アカマツ・コナラ主体の地域性苗木による植栽 11 年後の盛土法面における成立林分の特徴と構造

小宅由似^{*1)}・今西純一²⁾・石原一哉³⁾・柴田昌三⁴⁾

- 1) 人間環境大学人間環境学部 Faculty of Human Environments, University of Human Environments
- 2) 大阪府立大学大学院生命環境科学研究科 Graduate School of Life and Environmental Science, Osaka Prefecture University
- 3) 西日本高速道路株式会社九州支社 Kyushu Branch, West Nippon Expressway Co. Ltd.
- 4) 京都大学大学院地球環境学堂 Graduate School of Global Environmental Studies, Kyoto University

摘要: 1996 年以降, 生態系や景観の保全を目的とした地域性苗木による植栽施工事例がみられる。本研究では, 新名神高速道路沿いの盛土法面を対象地として, 地域性苗木による植栽 11 年後の林分構造を明らかにすることを目的とした。調査プロット(合計 300 m²)内で合計 29 種の植物を確認した。このうち木本は 14 種であったが, 毎木調査の対象となる 1.3 m 以上の木本は 4 種のみであった。最大樹高は 7.32 m(アカマツ), 平均樹高は 4.18 m であった。林分構造の指標として樹高階分布をみると, 上層をアカマツが, 下層をコナラが優占する 2 層構造が確認された。現時点ではアカマツ及びその下枝による他の植物の被圧が考えられたが, 下枝の落下やアカマツの衰退による将来的な光環境の改善が予想された。

キーワード: 地域性苗木, 植栽工, 森林回復, 林分構造

OYAKE, Yui, IMANISHI, Junichi, ISHIHARA, Kazuya and SHIBATA, Shozo: **Tree stand characteristic and structure on the embankment slope after 11 years from certified native species seedlings' plantation by mainly *Pinus densiflora* and *Quercus serrata***

Abstract: This study aims to clarify the stand structure on the embankment slope which has been 11 years since the initial planting of certified native species seedlings. On the survey plots (total 300 m²), a total of 29 vascular plant species, where 14 species of tree plants, were confirmed. From plotting the tree height distribution, a double layer structure was confirmed, in which the upper layer was dominated by *P.densiflora*, and the lower by *Q.serrata*. It was suggested *P.densiflora* suppress the growth of other plants in the lower layer; on the other hand, improvement of light environment was predicted with decline of *P.densiflora*.

Key words: certified native species seedlings, plantation, forest restoration, stand structure.

1. はじめに

植栽工はある程度成長した苗木を導入する緑化工法であり, 成立植生の構成種のコントロールが比較的容易である, 播種工よりも早期の樹林成立をねらうことができるといった特長がある。一方で, 導入された樹木が同時に成長することで一斉林が形成されやすい¹⁶⁾といった指摘もある。

近年, 法面緑化に求められる役割は法面表土の安定のみならず, 生態系や景観の保全をも期待されるようになってきた。こうした社会的要請を受け, 植栽工においても生態系や景観の保全を図る試みがされてきた。その一例として地域性苗木⁸⁾を使用した植栽が挙げられるが, こうした地域性苗木による緑化が始まってから約 20 年しか経過しておらず, 地域性苗木または類義の種苗による植栽施工地の植生に関する調査研究事例は少なく, また木本群落が成立した法面を対象とし

た研究は極めて少ない^{14, 16)}。また, 生態系や景観の保全を目的に含む緑化においては緑量のみならず種組成や群落構造の評価も重要であるが, 地域性苗木を用いた植栽工のみならず従来の植栽工による緑化法面においても, 垂直構造の発達について論じた研究は少ない。

そこで本研究では, 地域性苗木が比較的低密度に植栽された法面の植栽 11 年経過時点の成立植生と林分構造を明らかにし今後の管理のあり方について提案すること, また階層構造が発達した森林を成立させるための植栽密度についても検討することにより, 植栽による植生回復の知見を得ることを目的とした。

