

膨軟化竹チップを用いた植生基材の化学的性質の変化

大豆生田萌^{*1)}・田中普章²⁾・高橋輝昌¹⁾・池田昌義³⁾・沓澤武³⁾

- 1) 千葉大学大学院園芸学研究科
- 2) 東海ミツウロコ株式会社
- 3) 日本基礎技術株式会社

摘要：竹繊維膨軟化緑化工法は植生基材吹付工の一種で、膨軟化処理を施した竹チップを他の資材と混合して法面に吹付ける。本研究は、膨軟化竹チップの法面緑化資材としての有効性を評価する一環として、CEC、交換性塩基量、塩基飽和度、EC、全窒素含有率、C/N比を調査した。調査の結果、施工後降雨がほとんどない状態が続いた場合、パーク堆肥主体の植生基材において塩類が過剰な傾向が見られ、これらの流亡や濃度障害が起こる可能性が示唆された。しかし、植生基材に一定量の膨軟化竹チップを混合することで、この問題を軽減・防止することができると考えられ、資源の有効活用、環境負荷の軽減という点で、膨軟化竹チップの法面緑化資材としての有効性が示された。

キーワード：法面、植生基材、化学性、膨軟化、竹

1. はじめに

植生基材吹付工は広く普及している法面緑化工法であるが、生育基盤の安定性を増強させる必要がある場合、基礎工として金網張工を施工する。金網張工には、1) 表層土の固定（表層土砂・礫等の移動防止）、2) 生育基盤の固定（付着力の増強、乾燥収縮によるひび割れの防止）、3) 耐凍上・耐凍結性の増強（金網の剛性による凍上・凍結の影響の緩和）といった効果が期待されている¹⁾。

竹繊維膨軟化緑化工法²⁾は植生基材吹付工の一種で、金網を使わず竹の繊維を利用して生育基盤を安定させる工法である。この工法は、膨軟化処理を施した竹チップ（以下、膨軟化竹チップ）を、他の植生基材と混合して法面に吹付ける。膨軟化処理とは、チップを高圧で圧縮した後急激に減圧することで、チップ自体に膨脹・破裂を起こさせる破碎処理のことである³⁾（写真-1）。これまでの施工の経験上、竹のチップをそのまま用いると、施工の際吹付ノズルがつまりやすくなるため植生基材の3%（重量比）しか混合することができないが、膨軟化処理を施すことによってより多くの竹を利用することが可能となる。近年竹林の拡大が問題となっているが、伐採竹を緑地に施用し消費することで、竹材を資源として有効利用できる。また、金網張工を省略することによって

樹木の生育阻害が回避され¹⁾、さらに工事におけるコスト縮減・工期短縮が可能となる¹⁾。しかし、膨軟化竹チップを混合することによる効果については十分に把握されておらず、検討が必要である。

本研究では、植生基材中の膨軟化竹チップと有機質基材（パーク堆肥）の混合割合を変えることによって、それぞれの化学的性質やその経時変化にどのような違いが見られるのか検証し、膨軟化竹チップの法面緑化資材としての有効性を評価することを目的とした。

2. 試験地及び試験方法

2.1 試験地

試験は、千葉県松戸市千葉大学園芸学部キャンパス内の圃場に模擬的な法面を設置して行った。有機質基材としてパーク堆肥を用い、膨軟化竹チップの割合を体積比で0%（通常の植生基材吹付工）、20%、50%、80%、100%とした5区（以下、0%区、20%区、…100%区）を試験区として設けた。肥料、侵食防止剤は全ての試験区で同量ずつ配合した（表-1）。試験区毎に資材を混合し、防水パン（PP樹脂製、縦750×横585×深さ56mm）に詰めた。本研究では機器を用いて吹付けることが困難だったため、防水パンの容積の倍の体積の植生基材を圧縮して詰めることで植生基材吹付工の代用とした。この防水パンを勾配60°、西向きで土台に固定し模擬法面とした。模擬法面は2010年7月8日に設置した（写真-2）。



