

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 18 日現在

機関番号：12401

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21360232

研究課題名（和文） 河川の樹林化・草原化に及ぼす土壌栄養塩特性と供給源の把握と河川に向けた提言

研究課題名（英文） Characteristics and sources of soil nutrients for the floodplain forestation and a proposal for the management

研究代表者

浅枝 隆 (ASAEDA TAKASHI)

埼玉大学・大学院理工学研究科・教授

研究者番号：40134332

研究成果の概要（和文）：河川の砂州の樹林化は、砂州の生態系を乱すだけでなく、治水上も大きな問題である。砂州の土壌は元々貧栄養で、特に窒素分が不足する。窒素分は大気負荷の他に、洪水時の冠水、窒素固定によって供給され、植物は、生長、枯死、分解の過程を繰り返しながら、群落を拡大していく。砂州上での窒素固定の特性等を明らかにし、木本類、草本類に分けて、植物を介して循環する窒素量を評価し、植物量の変化を予測するモデルを開発した。

研究成果の概要（英文）：Floodplain forestation in a river channel increases the risk of floods and also deteriorates the original ecosystem. The soil of a floodplain is usually sterile and has very limited in nitrogen content. Therefore, plant succession in the floodplain is largely governed by the availability of soil nitrogen. The nitrogen pool in the floodplain soil expands due to atmospheric fallout and microbial N-fixation. However, the nitrogen enrichment in soil and its processing at the plant-soil interface is often intervened by the flooding events. After evaluating these processes, the prediction model of the plant succession was developed.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	7,200,000	2,160,000	9,360,000
2010年度	4,500,000	1,350,000	5,850,000
2011年度	1,400,000	420,000	1,820,000
年度			
年度			
総計	13,100,000	3,930,000	17,030,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・水工学

キーワード：河川管理、樹林化、窒素、ヤナギ、ニセアカシア

1. 研究開始当初の背景

河川の樹林化は、洪水流下能力の低下や河川生態系の破壊だけでなく、伏流水を減少させることによって自浄能力を著しく低下させるなど、様々な問題を引き起こす。樹林化の軽減対策として現状では、樹木の伐採・根の掘り出し、上流の

ダムからの人工放流等が行われているが、それらをどの程度の頻度で行えばいいのか等の指針は整備されていない。その原因のひとつとして、樹林化対策計画をたてるために不可欠な樹林化進行を予測するモデルが整備されていないことがあげられる。

樹林化進行予測モデルの作成に必要な知見のうち、これまでの研究から、冠水頻度の低下や河道改修による滞筋の固定化、ダム等の建設による土砂供給の減少等の環境要因が河川の砂州の樹林化の原因であることは分かっている。しかし、樹林化の過程を予測するには、環境要因の分析だけでなく、樹林群落を構成する樹木や草自体の生長を予測することが不可欠であり、その為には、支配因子の影響を含む植物の生長予測モデルが必要である。

レキや砂で構成される砂州では、基質となる有機質の土壌が少なく、河道内が草原化・樹林化していく初期の段階での草本や樹木の生長律速因子は、主に土壌の水分量や栄養塩量であると考えられる。

樹林群落が十分発達すると、日射が律速因子となるため、植物群落がより大型のものへ遷移していく。従って樹林化における樹木や草本自体の生長を予測する上で、ある段階までは水分や栄養塩類が律速条件となり、それ以降は日射が律速条件となるとの仮説が成立する。この仮説にたてば、栄養塩類や水分を律速条件とする生長の予測を行うことで、樹林化の進展に重要な、初期段階における樹林化構成植物群落の生長予測が可能となる。

草本植物個体の成長については、本研究代表者らによって、様々なモデルが多数提案されている(Asaeda & Karunaratne 2000; Asaeda et al, 2005 など)。一方、様々な木本類の形態的特性については、胸高直径の指数関数(アロメトリー関係)で広く表せることが知られている(Cleugh, 1989 など)。これらの関係を基にして、個体群モデルを開発することで、生長を含んだ植物群落の予測モデルの開発が可能になる。

2. 研究の目的

本研究では、以上のようなモデルを核として、河道内の樹林化の進行を記述するモデルを開発することで、効果的な樹林化対策に貢献することを目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、仮説の証明のために、砂州の草本類および樹木に対して、生長を律速する因子の究明を行った。次に、既に開発済みの草本類モデルの改良やアロメトリー関係を用いた樹木成長モデルを開発し、さらに、植物の枯死体や有機物が土壌の水分

