都市近郊コナラ (*Quercus serrata* Thunb.) 二次林における踏圧裸地化した林床植生の復元過程

根本 淳¹⁾・中島敦司²⁾・中尾史郎²⁾・山田宏之²⁾・養父志乃夫²⁾

1) 和歌山大学大学院システム工学研究科 Grad. Sch. of Systems Engineering, Wakayama Univ. UGN75508@nifty.com

2) 和歌山大学システム工学部 Fac. of Systems Engineering, Wakayama Univ.

摘要: 東京都武蔵野台地のコナラ (*Quercus serrata* Thunb.) 二次林3箇所において、踏圧裸地化した林床植生の復元実験を実施した。復元実験は、立入り禁止と開放の二つの条件を設定することで踏圧の有無を制御し、その両条件下で、表土の掻き起し、林床植生成立地からの表土移植、何もしない放置の3条件で実施した。実験の結果、立入り禁止条件では、踏圧の抑制により、開放条件よりも草本層の高さや植被率が高まることが明らかになった。また、表土の移植を立入り禁止条件下で実施することにより、全体種数が増加し、コナラ二次林に本来的な植物の復元も進むことなどが明らかになった。

キーワード: 都市近郊, コナラ二次林, 踏圧, 復元, 立入り制限, 埋土種子

NEMOTO, Jun, NAKASHIMA, Atsushi, NAKAO, Shiro, YAMADA, Hiroyuki and YABU, Shinobu : Studies on restoration process of destroyed floor vegetation due to trampling in secondary *Quercus serrata* Thunb. woodlands in a suburban district.

Abstract : We carried out restoration experiments of destroyed floor vegetation due to trampling in secondary *Quercus serrata* woodlands in Tokyo from June 1998 to October 2002. The results indicated that height and coverage of herb layer increased more in the protected sites than in the not-protected sites. In addition, in the experiment quadrats supplied with transplanted surface soil in developed stand floor, the numbers of species and the percentage of specific species for *Quercus serrata* stands increased more in the protected sites than in the not-protected sites. Transplantation of surface soil in developed stand floor was evaluated effective for restoration of destroyed floor vegetation due to trampling.

Key words : suburban district, secondary *Quercus serrata* woodland, trampling, restoration, site protection, seed bank

1. はじめに

近年、薪炭林や農用林としての利用を放棄された都市近郊二次林が、公園や緑地として整備され、市民に公開される例が増えてきている⁹⁻¹¹⁾。

上記のように二次林が公開されるようになった結果、踏圧による林床植生の裸地化が発生していることが報告されている^{9-11,14)}。しかしながら、踏圧裸地化した林床植生の復元については研究事例が少なく、復元技術の確立には至っていない^{7,8)}。根本ら(2003)⁷⁾は、複数のコナラ二次林分を対象に、複数の復元手法で行った約3ヶ月の実験結果から、復元のポテンシャルの高低が林分規模や周辺人口などに決定されることを指摘した。しかしながら、複数の復元手法間の差異を、より長期間に渡って把握した研究は、現時点ではみられない。

本研究は、1998年6月から2002年10月の5年間にかけて、面積や周辺人口の異なるコナラ二次林3箇所を対象に、複数の手

法によって踏圧裸地化林床の復元実験を行った結果を報告するものである。

2. 実験対象と方法

2.1 実験対象

実験は、東京都武蔵村山市の海道緑地保全地域(以下、「海道」と略記)、東久留米市の南町緑地保全地域(以下、「南町」と略記)、西東京市の碧山森緑地保全地域(以下、「碧山森」と略記)において実施した(図-1)。3箇所とも武蔵野台地上の黒ボク土壌域⁴⁾に成立した平地林であり、植物社会学上は、クヌギ(*Quercus acutissima* Carruthers)・コナラ群集²⁾に位置付けられている。

なお、対象樹林地の選定に際しては、面積や周辺250 m圏人口¹⁷⁾が異なるように配慮した(図-2)。これは、面積と周辺250 m圏人口が、都市近郊二次林の林床植生の状態に強く

図-1 実験対象樹林地の位置

Fig.1 Location of study woodlands.

