

論文の内容の要旨

生産・環境生物学専攻

平成 12 年度博士課程進学

氏名 小野 芳

指導教官名 武内 和彦

論文題目 Growth of Selected Urban Trees, and Decomposition and Utilization of Woody Resources

(和訳 いくつかの都市樹木の生長、および木質資源の分解・利用)

都市緑地は多様な環境保全機能を有していることから、都市環境の維持緩和に必要不可欠である。特にメトロマニラを含む熱帯モンスーン気候にある東南アジア諸国の都市においては、都市緑地による気象緩和効果が高いことから、積極的な緑化政策を行っていく必要がある。

緑地の重要な構成要素である植物は生長をするために、都市緑地の機能を維持するには適切な管理が必要である。樹木は葉や枯れ枝を落とすために都市環境ではこれを除去する必要があり、時に枝の伸長は交通の障害になるので剪定をしなければならない。このような管理作業は莫大な植物廃材を生んでおり、以前は主に焼却処分されていたが、廃棄物処理問題や資源の有効利用の観点から、その利用が求められている。熱帯モンスーン都市においては、温帯都市に比べて植物生産力が高いために、緑地から発生する植物廃材の発生量が多いと考えられ、その有効利用の必要性がより高いと考えられる。

本研究は、熱帯モンスーン気候下の大都市であるメトロマニラと温帯気候下の大都市である東京を比較し、以下のような検討を行うことで、今後の都市緑化政策に資する知見を得ることを目的とした

- 1) 都市樹木の生長の特徴を把握し、管理に伴う植物廃材の発生量を推定すること。
- 2) 剪定枝廃材を堆肥・マルチとして利用したときの生分解過程を解析すること。
- 3) 廃材木炭の水質浄化、土壌改良の利用可能性を検討すること。

1. 都市樹木の生長

メトロマニラで最も一般的に緑化樹木として用いられている落葉広葉樹であるナツラ (*Pterocarpus indicus* Willd) および マホガニー (*Swietenia macrophylla* King) の胸高直径をフィリピン大学ロス・バニョス校構内で計測し、日本での東京大学本郷構内で計測された樹木調査の中から、日本の都市緑化に最も多く用いられている樹種のひとつであり、落葉広葉樹であるケヤキ (*Zelkova serrata* (Thunb. Ex Murray) Makino)の資料を用い、両者の生長の特徴を把握した。また、バイオマス換算式を用いてバイオマス増加量を算出し、剪定枝等廃材の発生ポテンシャル量を推定した。

その結果、熱帯の2樹種とケヤキの胸高直径を比較すると、前者の増加はケヤキに比べて著しく大きかった。日本の都市緑地においては、高木1本当たり乾燥重量換算で年間約20kgの剪定枝等廃材が発生するという報告がある。本研究で得られたケヤキの枝のバイオマス増加量の直径70cm以上の平均と一致していたが、それまでの間は約10kgまでほぼ単調に増加していた。ナツラとマホガニーの枝のバイオマス増加量は、直径30cm~40cmの約30kgで一旦極大となり、その後70cmまで減少し、70cm以降は36kgから130kgまでの値をとっていた。70cm以降はサンプル数が少ない上に直径が大きいと誤差が強調されてしまうため、正確な値が求められなかったが、ナツラおよびマホガニーの廃材の発生量は、おおよそ高木1本あたり30kg程度であろうと推定された。

2. 木質資源の分解過程

植物廃材の堆肥・マルチとしての利用は、現在最も一般的に用いられている方法で、どちらも木質の分解・土壌有機物への変性過程である。堆肥やマルチの効果、土壌有機物の土壌物理性および化学性の維持効果に関する研究は多いが、それらの効果発現のメカニズムに関係が深い木質資源の土壌有機物への変性過程については、研究がまだ十分されていない。そこで本研究は、フィリピンではナツラとマホガニーの、日本ではケヤキの樹木チップを野外に堆積し、リターバッグ法を用いた生分解のモデル実験を行い、その重量および成分変化(抽出成分、構成糖、リグニン含有率、リグニンの芳香核構造、炭素・窒素含有率)を定量的・定性的に解析することにより、両環境下での堆肥・マルチとしての利用可能性を考察した。

その結果、ケヤキチップの細胞壁成分の重量減少は、堆積底部のチップでは四季を通してほぼ一定の割合で減少し、堆積表層では6ヶ月ほど減少が見られなかったが、その後は底部とほぼ同様の割合で減少した。ナツラとマホガニーの細胞壁成分の重量は、乾期に底部で雨期に表層部で著しい減少が見られた。表層部と底部の平均を樹木チップ全体の値と考えた場合、チップ全体の細胞壁成分の重量減少は実験開始後10ヶ月間でケヤキは23%、ナツラとマホガニーは40%で、後者の減少率が著しく大きかった。

