

街路樹のライフサイクルコスト算出方法の検討

A Study on Calculating the Life Cycle Cost of Street Trees

渡部 桂* 福成 敬三* 藤原 宣夫**

Katsura WATANABE* Keizo HUKUNARI* Nobuo FUJIWARA**

1.はじめに

ライフサイクルコスト（以下、LCC）とは、ある物の存続期間に要するトータルコストをいう。建設生産物について考えた場合、消費者は品質が良く安い物の提供を望むが、“安い”とは単に建設費が安いだけではなく、企画・設計から維持・修繕、更新・廃棄を含むトータルコストが安くなければならない。ここで供給側である建設業界は、良い物を安く提供し、事業としても成功するためにコストの把握が重要となる。

本検討では、緑地をLCC算出の対象としている。特徴は植物が成長する事であり、この点が建築・土木とは異なる。これまでに緑地を対象としてLCCを算出した事例は少なく、先行研究としては1981年の旧建設省土木研究所緑化研究室・(財)国土開発技術センターによる「道路緑化技術に関する研究報告書」があり、そこでは街路樹の年間維持管理費が樹木の成長に伴って経年的に増加することが指摘されている。本検討では先行研究同様に街路樹を扱ったが、現在国土交通省によって導入が進められている新土木積算体系の中で管理項目とそのコストの算出手順を整理した。

緑地では、樹木が成長を続けるがゆえに、将来目標に向けての誘導管理が必要である。今後、新たな緑地の管理手法として、将来に渡るコストを十分に把握した上で、の目標と誘導管理内容の設定が望まれるところである。本検討は緑地のLCC算出のための基礎的資料となることを目的とした。

2.算出手順

算出は以下の手順で行うこととした。(1) ライフサイクルの設定、(2) 標準モデルの設計、(3) 成長の予測と算出期間の設定、(4) 算出項目の抽出・整理、(5) 算出項目ごとの個別条件とコストの設定、(6) LCCの算出。また、材料、労務等のコストを算出するにあたり、そのコストの根拠は一般に公開されている資料として、(財)経済調査会・平成13年度版・新土木積算大系工事工程歩掛対応表<一般土木編>、同・土木施工単価'02-1冬号、同・積算資料2002年3月号を用いた。

3.ライフサイクルコストの算出

(1)ライフサイクルの設定

基礎的な資料として便宜的に算出を行うため、街路樹のライフサイクルを植栽から植え替えまでとした。LCCにおいても植栽に係わる直接的費用を対象とし、計画・設計費用、基盤整備費用は算出対象から外した。以上よりLCCを以下のように設定した。

$$\begin{aligned} \text{LCC} = & \text{①植栽コスト} \\ & + \text{②年間維持管理コストの算出期間内累積} \\ & + \text{③植え替えコスト（撤去・廃棄処分+補植）} \end{aligned}$$

①植栽コストはイニシャルコストであり、植栽構成、植栽規格がコストの決定要素となる。

②年間維持管理コストの算出期間内累積は、年間に行われる維持管理項目毎のコストの合計を、植栽から植え替えまでの算出期間内で全て足し合わせたものである。

③植え替えコストは撤去・廃棄処分コストと補植コストの合計である。植え替えは枯損したものについて行うものとし、③植え替えコストに枯損率（枯損の発生率）を乗じて算出する。なお、補植は再び植栽するという概念でとらえ、コストは植栽と同額とした。

(2)標準モデルの設計

コスト算出にあたり、街路樹を主体とした植樹帯の標準モデルを作成した。設計にあたっては以下の内容を基本条件とした。

- ・対象道路：都市部（東京）¹⁾
- ・植樹帯の幅員：1.5m²⁾
- ・高木の植栽間隔：8m^{2),3),4)}
- ・低木の植栽密度：基準2~9株/m²より平均をとって5株/m²（植潰し）^{3),4)}

設計の基本条件より植樹帯の大きさを1.5m×8.0m=12m²とし、この空間に高木を1本、低木を5株/m²で植栽したものを標準モデルとした。ただし、高木の根鉢上部（根本周辺）の面積を1m²として、低木植栽を控除するものとした。よって標準モデルあたりの低木は55株/11m²となる（図・1）。植樹帯規模（施工規模）は高木1000本を想定した。