写真-1 膨軟化処理を施していない竹チップ（左）と、膨軟化竹チップ（右）

表-1 各試験区の資材の配合量（防水パン1基24.57L当り）

資材	詳細	単位	区分				
			0%区	20%区	50%区	80%区	100%区
有機質基材	バーク堆肥	kg	26.1	20.9	13.0	5.2	0.0
竹材	竹膨軟化材	kg	0.0	2.4	5.9	9.5	11.9
被覆複合肥料	N:P:K=10:18:15	g	49.2	49.2	49.2	49.2	49.2
高度化成肥料	N:P:K=3:3:3	g	49.2	49.2	49.2	49.2	49.2
侵食防止剤	合成樹脂乳剤	g	98.4	98.4	98.4	98.4	98.4



写真-2 施工直後の試験地の様子

竹材には、モウソウチク (*Phyllostachys heterocycla f. pubescens* (Carr.) Mitf.) , マダケ (*Phyllostachys bambusoides* Sieb. et Zucc.) などで、発筍から1年以上経過し、著しい病変・破損が認められないものを使用した。

2.2 試験方法

施工日（2010年7月8日）からほぼ1週毎に、表層から底面までの植生基材をおよそ100g採取して分析試料とした。ECは試料採取後速やかに測定し、他の測定項目については試料を80℃で72時間以上乾燥させ、分析に供した。

ECは水浸出法⁴⁾（生土:H₂O=1:5）、全炭素含有率・全窒素含有率・C/N比はCNコーダー（MT-700：ヤナコ分析工業株式会社）を用いCNコーダー法⁹⁾で、それぞれほぼ1週毎の試料について測定した。また、CECはセミマイクロSchollenberger法⁵⁾の10%KCl抽出液を用いインドフェノール青法³⁾で測定した。インドフェノール青法については、アンモニア態窒素の濃度が高かったため、市川ら（2002）を改変し、10%KCl抽出液を10倍に希釈して行った。交換性塩基量は、セミマイクロSchollenberger法の1mol酢酸アンモニウム抽出液を用いICP発光分析装置（ICPS-7510：島津製作所）で測定した。CECと交換性塩基量については、2週間から1ヶ月毎に測定した。また、交換性塩基全量とCECから塩基飽和度を算出した。

試験期間中の気象については気象庁の観測データを参照

表-2 試験期間中の月毎の合計降水量と平均気温

	7月	8月	9月	10月	11月
合計降水量(mm)	77.0	8.5	468.5	223.5	89.5
平均気温(℃)	26.5	28.3	23.5	17.1	11.0

し、松戸に最も近い我孫子のものを用いた。試験期間中の月毎の合計降水量と平均気温を表-2に示す。

3. 結果と考察

CECの変化を図-1に示す。膨軟化竹チップのみの100%区のCECは他の試験区よりも低い値を示す傾向があったが、100%区以外の試験区間の差は不明瞭であった。腐植はCECが高く¹⁾、有機質基材として混合したバーク堆肥は腐植を多く含む。そのため、バーク堆肥の割合が多い試験区ほど高いCECを示すと思われたが、そのような傾向は明確には見られない結果となった。また、経時的にはいずれの試験区でもCECは微増しており、施工後5ヶ月を過ぎた時点で、全ての試験区で20cmolc kg⁻¹以上を示した。特に、80%区、100%区で大きく増加する傾向があった。CECの経時的な増加は、有機物の分解によって腐植が生成されたためと考えられ、中でも未分解有機物である膨軟化竹チップの割合が多い試験区で盛んに行われたと推察された。

各交換性塩基量の変化を図-2に示す。Na⁺、K⁺、Mg²⁺、Ca²⁺いずれもバーク堆肥が多い試験区で値が大きかったことから、植生基材中の交換性塩基の多くはバーク堆肥由来だと考えられた。腐植の交換基は1価の陽イオンとの結合力は弱く、2価の陽イオンとの結合力は強いという特性がある¹⁰⁾。1価の交換性塩基であるNa⁺、K⁺の減少は9月2日から9月30日にかけて顕著だったが、これは9月以降の降雨によって（表-2）、植生基材の保肥力に対して過剰な分が流亡したためと考えられた。また、試験期間を通してNa⁺、K⁺はほとんど増加しなかったことから、新たに生成されるNa⁺、K⁺は非常に少ないと推察された。一方、2価の交換性塩基については、最初から含まれていたMg²⁺、Ca²⁺は降雨によって流亡せず、さらにバーク堆肥中の有機物の分解に伴って新たに生成されたMg²⁺、Ca²⁺も腐植の交換基に吸着されたため、緩やかに増加したと考えられた。