2. 方法

2.1 調査地

調査地は滋賀県大津市に位置する, 新名神高速道路上り線

* 連絡先著者 (Corresponding author) : 〒444-3505 愛知県岡崎市本宿町上三本松 6-2 E-mail : y-oyake@uhe.ac.jp

(2005 年開通区間)の盛土法面とした(図-1)。大津市の年平均気温は14.9℃、年間降水量は1,529.7 mmである(1981—2010年の平均値、大津地域気象観測所(北緯 34° 59.5′、東経 135° 54.7′、標高 86 m)のデータ⁹⁾を引用)。

盛土法面の形状は勾配 1 : 2.7-1 : 2.1 (傾斜角約 20-25°), 小段切法長約 15 m, 最大 3 段, 南西向きである。当該法面は三上・田上・信楽県立自然公園内に位置していることから, 「周辺の自然環境になじむ環境づくり」「厳しい地質・土壌条件に対応した十分な植栽基盤の整備」が目標とされ, また遺伝子の攪乱を防ぐことを目的として, 2004 年に周辺植生のアカマツ・コナラ混交林の主要構成種である, アカマツ (*Pinus densiflora* Siebold et Zucc.), コナラ (*Quercus serrata* Murray), ウツギ (*Deutzia crenata* Siebold et Zucc.)等の地域性苗木(樹高 30-50 cm, 2-3 年生苗)を 36 本/100 m² (3,600 本/ha)の密度でランダムに配植されている。地域性苗木とは植栽施工地の近傍に生育する植物から採取した種子等を育成した苗木のこと⁸⁾を指す。地域性苗木を用いた植栽事例は 199 年以降, 明治の森高尾国定公園や都立高尾陣場自然公園, 都立秋川丘陵自然公園を通過する首都圏中央連絡自動車道の建設本格化に伴ってみられるようになった⁸⁾。自然公園区域内やその近隣の緑化地では生態系や景観の保全が特に重視され, 成立植生の種組成が既存植生と同等であることは勿論, 遺伝的多様性にも配慮する必要がある¹²⁾, 緑化地周辺地固有の遺伝子を有する地域性苗木は, 生態系や景観の保全に特に配慮する必要がある緑化地において有用な緑化資材であると言える。

なお当該法面は、調査実施時点で未供用の一般道を挟んで既存林と隣接していたものの、法面周囲は高さ約 1.5 m のフェンスにより囲われていたため、本研究においてはシカ等の大型哺乳類の侵入は考慮しないものとした。

2.2 現地調査

2.2.1 植生調査

2015 年 8～9 月に、対象法面の最上段に、法肩約 4 m を

図-1 調査対象地

図中のアルファベットは各調査プロットの名称を示す。

Fig. 1 Study site

Alphabets in the map show names of each plot.

避けて 10 m×10 m の調査プロットを 3 地点設置した(図-1)。調査プロット内に生育する全ての維管束植物を対象として、出現種と種毎の被度の記載を行った。成立植生を高さにより 4 階層(5.0 m 以上: 高木層, 1.3 m 以上 5.0 m 未満: 中木層, 0.5 m 以上 1.3 m 未満: 低木層, 0.5 m 未満: 林床層)に分類し、記載は階層毎に行った。同じ種が異なる階層に出現した場合は個別に記載した。種毎の被度について、Braun-Blanquet の全推定法¹⁾による 7 段階の被度区分で判定した後、百分率の被度の中央値(被度 r・+: 0.1%, 1: 5.0%, 2: 17.5%, 3: 37.5%, 4: 62.5%, 5: 87.5%)によって種毎の植被率に換算した。また記載した全出現種について、形態(木本、草本、つる性、シダ類)に分類した。

調査プロット内に生育する樹高 1.3 m 以上の全ての樹木を対象として、種同定、DBH(cm)、樹高(m)の測定を行った。このとき、つる性の木本は測定の対象から除外した。

2.2.2 土壤硬度

2016 年 1 月に、各プロット内で 3 地点ずつ、合計 9 地点で、SH 型貫入試験機による土壌貫入試験を行った。試験には長谷川式土壌貫入計と同じ貫入値を得られる 3 kg の錘³⁾のみを使用し、地表から約 80 cm 貫入した時点、または 1 打撃あたりの貫入値が 1 mm 未満となる打撃を 10 回確認した時点で測定終了とした。