や栄養塩の変化に与える影響を評価、また、それが植物の生長に与える影響を評価した。以上の結果を元に、砂州の樹林化の評価・予測モデルを作成する。その後で、既存の河川モデルとの連結し、実用化を行なった。

観測によるデータ収集

木本類の観測：樹木の年間の生長がほぼ終了する秋に、問題を生じさせている代表種(ニセアカシア、カワヤナギ等)について、様々な樹齢の個体に対し、組織別の乾燥重量を求めた。

草本類の観測：砂堆積区間、レキ区間、有機土壌堆積区間等においてコドラートを設け、草本類のサンプルを採取し、種類に分類し乾燥重量を求めた。

これらの植物サンプルについては、乾燥後、炭水化物、窒素、リン等の含有量を分析し、各組織における濃度を測定し、個体の成長に必要な栄養塩量を評価した。

(環境条件の把握)

砂州上における、冠水頻度の分布を計測し、さらに、土壌サンプルを採取、また、根圏の深度等を測定、さらに、実験室内において、土壌の粒径分布、水分含有率、栄養塩含有量、有機物含有量等を測定した。さらに、密な樹木群落内では光強度の分布を測定した。

(分解速度の評価)

砂州上のセルロース量の異なるいくつかの植物に対し、リターバッグによる実験を行って、分解速度を求めた。

(樹木および草本類の生長における律速因子の把握)

砂州上の冠水頻度の分布、地下水位の分布、樹木や草本類の生えている根圏土壌の水分量、栄養塩量と、植物体中の栄養塩濃度、C/N比、C/P比等の比較、土壌中の利用可能な栄養塩量と、植物の成長に必要な栄養塩量との比較、砂州上の水分や土壌特性の分布と砂州上の植物種およびバイオマスの分布の比較、また、光環境の差による成長量の相関等との比較により、植物の律速因子を特定した。

(窒素固定量の把握)

クズ、イタチハギ等の窒素固定植物種と非固定植物種の窒素安定同位体比から、窒素固定植物種体内の全窒素中、窒素固定量の割合を求め、冠水頻度、土壌中の窒素濃

度等の関数として表現した。

解析およびモデリング：

以上の結果を用いて、以下に従って、砂州上の植生のバイオマスの変化を予測するモデルを作成した。

(樹木個体のバイオマスの予測モデルの開発)

樹種ごとに、様々な樹齢の個体データから、胸高直径に対する、樹高、樹幹幅および組織別のバイオマスとアロメトリーの関係について求め、さらに、年輪より求めた個々の木の樹齢より、アロメトリー式に基づく、樹木の生長モデルを作成した。さらに、栄養塩濃度を掛けて、栄養塩収支式を求めた。

(草本類のバイオマス予測モデルの開発)

草本類のデータより、草本類のバイオマスを、砂州上の代表粒径、栄養塩濃度、樹木の陰影の関数として求める経験式を開発した。

(樹木活着密度モデルの開発)

砂州上のそれぞれの標高、土壌代表粒径、冠水履歴より、対象とする樹木種に関して、経験的に、洪水時に活着、その後生長に伴い変化する、樹木密度を評価するモデルを作成した。

(栄養塩循環量評価モデルの開発)

上記植物生長モデル、栄養塩濃度のデータより、木本類、草本類を介した栄養塩量(窒素量)を評価するモデルを作成した。また、これに窒素固定量の評価式、大気負荷量の評価式を導入して、土壌栄養塩量の評価モデルを作成した。

(洪水時の樹木枯死モデルの開発)

荒川熊谷砂州で観測された2007年洪水前後の樹木分布のデータより、ニセアカシア、カワヤナギ等の代表種に対して、土壌表面の洗掘量の関数として、樹木枯死量を評価するモデルを作成した。