標準モデルの植栽仕様は、街路樹整備が充実している東京都を参考とした。高木は、樹種は街路樹で多用され

* (株) フォーサイト

**国土交通省国土技術政策総合研究所

*Foresight corporation

**National Institute for Land and Infrastructure Management.
Ministry of Land, Infrastructure and Transport

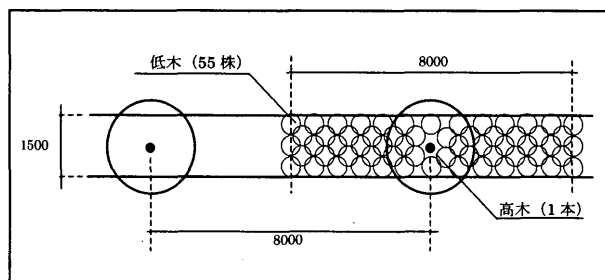


図-1 標準モデル

ているイチョウとし、植栽規格は東京都の街路樹高木植栽基準が樹高4.0m以上、幹周18cm以上であることから、公共用緑化樹木品質寸法等規格基準（案）⁶⁾の寸法規格表（案）より、都の基準を満たす規格として、樹高4.0m、幹周0.21mを採用した。また、支柱は樹木規格に対応するものとして二脚鳥居型（添木付）とし、幹巻きは行わないものとした。低木は、一般的な樹種としてヒラドツツジを選択した。既存の積算資料における植栽や剪定での「低木」の基準が樹高60cm未満であることから、その条件を満たす規格として公共用緑化樹木品質寸法等規格基準（案）より樹高0.5m、葉張り0.5mを選択し、植栽時の規格として設定した。

(3) 樹木の成長予測と算出期間の設定

(1)より、樹木のLCCは植栽から植え替えまでである。しかし植え替えの発生は、樹木の寿命の他、道路の改修や災害等、様々な条件があると考えられ、明確に設定することは困難である。そこで、コスト算出の根拠が一般に公開されている資料に限られることから、資料によって算出可能な範囲を算出期間の設定条件とした。資料では剪定等の管理項目において幹周120cm以上は単価の設定がなされていないことから、幹周が120cmに至るまでを算出期間とした。

以上のように一般的に高木の維持管理では、積算の基準となる部位の寸法として、根鉢から1.2mの高さの幹周が用いられているため、樹木の成長予測についても幹周で行った。低木は刈込みによって一定の樹高（60cm未満）に保つものとし、成長予測は行わないものとした。

高木の成長予測にあたっては、胸高直径と樹齢の関係について落葉3樹種（イチョウ・ケヤキ・プラタナス）を統合化した関係式： $y = 1.0653x + 3.4542$, ($R^2 = 0.95$, y : 胸高直径, x : 樹齢)を用いた⁷⁾。3樹種の統合式を用いた理由として、イチョウのデータ年数が少ないこと、3樹種の相関性が強いことがあげられる。

モデル設計より植栽時の幹周は21cmである。計算より、植栽時の樹齢は約10年（9.52年）で、これを植栽初年度とした場合、植栽後30年目で幹周は120cmを越える。このときの樹齢はおおよそ40年となる。

以上より、植栽後29年目までを算出期間とし、植栽年を含めた算出期間は30年となる。

(4) 算出項目の抽出・整理

算出項目を一般的な項目とするため、コストの根拠資料（平成13年度版新土木積算大系工事工種歩掛対応表＜一般土木編＞、土木施工単価‘02-1冬号）および道路緑化関係資料（道路緑化技術基準・同解説書、道路の緑化ハンドブック、公園樹・街路樹管理マニュアル）より標準的な項目を選定し、病虫害防除や灌水等の発生不確実な管理項目、実施に偏りがある項目を算定対象外とした。

抽出選別した項目は、最終的に用語の統一を行い、(1)で定義したLCCの3つの構成区分（植栽、維持・管理、植え替え）との関係を整理した（表-1）。なお、用語の統一は土木工事の積算を体系立てている「平成13年度版新土木積算大系工事工種歩掛対応表＜一般土木編＞」（以下、新土木積算体系）に代表させた。

表-1 コスト算出項目

区分	大系種別	新土木積算体系細別 (コスト算出項目)
植栽	道路植栽工	植樹
		支柱(設置)
維持 管理	樹木・芝生管理工	樹木剪定
		寄植剪定
		雑草抜き取り
		(補植)
		支柱(補修)
		樹木施肥
植替	道路施設撤去工	道路植栽撤去 (支柱撤去含む)
		植樹
	道路植栽工(補植)	支柱(設置)
		支柱(設置)

(5) 算出項目の個別条件とコストの設定

算出項目に対するそれぞれのコストの設定は、新土木積算体系より対応する歩掛りを選択した。また、算出項目の抽出に用いた既存資料を参考に、規格、管理頻度を設定した。（表-3 参照）