3. 結果

3.1 種組成

調査プロット(合計 300 m²)内で、木本 14 種、草本 11 種、
つる性植物 2 種、同定不能 2 種の合計 29 種が確認された。
階層毎の出現種数をみると、林床層では 12 種の木本が確認
されたが、低木層以上で確認された木本は 4 種のみであった
(表-1)。林床層ではアカマツ林でよく見られるススキ
(*Miscanthus sinensis* Andersson), ソヨゴ(*Ilex pedunculosa*
Miq.), コナラ林でよく見られるヤマザクラ(*Cerasus*
jamasakura (Siebold ex Koidz.) H. Ohba), ムラサキシキブ
(*Callicarpa japonica* Thunb.)¹⁰が見られた一方で、アカマツ
林、コナラ林の両方でよく見られるツツジ類は確認されな
かった。高さ 1.3 m 未満の低木層及び林床層には、林内の移動
に支障するほど上層木のアカマツの枯れ枝が多く残存してい
た。また、林床層で確認された木本のほとんどは当年生と考
えられる実生であった。

3.2 林分構造

DBH 及び樹高の測定対象となった木本は 4 種 109 本(個体密度 3,633.3 本/ha)確認され、胸高断面積合計からみた優占種はアカマツであった。最大樹高は 7.32 m(アカマツ)、平均樹高は 4.18 m、最大 DBH は 13.0 cm(アカマツ)、平均 DBH は 5.5 cm であった。また、各プロットの平均胸高断面積合計は 12.66 m²/ha であり、種毎の胸高断面積合計はアカマツが 11.51 m²/ha(全体に占める割合: 90.89%)、コナラが 0.88 m²/ha(6.97%)、ウツギが 0.24 m²/ha(1.86%)、ヤマナラシ(*Pop*

表-1 階層別の植被率上位 3 種と出現種

植被率は 3 プロットの平均値を示す。

Table 1 Major vascular plant species and number of species on each layer
Coverage (%) is mean of the 3 plots

階層	種名	植被率	出現種数			
			木本	つる性	草本	合計
高木層 H ≥ 5m	アカマツ <i>Pinus densiflora</i> Siebold et Zucc.	21.46%	2			2
	コナラ <i>Quercus serrata</i> Murray	4.79%				
	コナラ <i>Q.serrata</i>	21.46%				
中木層 1.3m ≤ H < 5m	アカマツ <i>P.densiflora</i>	14.79%	4	2	3	9
	ススキ <i>Miscanthus sinensis</i> Andersson	13.54%				
	アレチヌスビトハギ <i>Desmodium</i> <i>paniculatum</i> (L.) DC.	5.42%				
	セイタカアワダチソウ <i>Solidago altissima</i> L.	5.21%				
	ウツギ <i>Deutzia crenata</i> Siebold et Zucc.	1.47%				
	ヤマナラシ <i>Populus tremula</i> L. var. <i>sieboldii</i> (Miq.) Kudô	0.83%				
	ニガイチゴ <i>Rubus microphyllus</i> L.f.	0.01%				
	ミツバアケビ <i>Akebia trifoliata</i> (Thunb.) Koidz.	0.01%				
	ススキ <i>M.Sinensis</i>	9.38%				
	セイタカアワダチソウ <i>S.Altissima</i>	6.07%				
	コナラ <i>Q.Serrata</i>	4.80%				
	アレチヌスビトハギ <i>D.Paniculatum</i>	1.48%				
	ニガイチゴ <i>R.microphyllus</i>	0.84%				
	ウツギ <i>D.crenata</i>	0.42%				
	ヤマナラシ <i>P.tremula</i>	0.42%				
低木層 0.5m ≤ H < 1.3m	ヤマザクラ <i>Cerasus jamasakura</i> (Siebold ex Koidz.) H.Ohba	0.01%				
	未同定草本 1 種	0.01%				

ulus tremula L. var. *sieboldii* (Miq.) Kudô が 0.04 m²/ha(0.28%)であった(表-2)。

調査プロットにおける樹高階分布は、樹高 1.8–2.3 m, 4.3–5.3 m の樹木が多くなる 2 層構造を示し、上層ではアカマツ、下層ではコナラの個体数が最も多かった(図-2)。