塩基飽和度の変化を図-3に示す。塩基飽和度は、バーク堆

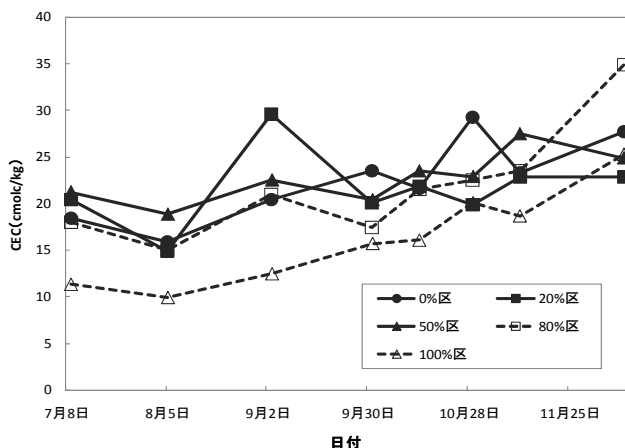


図-1 各試験区における CEC の施工後の推移

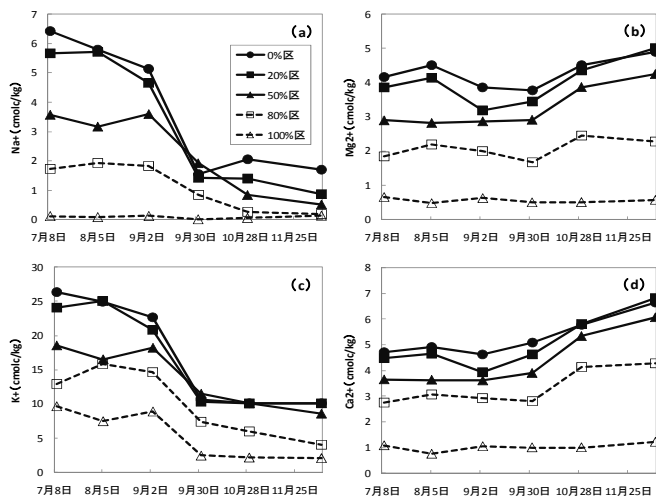


図-2 各試験区における交換性塩基量の施工後の推移

(a) Na⁺, (b) Mg²⁺, (c) K⁺, (d) Ca²⁺

肥が多い試験区ほど高い値を示す傾向があった。特に、7月8日(施工日)から8月5日までの0%区、20%区では200%前後の値を示した。施工後2ヶ月は降雨がほとんどなかったことから(表-2)、交換性塩基が流亡せず植生基材に集積したためと考えられた。塩基飽和度が100%を超える土壌では塩類集積することがあるが、膨軟化竹チップを植生基材に混合することで、塩類集積の可能性が低下すると思われた。また、試験区毎の施工後5ヶ月間の推移を見ると、0%区、20%区の塩基飽和度は8月5日から9月30日にかけて大幅に減少し、9月30日以降は100%前後の値を示した。一方、50%区では値が約140%から80%まで緩やかに減少した。80%区、100%区においても値は減少し、施工から5ヶ月経過した時点で80%区は約30%、100%区は約15%となった。いずれの試験区においても塩基飽和度が減少したのは、CEC(図-1)が緩やかに増加した一方、交換性塩基量が減少したためであると思われた。

