伐採のみにより、3年ごとに伐採を繰り返すことでトータルコストが最小となるため、初回対策時に追加措置は不要となる。方法②の除根まで実施する方法は、初期費用が大きく、取り残された根からの萌芽再生により根絶には至らず再繁茂することから、トータルコストを考慮すると劣位となる。維持管理期間が10年の場合、トータルコストを考慮した最適な方法は、方法①の当初段階では伐採のみとし3年ごとに伐採を繰り返す方法、となる。

c) タケ

維持管理期間が10年以上であれば、方法③により、当初5年間は定期伐採に費用を投じてでもタケを根絶させることで、トータルコストを最小にすることが可能である。5年程度であれば、方法①の伐採のみにより、4年目に再度伐採を行うことでトータルコストが最小となるため、初回対策時に追加措置は不要となる。方法②-1の除根まで実施する方法は、根（地下茎）の処分費が大きいため初期費用が大きく、取り残された地下茎からの萌芽再生により根絶には至らず再繁茂すること、方法②-2の天地返しは萌芽再生を完全に抑制するが、初期費用が大きくなることから、トータルコストを考慮すると劣位となる。維持管理期間が10年の場合、トータルコストを考慮した最適な方法は、方法③の定期伐採を5年間実施する方法、となる。

5. 樹木管理の費用低減に向けて

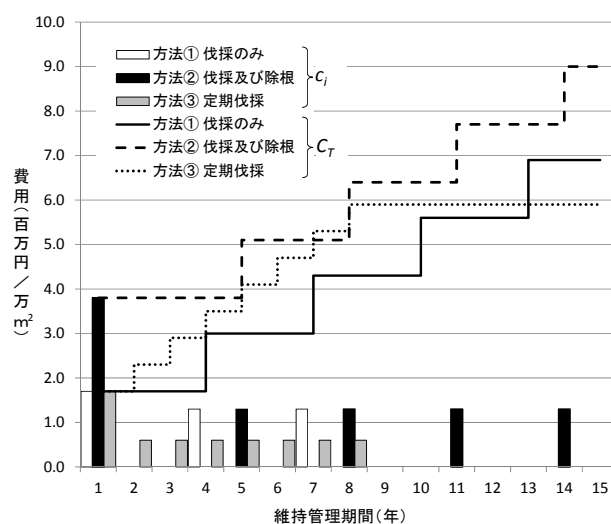


図-3 ハリエンジュに関するトータルコストの経年変化

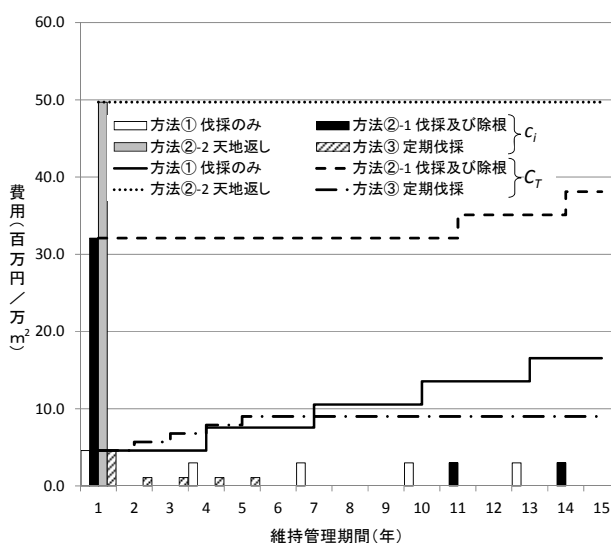


図-4 タケに関するトータルコストの経年変化

樹木管理における萌芽再生抑制方法の適用について、トータルコストを考慮して検討を行った結果、一定の維持管理期間がある場合、初期費用が大きくなっても萌芽再生抑制方法を追加実施する方がトータルコストを小さくできることが示唆された。維持管理期間は対象箇所によって異なるものであるが、維持管理期間に応じた方法を選択することで、伐採効果を持続しながらトータルコストを縮減することが可能となる。また、樹種によって生育特性が異なることから、同一の維持管理期間であっても、トータルコストを最小にする方法は樹種によって異なる可能性があるため、樹種に応じた方法を選択する必要がある。さらに、4. 適用例で示した3樹種に対する伐採後に除根を実施する方法やタケに対する天地返しのように、萌芽再生抑制効果が高い方法であっても初期費用が大きくなり過ぎる場合、トータルコストを考慮すると選択されないことが分かった。