3.3 土壌硬度

全測定地点で、深度約 10 cm までは土壌軟らか度 S 値 ≥ 1.5 cm の植物根系の発達に影響がないとされる軟らかい土壌¹¹⁾が確認されたが、深度約 15–20 cm 以深では S 値 < 1.5 cm の、一部の樹種の根系発達が阻害される締まった土壌¹¹⁾が出現した。

階層	種名	植被率	出現種数			
			木本	つる性	草本	合計
林床層 H < 0.5m	ヤブラン属 sp. <i>Liriope</i> sp.	9.38%	12	1	9	24
	ススキ <i>M.sinensis</i>	7.92%				
	キク科 sp. <i>Asteraceae</i> sp.	1.88%				
	アレチヌスビトハギ <i>D.paniculatum</i>	0.86%				
	ニガイチゴ <i>R.microphyllus</i>	0.83%				
	コナラ <i>Q.serrata</i>	0.44%				
	ネスミモチ <i>Ligustrum japonicum</i> Thunb.	0.43%				
	ソコゴ <i>Ilex pedunculosa</i> Miq.	0.03%				
	ヤマザクラ <i>C.jamasakura</i>	0.03%				
	アカマツ <i>P.densiflora</i>	0.02%				
	ウリカエデ <i>Acer crataegifolium</i> Siebold et Zucc.	0.02%				
	ムラサキシキブ <i>Callicarpa japonica</i> Thunb.	0.02%				
	イヌツゲ <i>Ilex crenata</i> Thunb.	0.01%				
	ウツミズザクラ <i>Padus grayana</i> (Maxim.) C.K.Schneid.	0.01%				
	カキノキ <i>Diospyros kaki</i> Thunb.	0.01%				
	クロモジ <i>Lindera umbellata</i> Thunb.	0.01%				
	スズメノヤリ <i>Luzula capitata</i> (Miq.) Miq. ex Kom.	0.01%				
	未同定木本 1 種	0.01%				
	未同定草本 b, c, d, e 4 種	0.05%				
	同定不能 2 種	0.44%				

表-2 調査プロット(計 300 m²)における樹木(樹高 1.3 m 以上)の生育状況**Table 2** Growth condition of trees (height ≥ 1.3 m) on the plots (total area = 300 m²)

	個体数	樹高 (m)		DBH (cm)		胸高断面積 合計 (m ² /ha)
		平均	標準 偏差	平均	標準 偏差	
アカマツ <i>P.densiflora</i>	51	5.34 ± 0.99		9.0 ± 2.1		11.51
コナラ <i>Q.serrata</i>	51	3.25 ± 1.24		2.3 ± 1.2		0.88
ウツギ <i>D.crenata</i>	5	1.90 ± 0.26		3.4 ± 2.5		0.24
ヤマナラシ <i>Populus tremula</i> L. var. <i>sieboldii</i> (Miq.) Kudô	2	3.82 ± 0.47		2.6 ± 0.5		0.04
合計	109	4.17 ± 1.56		5.5 ± 3.8		12.66

図-2 調査プロット内(合計 300 m²)の樹木(樹高 $\geq$ 1.3 m)の樹高階分布

Fig. 2 Distribution in height class of trees (height $\geq$ 1.3 m) in the plots (total area = 300 m²)

図-3 各調査プロットにおける土壌軟らか度 (S 値)

異なる線は各プロット内の異なる測定点を示す。

図中の記号は日本造園学会による評価基準¹¹⁾に基づく植栽基盤としての判定

Fig. 3 Soil softness (S value) at the plots

Different lines show different test point in each plot.