ECの変化を図-4に示す。ECは概ねパーク堆肥が多い試験

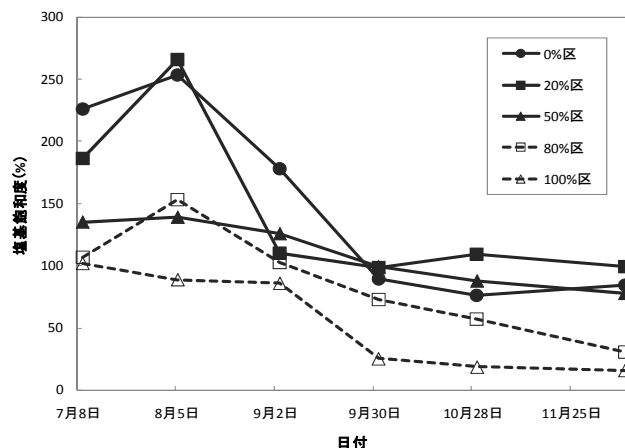


図-3 各試験区における塩基飽和度の施工後の推移

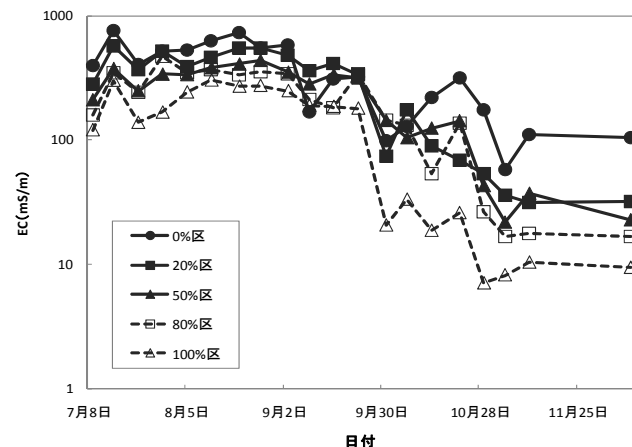


図-4 各試験区における EC の施工後の推移

区ほど大きい値を示した。特に0%区、20%区においては、7月8日(施工日)から9月2日までは約300~700 mS/mと非常に大きい値を示した。この期間、これらの試験区ではいずれも塩基飽和度が100%を超えていたことから(図-3)、交換基に吸着されないイオンが塩類になって集積したため、ECが非常に高い値を示したと考えられた。また、塩類濃度が高いと土壌溶液の浸透圧が上昇し、種子の発芽率の低下や植物の生育阻害といった濃度障害を引き起こす²⁾。よって、植生基材に膨軟化竹チップを混合することで、高塩類濃度による障害(濃度障害)が起こる可能性を低下させることができると考えられた。また、経時的な変化を見ると、ECはいずれの試験区でも9月2日まで高い値を示し、その後9月9日と9月30日に大きく減少した。9月30日以降は増減を繰り返しながら減少していき、11月4日以降はほとんどの試験区で100 mS/m以下に収束した。これは降雨による減少と考えられた(表-2)。0%区、20%区に比べ、50%区、80%区、100%区では減少の程度が小さく抑えられたことから、植生基材に一定量の膨軟化竹チップを混合することで、塩類の流亡を軽減することができると考えられた。

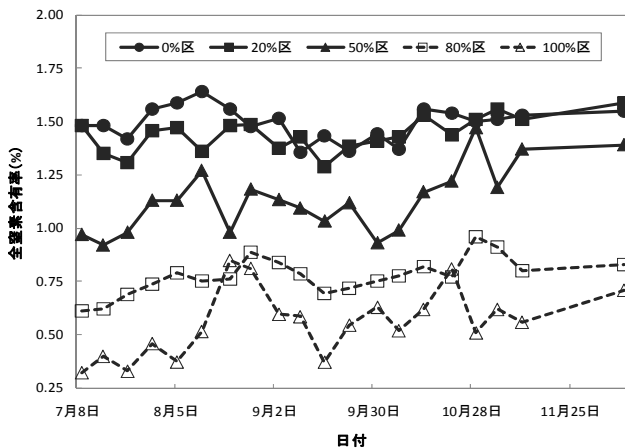


図-5 各試験区における全窒素含有率の施工後の推移

全窒素含有率の変化を図-5に示す。全窒素含有率はパーク堆肥が多い試験区ほど高かった。0%区、20%区では値はほぼ変化せず、50%区、80%区、100%区では増加した。微生物による窒素固定は、無機態窒素が豊富な環境では行われにくく、無機態窒素に乏しく有機物が豊富な環境で活発に行われる⁶⁾。このため、膨軟化竹チップの割合が多い試験区で窒素固定が盛んに行われ、値が増加したと考えられた。

C/N比の変化を図-6に示す。C/N比はパーク堆肥が多い試験区ほど小さい値を示した。0%区、20%区では試験期間を通して値はほとんど変化せず、50%区、80%区、100%区では減少した。50%区、80%区、100%区においては、膨軟化竹チップの混合割合が大きいかほど値の減少は大きかった。また、50%区は施工後4ヶ月で0%区、20%区と同程度の値を示した。植物発生材を土壤に施用した場合、施用後1~2年目にかけて活発な分解特性を示し、3~4年目で分解活性は弱まるという報告があり⁸⁾、本研究でも今後更に分解が進行し、50%区、80%区、100%区のC/N比は減少すると思われる。