実験期間中、ケヤキチップでは細胞壁多糖の分解に伴うリグニン含有率の増加、リグニンの縮合化が見られ、リグニンの絶対量はわずかに減少していた。ナツラとマホガニーのチップでは乾期に細胞壁多糖の分解に伴うリグニン含有率の増加とリグニンの縮合化が見られたが、雨期にリグニンの絶対量の減少とともに縮合型リグニンの減少が認められた。リグニンは縮合とともにカルボキシル基が導入され、水可溶化することを示した既報を支持する結果となった。また、窒素に関しては、ケヤキチップの窒素含有率・絶対量はともに増加し、土壤微生物などによってチップへ窒素が移動していることが示された。一方、ナツラとマホガニーチップの窒素絶対量は減少傾向にあり、窒素供給源となると考えられた。

以上から、ケヤキチップは窒素飢餓の危険があるために植栽地でのマルチとしての利用には不向きであり、堆肥化するか雑草防除やクッション材としての敷きならし利用に適していると考えられた。今回実験に用いた熱帯の2樹種は、分解が早いために早期に減量でき、その際窒素分も容易に失われるので、植栽地でのマルチとしての利用も可能であると考えられた。リグニンは二酸化炭素として完全に分解せずに縮合・高分子化し、水可溶化して流出除去されるとすると、炭素固定の観点からも木質資源を焼却せずに堆肥・マルチとして利用する意義が大きいと考えられる。

3. 炭の水質浄化・土壌改良資材としての利用

炭はその多孔性の特徴から、近年では燃料としてよりも水質浄化や土壌改良剤としての利用方法が見直され、その効果が多く研究者によって示されており、日本では様々な自治体や NGO などでの試みを実際になされている。一方、フィリピンでは排水設備が不十分なことから、水質汚染が深刻で、簡便に行える炭による水質浄化が有効ではないかと考えた。炭は目詰まりによって浄化能が低下するので、定期的に新しい炭と交換することが必要である。水質浄化資材として使用した炭を土壌改良剤として使用すれば、吸着した栄養塩類も土壌に還元できるため、有効な方法であるのではないかと考えたが、このようなシステムを実際に研究した例はない。そのため本研究では、主に水質浄化に用いた炭の土壌改良剤としての利用可能性に焦点をおいて実験を行った。フィリピン大学ロス・バニョス校近隣の2つの小河川において、上流から河口にかけてそれぞれ4箇所調査地を設けて水質を測定し、それぞれに木炭（イピルイピル、*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit）およびココナツシエル炭（*Cocos nucifera* L.）を設置し、3ヵ月後および6ヵ月後に炭を回収した。3ヵ月後に回収した炭は、炭の種類と回収した場所ごとに別々に土壌に体積率5%、10%の割合で混入し、ムングビーン（*Vigna radiata* L.）の生育試験を行った。

その結果、下流に行くにしたがって水質の悪化が見られた。回収した炭の化学特性を分析したところ、pHの減少が見られ、電気伝導度および、カリウム、マンガン含有率も概ね減少していた。カルシウム、窒素およびリン酸含有率も概ね減少傾向にあったが、下流に設置してあった一部の炭で増加が見られた。ムングビーンの生育試験の結果、炭を混入した土壌で生育したものは

対照区に比べて葉数が多かったが、乾燥重量は対照区を下回ったものもあった。下流から回収した炭のほうが顕著に生育を促進した。

以上から、水質浄化に炭を用いる場合には前もって水洗し、炭に含有した物質の流出による水質の汚染を防ぐ必要があることが示された。水質が悪化していた場所では炭の化学特性の変化から主に窒素・リン酸の吸着が認められ、植物の生育にもその差が認められた。

以上を要するに、本研究では以下の結論が得られた。

- 1) 熱帯都市樹木ナツラおよびマホガニーの生長は温帯都市樹木ケヤキに比べ著しく早いことが確認され、熱帯都市の緑地管理の重要性、植物廃材の発生ポテンシャル量が多くその有効利用を図っていくことの必要性が再確認された。
- 2) ナツラおよびマホガニーチップの分解はケヤキに比べて非常に早いことが確認された。
- 3) ナツラおよびマホガニーは、設備と手間が必要な堆肥化を行わなくても、チップ化しマルチ資材として利用した場合に、速やかに窒素などの養分の供給、土壌有機物の形成が起こると考えられた。
- 4) ケヤキは窒素飢餓が起こる可能性があるために、植栽にはマルチ資材として用いず、雑草防除やクッション材などとして用いるべきであると考えられた。
- 5) 樹木チップの生分解過程で、リグニンは縮合化とともに水可溶化し、流出除去されている可能性が示され、従来一般の認識においてはリグニンの消失はリグニンが二酸化炭素まで分解されたと考えられていたことに疑問を投じた。
- 6) リグニンの大部分が生分解を受けずに、永年土壌や水中に存在すると考えると、木質資源を焼却処分せずに堆肥・マルチとして利用することに炭素循環の観点からも意義があることが示された。
- 7) 炭による水質浄化、水質浄化に用いた炭の土壌改良資材としての再利用のシステムは、水質がかなり汚濁している場所で効果があることが示された。
- 8) 以上の知見を、今後の緑地管理の中で活用し、都市緑地から発生する木質資源の最適な利用方法を検討していくことが望まれる。