Symbols in figure shows score for planting ground¹¹⁾

表-3 植栽斜面における木本群落の垂直構造

Table 3 Stand structure on planting slopes

造成手法	都道府県	植栽苗樹高 (m)	植栽密度 (/ha)	植栽樹種	植栽後 経過年数	調査時の個体密度 (/ha)	垂直構造に関する記述	文献情報
切土法面	兵庫	-	16796	コナラ, クヌギ, アカマツ, カマツカ, ヤマボウシ, ソヨゴ, イボタンキ, ガマズミ属 spp, ツツジ属 spp.	10	13050	L字～一山型 垂直構造は未発達	4)
法面	岐阜	1.0 -1.5	7800 巣植え(3本) 単位で2600	イチイ, シラカンバ, ダケカンバ, タニウツギ, ナナカマド, ミズナラ	20	8720	弱い2層構造	16)
切土法面	兵庫	-	6400	コナラ, アラカシ, ウバメガシなど	33	7722	一山型～弱い2層構造 階層未発達	5)
切土法面	京都	0.5	6400	アラカシ, コナラ, クヌギ, ヤマモモ, ヤマモミジ, ヤマザクラ, ヤブツバキ	18	5083	一山型	13)
山腹工施工地	新潟	-	2500	ケヤマハンノキ, コナラ	10	5492	L字～弱い2層構造	17)
切土法面	兵庫	-	2200	コナラ, アラカシ, ウバメガシなど	33	3400	L字～弱い2層構造	5)

4. 考察

4.1 出現種と林分構造

調査プロットにおいて、高さ 0.5 m 未満の林床層においては 12 種の木本が確認された一方、DBH 及び樹高の測定対象となる樹高 1.3 m 以上の木本は、アカマツ、コナラ、ウツギ、ヤマナラシの 4 種のみであった(表-2)。調査プロット設置地点においては樹高 1.3 m に達している 4 種 109 個体の樹木が植栽木であると考えられ、植栽木以外の木本が成長できていないことが示された。高さ 1.3 m 未満の低木層及び林床層に多く残存している上層木のアカマツの下枝により日射が遮断されており、このために実生の成長が阻害されていると考えられる。

林分構造をみると、樹高約 4 m を境界として上層をアカマツ、下層をコナラが優占する 2 層構造が成立していることが示された(図-2)。アカマツとコナラの個体数は 51 本/300 m² で同数だが、胸高断面積合計をみると全体の 90.89% をアカマツが占めており、コナラは 6.97%(表-2)と、アカマツに被圧されている状況にあると言える。以上より、当該法面では 2 層構造がみられ垂直構造が発達しつつあるものの、上層を優占するアカマツ及びその下枝によりアカマツ以外の木本が被圧されていることが示された。

富山県におけるアカマツ・コナラ林の研究事例では、林冠層を先駆的な高木樹種、亜高木・低木層を先駆的でない小高木が構成していることにより特徴付けられていたと報告されている⁶⁾。本研究では先行研究におけるアカマツ・コナラ林の特徴はみられなかったが、林床層ではウリカエデ (*Acer crataegifolium* Siebold et Zucc.)、クロモジ (*Lindera umbellata* Thunb.)、ムラサキシキブといった先駆的でない小高木に相当する木本種の実生が確認されたことから、これらの実生が成長できればアカマツ・コナラ林の特徴を持つ群落が成立する可能性がある。アカマツ林において間伐強度を変えた試験区内にクヌギ、コナラのポット苗を植栽して成長量を比較した先行研究で、植栽苗の良好な成長のために強度間伐により日射量を確保する必要があると述べられている¹⁵⁾。以上より、本研究の対象法面においてもコナラや実生の成長を促進させるためには光環境の改善が必要であると考えられる。一方で、アカマツ下枝の落枝により経年に伴う光環境の改善が見込め、また植生遷移に伴う、あるいは肥大成長後のマツ枯れ被害によるアカマツの衰退も考えられた。このことから、植生と光環境の経年変化の観察、及び必要に応じて間伐等の管理の必要性が考えられた。