関与するという知見^{10,11)}にもとづく。

2.2 実験区の設定方法

実験対象林内においては、踏圧によって林床が裸地化した範囲がみられた。裸地化の程度は、A層が裸出して硬く踏み固められた状態であり、植物はほとんど生育していなかった。踏圧によって細かく砕かれていた落葉落枝が、ところどころに斑状に分布していたが、この落葉落枝とA層の間には推移部がなく、落葉落枝の直下は堅く踏み固められたA層となっていた。

上記のように林床が踏圧裸地化した範囲において、以下の方法で、実験区を設定した。

まず、10m×10mの範囲をロープ柵で囲み、立入り禁止区を設置した。

次に、立入り禁止区内に、それぞれ2m×2mの方形区を3区設定した。3区のコドラートのうち、1区では土壌の表層5cmまでの範囲をレーキで掻き起し、「掻き起し区」とした。また、もう1区は、同一林分内で踏圧の程度が低いと考えられ、林床植生が成立している箇所から採取した表土を敷きならし、「表土移植区」とした。残りの1区では何の処理を施さず、比較用の「静置区」とした。

また、立入り禁止区とは別に、10m×10mの範囲の開放区を設定し、立入り禁止区同様に、2m×2mの掻き起し区、表土移植区及び静置区を設置した。ただし、開放区は立入り禁止区とは異なり、立入りによる踏圧を継続させる設定である。このため、人の歩行に影響が出ないように何も設置しなかった。位置については、事後のモニタリング等が可能になるよう、周囲の樹木や立入り禁止区からの距離を記録した。

上記の操作は、1998年6月20～21日に実施した。

土壌の掻き起しを行ったのは、攪乱されることで光条件が改善され、表土中の埋土種子の発芽が促進される効果が期待できるためである^{7,8)}。また、堅密化し固相率が高まった土

図-2 対象樹林地面積、周辺250m圏人口及び周辺250m圏人口一人当りの対象樹林地面積

Fig.2 (a) Area of study woodlands, (b) population living within 250 meters of the study woodlands, (c) area of the study woodlands per person living within 250 meters of the woodlands

壌中に孔隙が増すことで、土壌の保水力向上が期待できる¹⁾ほか、埋土種子由来の植物の根の伸長を助長する効果も期待できる。これらにより、埋土種子由来の植物の成長が促進されることが考えられた。なお、土壌の掻き起しは、土壌硬度値が、山中式土壌硬度計の貫入深で、21.9 mm未満になるまで実施した。これは、21.9 mmを超えると林床植生が裸地化し始めるという知見¹¹⁾にもとづく。掻き起す深さを5 cmとしたのは、森林表土の場合、この深さまでの範囲に、埋土種子数の80%が、そして種数のほぼ全てが含まれるという知見⁶⁾にもとづく。また、「表土移植区」は、表層5cmの表土を20リットル採取し、区内に厚さ5mmに敷きならした。採取する深さを5cmまでの範囲とした理由は上記と同様である。

以降では、立入り禁止区、開放区を、それぞれ、「禁」、「開」と略記し、掻き起し区、表土移植区、静置区を、それぞれ、「掻き」、「表土」、「静置」と略記し、その組み合わせで表記する。例えば、開放区の表土移植区は、「開・表土」と記す。

2.3 林床植生復元状況のモニタリング

林床植生復元状況の把握のため、植物社会学的調査法¹⁶⁾により、草本層の植生調査を実施した。

調査は、まず、上記の実験区設定直前の、1998年6月20～21日に実施した。その後は、2002年の秋季までの5年間、春季から秋季にかけて、2～3回/年の頻度で実施した。

3. 結果及び考察

3.1 林床植生復元の考察のフレーム

林床植生復元状況のモニタリング調査で得られた結果のうち、階層高、植被率及び種数は、林床植生の「量」を示す指標に位置付けられる^{7,8)}。一方、本実験で対象としている、クヌギ・コナラ群集に特徴的な植物の種数等、種組成に関連する情報は、林床植生の「質」を示す指標と位置付けられる^{7,8)}。

以降では、量、質の二つの視点から、復元状況を考察する。

図-3 草本層階層高の経年変化

Fig.3 Changes in herb layer height.