(i) 植栽コスト（道路植栽工）

新土木積算体系では、細別の「植樹」、「支柱（設置）」については共に市場単価（道路植栽工）の「植栽工」、「支柱設置」が摘要されている。市場単価には「土木施工単価‘02冬号」（以下、施工単価）「積算資料2002年3月号」（以下、積算資料）を用いてコストを設定した。

(ii) 維持・管理コスト（樹木・芝生管理工）

新土木積算体系における細別の「樹木剪定」、「寄植剪定」、「補植」、「支柱（補修）」、「樹木施肥」、「寄植・芝施肥」については、共に市場単価（道路植栽工）の「植樹管理（せん定）」、「支柱設置」（補正係数0.6）、「植樹管理一施肥」、が適用されている。市場単価の設定には施工単価、積算資料を用いた。「雑草抜き取り」は歩掛かりによって設定した。「補植」は植え替えて扱うこととした。以上に個別条件を加え、維持・管理コストを設定した。

・剪定は毎年とし枝処分はリサイクル処理とした。

- ・高木の剪定枝発生量は 3 樹種（ケヤキ、プラタナス、イチョウ）統合式： $Y=0.6101e^{0.0394x}$ 8) より求めた乾重量を生重量に変換した（1.99 倍）。低木の剪定枝発生量は $0.74\text{kg}/\text{m}^2$ とした 9)。
- ・「雑草抜き取り」は「平成 13 年度版工事歩掛要覧＜土木編上＞」の歩掛を適用した。資料不足により運搬積込費、処分費を含まなかった。
- ・支柱の補修は 1 回のみとした 10)。
- ・高木施肥は $N:P:K=6:4:3$ 、幹周が 30 cm 未満： $0.3\text{kg}/\text{本}$ 、30 cm 以上 60 cm 未満： $0.5\text{kg}/\text{本}$ 、60 cm 以上 90 cm 未満： $0.6\text{kg}/\text{本}$ 、90 cm 以上 120 cm 未満、 $0.8\text{kg}/\text{本}$ とし、頻度は 2 年に 1 回とした。低木施肥は $N:P:K=3:6:4$ 、 $0.1\text{kg}/\text{m}^2$ とし、頻度は毎年とした 11)。

(iii) 植え替えコスト（撤去・廃棄処分+補植）

植え替えコストは道路施設撤去工と道路植栽工の組み合わせとなる。この合計に枯損率を乗じて求める。道路植栽撤去は、新土木積算体系では植栽撤去費と支柱撤去費によって構成される。植栽撤去は労務費用が設定されていないため、今回は処分費のみを扱った。支柱撤去費は市場単価が適用されており、施工単価を用いた。補植は植栽と同じとした。枯損率は 0.0025% とした。

- ・植栽撤去は植栽後 29 年後に行うものとした。計算式 12) より植栽後 29 年の高木の地上部重量は 1074.42kg であり、これが処分対象となる。高木の地下部、低木については資料不足より算出では項目のみとした。

- ・枯損率は正確な設定が困難であった。ここでは東京都へのヒアリングにより得た概数 0.0025% を設定した。

(6) ライフサイクルコストの算出

- (5) の設定より植栽後 29 年までのコストを求めた。

植栽コストは、高木植栽（イチョウ）1 本と支柱 1 基で $43,300$ 円、低木植栽（ヒラドツツジ）55 本で $63,250$ 円、計 $106,550$ 円であった。

維持・管理コストは、高木剪定 $187,815$ 円、低木剪定 $54,462$ 円、雑草抜き取り $50,808$ 円、支柱補修 $3,180$ 円、高木施肥 $7,712$ 円、低木施肥 $18,183$ 円、計 $322,200$ 円であった。

高木 1 回あたりの植え替えコストは、樹木撤去、支柱撤去、補植で構成され、その合計は $76,533$ 円である。枯損率 0.0025% を乗じた金額は $1.9 \div 2$ 円となる。低木 1 回あたりの植え替えコストは、樹木撤去、補植で構成され、その合計は $63,250$ 円である。枯損率 0.0025% を乗じた金額は $1.6 \div 2$ 円となる。以上より植え替えコストは 4 円であった。

以上より、標準モデルにおける 30 年間の LCC は、植栽コスト $106,550$ 円、維持・管理コスト $322,200$ 円、植え替えコスト 4 円の合計である。従って、 $428,754$ 円となる。コストの構成は植栽コストが 24.9% 、維持・管理コストが 75.1% 、植え替えコストが 0.00093% であった。高木・低木別のコスト構成では、高木が 57.4% 、低木が