樹木管理の費用を低減するためには、トータルコスト

を精度よく算出し、最適な萌芽再生抑制方法を選択し実施する必要がある。トータルコストの算出にあたっては、伐採効果継続期間など樹木管理の実施時期の設定が重要である。しかしながら、現時点では、伐採効果継続期間の設定の基となる萌芽再生抑制方法適用後の生育密度や生物量について調査した事例が十分ではない。また、実績を基に設定している表-1からも明らかなように、対策に必要な費用(C_i)に占める処分費の割合は大きい。本来、作業量や処分量は、対象とする河道内樹木の生育密度や生物量によって大きく変動する。処分費を含む対策の実施費用を精度よく見積もるためには、生物量の推定が重要となる。本研究における4. 適用例は試算であるため、さまざまな仮定に基づいて検討を行っている。こうした仮定の妥当性については、河道内の樹木の生育状況に関する調査や萌芽再生抑制方法の適用事例を積み重ねることで評価し、計画段階におけるトータルコスト算出の精度を上げていく必要がある。

6. おわりに

本研究では、樹木管理の初期費用だけでなく維持管理期間中のトータルコストを考慮することで、萌芽再生抑制方法の適用により河道内の樹木管理費用を低減させることが可能であることを示した。また、対象箇所の維持管理期間や樹種に応じた方法を選択することによって、伐採効果を持続しながらトータルコストを縮減することが可能であることを示した。これにより、伐採時に萌芽再生抑制方法を選択する際に、効果だけでなく費用面も考慮した判断が期待できる。

謝辞：本研究を進めるにあたり、土木研究所が実施した萌芽再生抑制方法検討のための現地実験では、国土交通省近畿地方整備局福井河川国道事務所、中部地方整備局天竜川上流河川事務所、関東地方整備局常陸河川国道事務所の各担当者の方々には、多大なご協力をいただきました。ここに深く感謝の意を表します。

参考文献

1) 佐貫方城、大石哲也、三輪準二：全国一級河川における河道

内樹林化と樹木管理の現状に関する考察，河川技術論文集，第16巻，pp. 241-246，2010.

- 2) 渡辺敏，前野詩朗，渡部秀之，志々田武幸：旭川におけるヤナギ林の拡大機構とその抑制管理のあり方に関する検討，河川技術論文集，第11巻，pp. 77-82，2005.
- 3) 田屋祐樹，増本みどり，赤松史一，矢島良紀，佐貫方城，中西哲，三輪準二：河道内樹林における萌芽再生抑制方法の検討，河川技術論文集，第18巻，pp. 59-64，2012.
- 4) 独立行政法人土木研究所：河道内樹木の萌芽再生抑制方法事例集，土木研究所資料第4253号，2013.
- 5) 社会資本整備重点計画(平成24年8月3日閣議決定)，2012.
- 6) 国土交通省大臣官房技術調査課電気通信室，総合政策局建設施工企画課，河川局河川環境課河川保全企画室：河川構造物長寿命化及び更新マスタープラン～持続可能な維持管理システムの確保に向けて～，国土交通省，2011.
- 7) 崎尾均（編）：ニセアカシアの生態学，文一総合出版，2009.
- 8) 近藤晃，加藤徹，伊藤愛：静岡県南伊豆におけるモウソウチク林の皆伐による広葉樹林化～持続的に再生竹が刈り取られた林分の事例一，第60回日本生態学会全国大会講演要旨集，日本生態学会大会企画委員会，pp. 275，2013.
- 9) 鹿児島県林務水産部林業振興課：タケ侵入防止の手引き，2005.
- 10) 一般社団法人建設物価調査会積算小委員会：平成24年度(4月版) 国土交通省土木工事標準積算基準書(共通編)，一般社団法人建設物価調査会，2012.
- 11) 一般社団法人建設物価調査会積算小委員会：平成24年度(4月版) 国土交通省土木工事標準積算基準書(河川・道路編)，一般社団法人建設物価調査会，2012.
- 12) 国土交通省土地・建設産業局建設市場整備課：平成24年度公共工事設計労務単価，国土交通省，2012.
- 13) 伊木千絵美，矢部浩規，中津川誠：河川の水利条件による河道内樹木の稚樹定着抑制，河川技術論文集，第11巻，pp. 505-510，2005.
- 14) 池谷奉文：多摩川河川敷におけるニセアカシアの分布拡大と生育環境に関する調査研究，財団法人とうきゅう環境浄化財団，2002.

(2013. 4. 4受付)