3.2 量の復元

草本層の階層高、植被率及び種数を、量の復元指標とした。まず、図-3の階層高に着目すると、碧山森の禁・静置-開・静置の間に例外がみられる以外、立入り禁止区の値が、開放区の値を下回することはなかった。これは、立入りが制限された結果、植物体が踏圧のダメージを受けずに生育できたためと考えられる。

次に図-4の植被率に着目すると、面積が最大で周辺人口が最少の海道では(図-2)、実験開始2年後の1999年時より、立入り禁止区と開放区の差が出始めた。南町や碧山森でも、5年後の2002年時には、立入り禁止区と開放区の差が見られるようになった。立入り禁止区の方が高い値となった理由については、階層高と同様に、立入りが制限されたことで、植物が踏圧のダメージを受けることなく、順調に生育できたためと考えられる。なお、3箇所の樹林地の比較で、立入り禁止区と開放区の差が明瞭で、かつ早くから差がでたのは海道であった。その理由としては、面積が最大で、周辺人口も少ないため(図-2)、南町や碧山森と比較すると踏圧がより低く、林床植物の種子生産が正常に行われた結果、シードバンクとして蓄えられていた埋土種子量が多かった可能性が考えられる。今後、表土の発芽試験等を行い、埋土種子量の検討を行っていく必要がある。

また、図-5の種数に着目すると、ここでも、海道における立入り禁止条件と開放条件の差が明瞭であり、かつ南町や碧山森よりも早くから差が現れている。1999年の禁・静置と開・静置での例外が見られた以外は、掻き起し区、表土移植区、静置区のいずれの設定でも、立入り禁止条件の方が高い値を

図-4 草本層植被率の経年変化

Fig.4 Changes in herb layer coverage.

図-5 草本層種数の経年変化

Fig.5 Changes in numbers of herb layer species.

示した。なお、3樹林地間で開放区を比較すると、いずれの実験区でも、南町の値が最少であり、海道と碧山森は同程度であった。樹林地面積及び、周辺人口一人当たり樹林地面積が(図-2)、海道 > 南町 > 碧山森 の順番であることを考慮すると、開放条件における種数は、面積の影響を受けていないと推測される。また、3樹林地間で、禁・掻き、禁・表土、禁・静置の3つの設定を比較すると、海道の1999年のように僅かな例外は

見られるもの、禁・表土の値が高く、禁・静置の値が低い傾向がみられる。したがって、本実験の結果から判断する限りでは、立入り禁止区においては、表土移植は種数の増加に効果があったと評価できる。開放区において、表土移植による種数の増加が明瞭でなかったのは、踏圧が継続したために、埋土種子からの発芽が不可能だったか、または発芽できても、植物体が踏みつけにより枯死したためであると考えられる。また、立入り禁止区内において、静置区での種数が最も低かった点については、立入りが制限されていても、掻き起しのよう埋土種子の休眠を解除するかく乱強度が低かったためと推測される。

以上、量の復元について考察した。量の復元が最も明瞭だったのは、海道の禁・表土区であった。その理由としては、表土採取箇所において、シードバンクとして蓄えられていた埋土種子量が豊富であったためと推測される。

加えて、立入り制限には、植物の発芽、生長を阻害する踏圧を抑制する効果があったと考えられた。また、程度と速度には差があるものの、3箇所とも、実験開始5年目の2002年までには、立入り禁止区の方が植被率が高くなる、という結果が得られた。

3.3 質の復元

本研究は、クヌギ・コナラ群集が対象である。したがって、クヌギ・コナラ群集に本来的な種^{5,7,8,10,11,15}が多く出現するほど、質の復元が進んだと考えられる。質の復元状況は、以下の方法によって指標化した。

まず始めに、林床植生復元状況モニタリングで確認された種のうち、同定可能なステージまで成長した77種について、既往文献^{3,5,7,8,10,11,13,15}から生育地属性を調べ、タイプ区分した(表・1)。次いで、各調査区ごとに、上記のタイプ別の百分率の経年変化を整理した(図・6)。

なお、表・1に整理した、生育地属性別の種数と組成を集計すると、クヌギ・コナラ群集に頻出する「コナラ二次林の種群」が最多で、46種、59.7%を占めた。次に多かったのが、クヌギ・コナラ群集の構成種としては本来的ではないとされる^{10,11}、路傍、畑地雑草¹³から構成される「雑草植物種群」で18種、23.4%であった。さらに、武蔵野台地を自生地とはせず³、植栽から逸出したと推測される「逸出植物種群」が、6種、7.8%で続いた。