42.6% であった。

植栽コストは高木：低木が 4：6 である。単価では高木より低木のコストが低い、標準モデルに占める低木の数量が大きいためコストで低木優勢になっている。維持・管理コストでは高木：低木が 6：4 であった。高木の剪定コスト（処分費含む）が全体の 38.5% を占め、構成要素として大きい。また、高木の剪定コストの中でも、幹周が 60cm 以上のコストが構成比として大きい。低木においては植栽コスト、剪定コストが構成比として大きい。植え替えコストは、設定した枯損率が小さいため、コストとしては微小となった。（表-2）

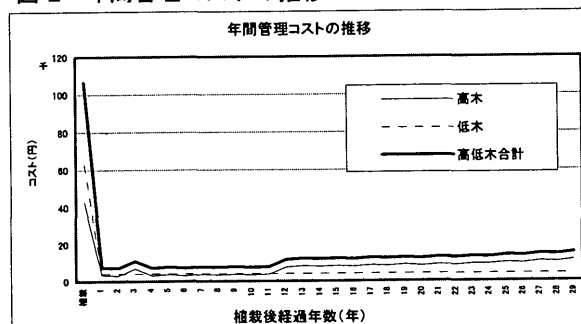
表-2 コスト構成

項目	樹木別コスト(円)	構成比 1(%)	構成比 2(%)
植栽コスト	高木	43,300	40.6%
	低木	63,250	59.4%
	計	106,550	100.0%
維持・管理コスト	高木	202,981	63.0%
	低木	119,219	37.0%
	計	322,200	100.0%
受け替えコスト	高木	2	50.0%
	低木	2	50.0%
	計	4	100.0%
計	高木	246,283	57.4%
	低木	182,471	42.6%
	計	428,754	100.0%

LCC において構成が大きいものは、剪定（剪定枝処分費を含む）であった。特に高木では樹木の成長にともなって剪定枝発生量が増加し、連動して年間管理コストが増加して行く。標準モデルにおける年間の管理コストは、植栽後 11 年（高木の幹周が 60cm 以下）までは高木と比較して低木が上回っているが、12 年以降（高木の幹周が 60cm 以上）では逆転する。これは、幹周 60cm が高木の維持・管理においてコストの境界であり、その後大幅に管理コストが大きくなることを示している。

低木は、植栽形状を維持することで維持・管理コストが平均的に保たれた（図-2）。

図-2 年間管理コストの推移



5. まとめと今後の課題

街路樹の LCC については、既存資料を用いて基本的な算出ができることが分かった。しかしながら、具体的な設定では多くの課題が残った。

表-3 ライフサイクルコスト設定一覧表

高木:イチヨウ:単位空間12㎡:密度1本/12㎡:根鉢上部面積1㎡:算定期間-植栽後29年

項目(高木)	コスト算定項目	規格・仕様	単位	単価(円)	単位空間当りの数量	管理頻度	算定期間合計(円)
植栽 イチヨウ	植樹工(機・労)	幹周20cm以上40cm未満	本	15,000	1	-	15,000
	樹木(材)	樹高4.0m以上、幹廻り21cm以上	本	23,000	1	-	23,000
	支柱設置(労・材)	二脚鳥居(添木付)	基	5,300	1	-	5,300
維持・管理	せん定(機・労)	高木冬季せん定	本	2,900	1	回/年	31,900
		C=60未満	本	7,100	1	回/年	127,800
		C=60以上~120未満	本				
	せん定枝処分	リサイクル処理	kg	28	3.2~126.9	回/年	28,155
	雑草抜き取り(労)		㎡	58	1	回/年	3,364
	集草(労)		㎡	15	1	回/年	870
	除草発生材処分		kg				0
	支柱補修(労・材)	高木各種(補正係数0.6)	基	3,180	1	回	3,180
	施肥(労)	高木	本	400	1	0.5 回/年	2,400
		C=60以上~120未満	本	480	1	0.5 回/年	4,320
	施肥(材)	N:P:K=6:4:3 (2,160円/20kg)	kg	108	0.3	0.5 回/年	32
					0.5	0.5 回/年	270
					0.6	0.5 回/年	260
					0.8	0.5 回/年	430
植え替え 枯損率 0.0025 %	枯損木撤去(労)		本			0.0025 %	0
	枯損木処分		kg	30	1074.4	0.0025 %	0.806
	支柱撤去(機・労)	高木各種	基	1,000	1	0.0025 %	0.025
	支柱処分	一般廃棄物(可燃物)	基		1	0.0025 %	0
	植樹工[補植](機・労)	幹周20cm以上40cm未満	本	15,000	1	0.0025 %	0.375
	補植(材)	樹高4.0m以上、幹廻り21cm以上	本	23,000	1	0.0025 %	0.575
	支柱設置(労・材)	二脚鳥居添木付	基	5,300	1	0.0025 %	0.133
高木合計							246,283