4.2 土壌環境

土壌貫入試験の結果より、土壌硬度は木本根系の発達によって良好とはいえないものの根系伸長は可能であることが示された(図-3)。一方で、アカマツは 1 年に 1 節成長する特徴を持つことから、下枝が混んでいることは当該法面におけるアカマツ苗木の定着に時間を要したために初期の樹高伸長量

が低かったことを示唆している。先行研究において、西向き法面における日射量の積算値は同地点の北向き法面と比較して約 3.7 倍に達すると報告されている¹⁾。当該法面は南西向きであり西向き法面より更に日射を受けやすいことから、土壌が乾燥状態に置かれていると考えられる。更に、滋賀県大津市のアカマツ・ヒノキ混交林内でアカマツとヒメヤシヤブシの自然乾燥葉の分解速度を比較した研究において、一般に言われる広葉樹より針葉樹の落葉落枝の分解速度が遅い傾向を支持する結果が報告されており⁷⁾、アカマツが最優占種である(表-1, 2)当該法面においても落葉落枝による土壌への養分供給速度は遅いと考えられる。以上のことから、当該法面は盛土法面であることから土壌硬度に大きな問題はないものの、土壌環境は乾燥かつ貧栄養状態であることが示唆された。

4.3 植栽法面における植栽密度と垂直構造発達の関係性

植栽斜面において植生の調査を実施した先行研究のうち、木本の垂直構造に関する記述または樹高階分布の図が記載されているものを 5 件 6 事例^{4, 5, 8, 13, 17)}得た(表-3)。地域性苗木による植栽法面における研究事例は極めて少なく、導入樹種が同等の事例同士による垂直構造の比較検討は現時点では困難であると判断し、本研究では一般的な植栽事例を含めて比較考察を試みた。本研究(植栽密度 3,600 本/ha)と合わせて検討すると、約 4,000–5,000 本/ha より疎に植栽した事例では植栽木成長後に階層構造が発達しており、密に植栽した事例では階層構造が長期間未発達となる傾向が示された。階層構造の発達が確認された事例のうち 1 事例が 7,800 本/ha の密度で植栽されているが、この事例では 3 本 1 組の巣植えが行われており、また植栽後約 20 年経過時点でも巣植えが維持されていることから、巣植え単位の 2,600 組/ha とみなすことができる¹⁶⁾。ただし、比較対象とした植栽法面は導入樹種や導入植物の出自が異なる事例であり、本来は導入植物の種組成や出自が同等あるいは類似の事例で比較する必要がある。本考察はあくまで比較の試みであり、植栽密度と階層構造の発達については今後も事例を蓄積し、更に検証する必要がある。

5. 結論

本研究の調査対象法面は自然公園区域内に位置することから、「周辺の自然環境になじむ環境づくり」「厳しい地質・土壌条件に対応した十分な植栽基盤の整備」を目標として、周辺植生であるアカマツ・コナラ林の構成種からなる地域性苗木の植栽が行われた。植栽 11 年経過時点で、上層をアカマツが、下層をコナラが優占する林分が成立していたが、アカマツが胸高断面積合計の 90% 以上を占め、その他の木本はアカマツに被圧されている状態にあり、上層を先駆的な高木種、下層を先駆的でない小高木種が優占するといったアカマツ・コナラ林の特徴はみられなかった。林床層にはアカマツ林やコナラ林でよくみられる樹種の実生が見られた一方、アカマツの初期成長の不良に起因すると考えられる下枝の残存

により、これらの実生の成長が抑制されていることが示唆された。したがって光環境の改善に伴い目標林であるアカマツ・コナラ林の特徴を有する林分の成立をねらうことができると考えられ、またアカマツの衰退や下枝の落下による林床の光環境の改善が予想されることから、植生及び光環境の変遷の継続的なモニタリング、及び必要に応じた間伐等の管理の必要性が考えられた。また他の植栽緑化法面との植栽密度の比較から、植栽により階層構造が発達した森林の成立をねらう場合には本研究を含めた先行事例を参考として植栽密度を検討する必要性が考えられた。