3箇所の樹林地での条件を統一することは困難であり、初期より樹林地ごとのばらつきは見られるものの、図・6を参照すると、以下の2点が明らかとなる。

まず、第一点目として、表土移植を行う場合、立入り禁止区内で行う方が、質の復元がより進む点である。南町の開・表土区のように、出現種数そのものが少ない区もあるが(図・5)、いずれの樹林地でも、禁・表土の方が、開・表土よりもコナラ二次林の種群が高く、雑草植物種群が低い。換言すると、開・表土区の方が、雑草植物種群の百分率が高いことになるが、この理由としては、雑草植物種群の方が、踏圧を

受けている条件下でも発芽する量が多い可能性が考えられる。

図・6から明らかになった二点目の事項としては、立入り制限を行う場合には、掻き起し、表土移植、静置のいずれの手法の場合においても、大面積の樹林地の方が、質の復元が促進されることである。しかし、同一樹林地内では、禁・掻き、禁・表土、禁・静置を比較すると、特に、禁・静置では、雑草植物種群の割合が高い。したがって、本実験結果から判断する限りは、立入り禁止制限をしたうえで、表土移植または掻き起しを併用することが、質の復元の効果を高めると考えられる。

4. おわりに

本論文では、面積や周辺人口等が異なる3箇所の樹林地を対象に、5年間継続した合計6種類の林床植生復元実験の経過を、林床植生の量と質の二つの視点から考察した。

この結果、表土移植や、立入り禁止による踏圧の抑制が、量的復元、質的復元の双方に効果を及ぼすことが確認できた。また、掻き起し、表土移植、静置等の設定も、立入り禁止一開放の条件間の違いで、応答が異なることが明らかになった。表土移植を立入り禁止条件下で行うことが、量的にも質的に

表-1 確認種の生育環境属性区分

Table 1 Typical habitat of recorded plant species.

属性	種名	生育型	踏圧耐性	属性	種名	生育型	踏圧耐性
コナラ二次林の種群	アカマツ	常緑高木		雑草植物種群	トボシガラ	叢生	
	イヌシデ	落葉高木			ニガナ	叢生	
	ウワミズザクラ	落葉高木			ノガリヤス	叢生	
	エゴノキ	落葉高木			ヒメヤブラン	叢生	
	エノキ	落葉高木			ホソバヒカゲスゲ	叢生	
	クヌギ	落葉高木			ヤブラン	叢生	
	ケヤキ	落葉高木			ミツバツチグリ	匍匐	●
	コナラ	落葉高木			アカネ	つる性多年生草本	
	コブシ	落葉高木			クワモドキ	直立	
	ネムノキ	落葉高木			コナスピ	直立	
コナラ二次林の種群	ムクノキ	落葉高木			ツユクサ	直立	
	ヤマザクラ	落葉高木			ヒナタイノコズチ	直立	
	アオキ	常緑低木			イヌホオズキ	分枝	
	アズマネザサ	常緑低木			ホトケノザ	分枝	
	イヌツゲ	常緑低木			ヨウシュヤマゴボウ	分枝	
	ヒサカキ	常緑低木			コハコベ	叢生	
	ウグイスカグラ	落葉低木			オオバコ	ロゼット	●
	ガマズミ	落葉低木			イヌタデ	一時ロゼット	●
	カマツカ	落葉低木			コオニタビラコ	一時ロゼット	●
	クサボケ	落葉低木			ハナタデ	一時ロゼット	●
	コメウツギ	落葉低木			キンミズヒキ	偽ロゼット	●
	サンショウ	落葉低木			カタバミ	匍匐	●
	ヤマグワ	落葉低木			スズメノカタビラ	匍匐	●
	アオツツラフジ	つる性落葉木本			ツメクサ	匍匐	●
	サルトリイバラ	つる性落葉木本			ネコハギ	匍匐	●
	スイカズラ	つる性落葉木本		逸出植物種群	シュロ	常緑高木	
	ツタ	つる性落葉木本			スギ	常緑高木	
	ツルウメモドキ	つる性落葉木本			トウネズミモチ	常緑高木	
	ノブドウ	つる性落葉木本			タマサンゴ	常緑低木	
	アマチャヅル	つる性多年生草本			ヒイラギナンテン	常緑低木	
コナラ二次林の種群	オニコロ	つる性多年生草本		その他の種群	ヤツデ	常緑低木	
	シオデ	つる性多年生草本			シロダモ	常緑高木	
	ヘクソカズラ	つる性多年生草本			モチノキ	常緑高木	
	ヤマノイモ	つる性多年生草本			ミズキ	落葉高木	
	ヌズビトハギ	直立			ヌルデ	落葉低木	
	ミズヒキ	直立			ノイバラ	落葉低木	
	ジャノヒゲ	叢生			ツルボ	直立	
	タチツボスミレ	叢生			ドクダミ	直立	
	チヂミザサ	叢生