低木:ヒラドツツジ:単位空間12㎡:5本(株)/㎡:植栽対象面積11㎡(高木根鉢部分控除):算定期間-植栽後29年

項目(低木)	コスト算定項目	規格・仕様	単位	単価(円)	単位空間当りの数量	管理頻度	算定期間合計(円)
植栽 ヒラドツツジ	植樹工(機・労)	低木樹高60cm未満	本(株)	250	55	-	13,750
	樹木(材)	樹高1m未満	本(株)	900	55	-	49,500
維持・管理	せん定(機・労)	寄植せん定 低木(樹高60cm未満)	㎡	150	11	回/年	47,850
	せん定枝処分	リサイクル処理(又は一般廃棄物処理)	kg	28	8.14	回/年	6,812
	雑草抜き取り(労)		㎡	58	11	回/年	37,004
	集草(労)		㎡	15	11	回/年	9,570
	除草発生材処分		kg				0
	施肥(労)	寄植(中低木)	㎡	46	11	回/年	14,674
	施肥(材)	N:P:K=3:6:4 (2,200円/20kg)	kg	110	1.1	回/年	3,509
植え替え 枯損率 0.0025 %	枯損木撤去(労)		本(株)		55	0.0025 %	0
	枯損木処分		kg	28		0.0025 %	0
	植樹工[補植](機・労)	低木樹高60cm未満	本(株)	250	55	0.0025 %	0.344
	補植(材)	H=0.5,W=0.5	本(株)	900	55	0.0025 %	1.238
低木合計							182,471

項目設定のみ(条件不足によりコスト設定なし)

総計:管理トータルコスト 428,754

※施工規模:高木1000本以上、場所:東京都、コスト構成:直接工事費

(i) ライフサイクルコストの範囲設定

算出範囲を便宜上植栽から植え替えまでとしたが、計画や設計、植栽基盤整備等、植栽以前のコストについて検討が必要である。

(ii) 算出期間と成長予測

樹木の成長および寿命について、長期間の観測データが不足している。算出精度を高めるためには、これら樹木基礎データの収集が必要である。

(iii) 算出管理項目と管理頻度の設定

災害対応や病虫害防除等のコストは発生不確定として算出していない。今後これらの扱いについて検討が必要である。また、管理頻度について地域性や管理主体の事情等により幅があると推測できる。事例収集等により、場の条件等と管理頻度の関係を知る必要がある。

(iv) コストの設定

コストの根拠に用いた市場単価では、高木管理の基準は幹周のみである。実際は防除や剪定において葉張りや樹高が作業コストに影響していると考えられる。今後、葉張りや樹高に対応するコストの算出方法についても検討

討の余地がある。

参考文献

- (社)日本道路協会 (1999): 道路構造令の解説と運用
- (社)日本道路協会 (1988): 道路緑化技術基準・同解説書
- 東京都建設局公園緑地部 (1976): 道路緑化ハンドブック
- 東京都建設局 (2001): 東京都道路工事設計基準
- 東京都建設局公園緑地部 (2001): TOKYO 街路樹マップ 2001
- (財)日本緑化センター (1996): 公共用緑化樹木品質寸法等規格基準(案)の解説
- 藤原宜夫・山岸裕・村中重仁 (2002): 都市緑化樹木による CO2 固定量の算出方法に関する研究: 日本緑化工学会誌, 28(1), 26-31
- 国土交通省土木研究所緑化生態研究室, (財)都市緑化技術開発機構 (2001): 都市緑化による CO2 固定促進のための管理手法に関する調査業務報告書
- 吉岡堅治・神村雄二 (1991): 道路街路樹のチップ化・堆肥化について (第一報): 第11回東京国道工事事務所研究発表会論文集, 45-50
- 仙台市建設局緑政課 (1994): 公園樹・街路樹管理マニュアル
- 風間伸造 (2001): 造園修景積算マニュアル (財)建設物価調査会
- 奥水肇 (1985): 建築空間の緑化手法 彰国社