地域性苗木に期待される特徴として遺伝的多様性の保全のほか、地域固有の遺伝子を有するためその地域の環境によりよく適応していることが挙げられる。しかし本研究では従来の苗木と地域性苗木との成長量や階層構造の発達に関する比較はできなかったため、今後の検討課題として考えられた。

引用文献

- 1) Braun-Blanquet, J. (1964) Pflanzensoziozoologie, 3 Auflage., Springer-Verlag, Wien. (鈴木時夫訳 (1971) 植物社会学 I, II, 朝倉書店), 865 pp.
- 2) 藤澤茂樹・奥隅豊栄・安元信廣・柴田昌三・田中伸一・小沢徹三 (2009) 表土マット移植工法を用いたのり面緑化に関する調査研究 (II). 日本緑化工学会誌, 35(2): 351-356.
- 3) 長谷川秀三 (2006) 根系深さの推定手法. 日本緑化工学会誌, 31(3): 346-351.
- 4) Hotta, K. and Ishii, H. (2015) Evaluation of natural forest restoration project in Kobe City, Japan ten years after planting. Applied Forest Science, 24(1): 15-20.
- 5) Hotta, K., Ishii, H., Sasaki, T., Doi, N., Azuma, W., Oyake, Y., Imanishi, J. and Yoshida, H. (2015) Twenty-one years of stand dynamics in a 33-year-old urban forest restoration site at Kobe Municipal Sports Park, Japan. Urban Forestry and Urban Greening, 14(2): 309-314.
- 6) 石田 仁 (1996) コナラ・アカマツ二次林主要高木性樹種の樹高分布タイプと更新特性. 日本林學會誌, 78(4): 410-418.
- 7) 片桐成夫・千葉喬三・堤 利夫 (1970) 落葉落枝の分解にともなう養分量の変化. 京都大学農学部演習林報告, 41: 106-115.
- 8) 川原田圭介・山田一雄 (2018) 高速道路における地域性苗木の開発と緑化. 日本緑化工学会誌, 43(4): 564-568.
- 9) 気象庁. “過去の気象データ検索”. 気象庁ホームページ. <https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index/php> (参照: 2019 年 2 月 27 日参照)
- 10) 中西 哲・大場達之・武田義明・服部 保 (1983) アカマツ・コナラ林の植生と植物. 中西 哲・大場達之・武田義明・服部 保, 日本の植生図鑑<I> 森林. 保育社, pp. 13-44.
- 11) 日本造園学会 緑化環境工学研究委員会 (2000) 緑化事業における植栽基盤整備マニュアル. ランドスケープ研究, 63(3): 224-241.
- 12) 日本緑化工学会 (2002) 生物多様性保全のための緑化植物の取り扱い方に関する提言. 日本緑化工学会誌, 27(3): 481-491.
- 13) 小宅由似・今西純一・吉田博宣・柴田昌三 (2016) 京都府木津川市の大阪層群切土法面における植栽 18~19 年後の植生及び土壌の解析, 日本緑化工学会誌, 42(2): 308-319.
- 14) 榊原菜々・長島啓子・寫田知帆・高田研一・田中和博 (2015) 自然配植技術による植栽後約 20 年が経過した法面の林分構造 一周辺自然林との類似性一. 日本緑化工学会誌, 41(1): 109-114.
- 15) 重松敏則・森山博光・朝廣和夫・斎田 昇 (1998) アカマツ林における間伐強度の違いが林床とクヌギ・コナラ植栽苗の成長に与える影響. ランドスケープ研究, 62(5): 547-550.
- 16) 寫田知帆・長島啓子・榊原菜々・高田研一・田中和博 (2015) 播種工と自然配植技術による植栽工が 20 年間で形成する群落構造の違い. 日本緑化工学会誌, 40(4): 547-554.
- 17) 武田 宏 (2018) 山腹工施工地におけるケヤマハンノキ植栽による植生誘導, 日本緑化工学会誌, 43(3): 516-520.
- 18) 山田 守 (2009) 斜面緑化における植栽木の成績判定方法のあり方. 日本緑化工学会誌, 34(3): 466-469.

(2019年6月23日受理)