図-6 コナラ二次林の種及び雑草植物の構成百分率の経年変化

Fig.6 Changes in the percentage of specific species for *Quercus serrata* stands and weed plants.

も踏圧裸地化林床の復元には、最も効果的だったと考えられる。しかしながら、その詳細なメカニズムについては不明事項も残り、解明すべき課題も残った。

今後とも、研究を継続し、貴重な緑である都市近郊二次林の保全施策を検討していきたい。

本研究の一部は、財団法人 都市緑化技術開発機構の研究助成を受けたものである。また、本研究においては、株式会社 地域環境計画の中武禎則氏、株式会社 セントラル・コンピューター・サービスの松林健一氏、有限会社 アクタス・プランニングの佐立昌代氏に御助力頂いた。上記の皆様は御礼を申し上げる次第です。

引用文献

- 1) 土壌物理性測定法委員会編 (1972) 土壌物理性測定法, 養賢堂: 505pp.
- 2) 福島司・星野義延・奥田重俊・辻誠治 (1997) 東京都現存植生図 (1997年版), 東京都
- 3) 林弥栄・古里和夫・中村恒雄 (1985) 原色樹木大図鑑, 北隆館: 878pp.
- 4) 国土庁土地局 (1976) 土地分類図 (東京都), 東京都: 39pp.
- 5) 宮脇昭編著 (1986) 日本植生誌・関東, 至文堂: 641pp.+付図・付表
- 6) 中越信和 (1981) 再度山の森林群落における埋土種子集団の研究, 再度山永久植生保存地調査報告書, 第2回: 69-94.
- 7) 根本淳・中島敦司・中尾史郎・山田宏之・養父志乃夫 (2003) 踏圧によって裸地化した都市近郊コナラ二次林における林床植生の復元ポテンシャル, ランドスケープ研究 66(5): 531-536.
- 8) 根本淳・中島敦司・中尾史郎・山田宏之・養父志乃夫 (2004) 踏圧裸地化したコナラ二次林林床復元のための立入り禁止措置の効果に関する実験的研究, ランドスケープ研究 67(5): 559-562.
- 9) 根本淳・養父志乃夫 (1997) 武蔵野台地におけるコナラ二次林の林床植生と土壌硬度の関係, ランドスケープ研究 60(5): 531-534.
- 10) 根本淳・養父志乃夫・中島敦司 (1998) 都市近郊コナラ二次林の林床植生と踏圧, 植生管理, 林分面積及び周辺環境の関係, 環境システム研究 26: 1-11.
- 11) 根本淳・養父志乃夫・中島敦司 (1999) 都市近郊コナラ二次林の林床植生保全に関する研究・東京都・武蔵野台地における事例的研究・, 環境システム研究 27: 339-345.
- 12) 沼田真編 (1978) 植物生態の観察と研究, 東海大学出版会: 275pp.
- 13) 沼田真・吉沢長人編 (1983) 新版・日本原色雑草図鑑, 全国農村教育協会: 414pp.
- 14) 奥富清・星野義延・永島幸夫・小栗太郎・辻誠治・山口洋 (1987) 所沢市の植生, 所沢市: 169pp.
- 15) 奥富清・辻誠治・小平哲夫 (1976) 南関東の二次林植生・コナラ林を中心として・, 東京農工大学演習林報告 13: 55-66.
- 16) 鈴木兵二・伊藤秀三・豊原源太郎 (1985) 生態学研究講座3 植生調査法・植物社会学的研究法・, 共立出版: 188pp.
- 17) 財団法人 日本統計協会 平成2年度国勢調査に関する地域メッシュ統計

(2004.5.15 受理)