4. まとめ

本研究は、植生基材中の膨軟化竹チップと有機質基材（パーク堆肥）の混合割合を変えることによって、それぞれの化学的性質やその経時変化にどのような違いが見られるのか検証し、膨軟化竹チップの法面緑化資材としての有効性を評価する一環として、CEC、交換性塩基量、塩基飽和度、EC、全窒素・全炭素含有率、C/N比を調査した。

調査の結果から、施工直後に降雨が少ない状態が続いた場合、パーク堆肥主体の植生基材で塩類が過剰な傾向が見られ、これらの流亡や濃度障害が起こる可能性が示唆された。しかし、植生基材に一定量の膨軟化竹チップを混合することにより、この問題を軽減または防止することができると考えられ、資源の有効活用、環境負荷の軽減という点において、膨軟化竹チップの法面緑化資材としての有効性が示された。

本研究では化学的性質に着目して調査を行ったが、今後、

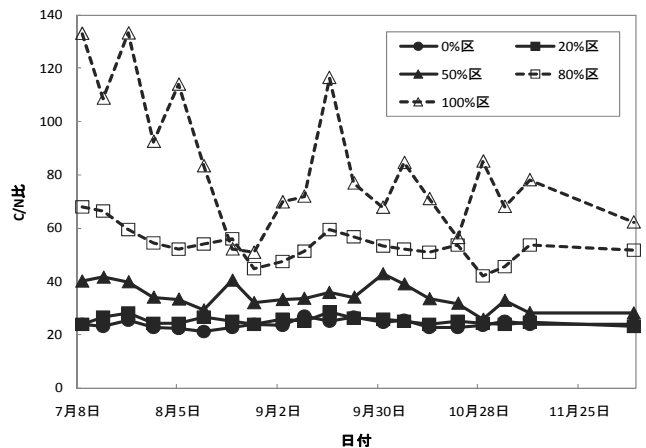


図-6 各試験区におけるC/N比の施工後の推移

物理的性質や植物への影響などについても試験を行い、今回の結果と併せて膨軟化竹チップの法面緑化資材としての有効性を総合的に評価したい。

謝辞：本研究を行うにあたり、千葉大学園芸学研究科の小林達明教授、加藤頭助教、日本基礎技術(株)の皆様にご助言、ご協力を頂きました。本研究の一部は科学研究費補助金（課題番号21580024）により行われました。厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 1) HENRY D. FOTH (1981) 土壌・肥料学の基礎、江川友治監訳、養賢堂、pp. 144-147.
- 2) 堀江保夫 (1995) のり面緑化の植物とその特性、小橋澄治・村井宏編、のり面緑化の最先端、ソフトサイエンス社、pp. 105-119.
- 3) 市川貴大・高橋輝昌・浅野義人・小林達明 (2002) インドフェノール青法によるアンモニア態窒素の簡易定量法の検討、日本緑化工学会誌、27(4) : 623-626.
- 4) 亀和田國彦 (1997) 電気伝導率、土壌環境分析法編集委員会編、土壌環境分析法、博友社、pp. 202-204.
- 5) 亀和田國彦 (1997) 土壌交換能、土壌環境分析法編集委員会編、土壌環境分析法、博友社、pp. 208-215.
- 6) 木村真人 (1997) 土壌の生物性、久馬一剛編、最新土壌学、朝倉書店、pp. 69-70.
- 7) 日本基礎技術株式会社 HP <http://www.jafec.co.jp/>
- 8) 佃千尋・加藤陽子・高橋輝昌・小林達明 (2008) 公園に敷き均された剪定屑チップ材の分解特性と土壌の化学的性質の変化、日本緑化工学会誌、34(1) : 235-238.
- 9) 山田裕 (1997) 炭素：乾式燃焼法、土壌環境分析法編集委員会編、土壌環境分析法、博友社、pp. 222-231.
- 10) 山根一郎 (1984) 土壌学の基礎と応用、農山漁村文化協会、pp. 48-66.
- 11) 古田智明・吉田寛 (2002) 金網張工を省略した植生基材吹付工、日本緑化工学会誌、28(1) : 193-196.

(2010. 7. 11 受理)