洪水流モデルとの連結および応用

開発される樹林化モデルを既存の洪水流、砂州予測モデルに組み込み、開発されたモデルを用いて、荒川の砂州に適用し、現状の解析を行うことでモデルを検証を行なった。

4. 研究成果

(1) 代表的樹種の生長に関するアロメトリー式

樹木形態と樹齢に関するアロメトリー関係は、表1のように得られた。

表1 樹木形態と樹齢のアロメトリー関係

	ヤナギ類 (タチヤナギ、カワヤナギ)	ニセアカシア	アキグミ
DBH(cm)と樹齢(yrs)	$DBH = 0.278AGE^{1.96}$	$DBH = 0.169AGE^{2.04}$	$DBH = 0.761AGE^{1.29}$
樹高(cm)	$H = 22.9 AGE^{1.99}$	$H = 118.7 AGE^{0.701}$	$H = 73.1 AGE^{0.6917}$
AGB(葉を除く)(kgDW)	$AGB = 0.08DBH^{2.27}$	$AGB = 0.08DBH^{2.27}$	$AGB = 0.08DBH^{2.27}$
BGB(kgDW)	$BGB = 0.11DBH^{2.79}$	$BGB = 0.11DBH^{2.79}$	$BGB = 0.11DBH^{2.79}$
葉のバイオマス Leaf(kgDW)	$Leaf = 0.0147 DBH^{2.13}$	$Leaf = 0.0147 DBH^{2.13}$	$Leaf = 0.0147 DBH^{2.13}$
樹冠の直径 C_D (cm)	$C_D = 122DBH^{0.416}$	$C_D = 94.6 DBH^{0.668}$	$C_D = 153DBH^{0.392}$

Asaeda et al. (2010, 2011)

ここで、AGEは樹齢(yrs)、DBHは胸高直径(cm)、Hは樹高(cm)、Leafは葉の乾燥重量(kgDW/ind)、 C_D は樹冠幅(cm)を表す。

(2) 藪化・樹林化の進展に大きく影響する草本類のバイオマス量を把握するために、バイオマスと土壌栄養塩や河床材料等の環境要素に対し、それぞれ図1および図2のように得られた。ここで、白印は他の律速条件に支配されないもの、黒印は他の律速条件に支配されたバイオマス量である。これらの観測結果から、草本類バイオマスに関する経験式を作成した。

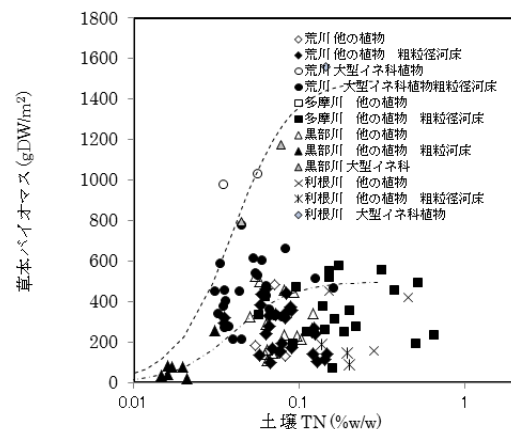


図1 草本類バイオマスと土壌窒素濃度の関係

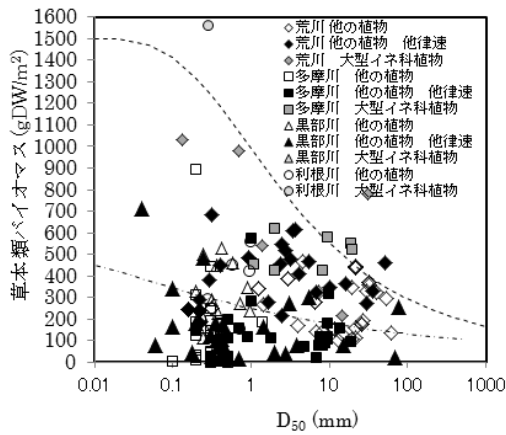


図2 草本類バイオマスと土壌粒径の関係

(3) 窒素固定量の評価

クズについて、空中窒素固定細菌と共生する種について、摂取窒素量に占める空中窒素の占める割合は図3のように得られ、この結果より評価式を求めた。

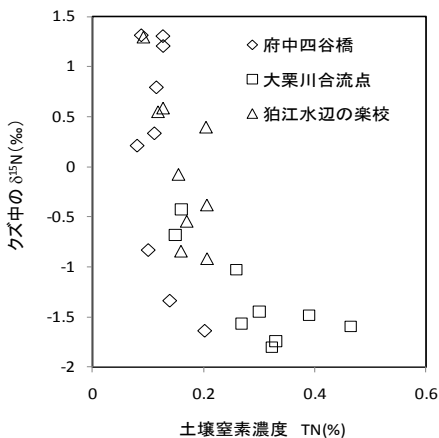


図3 クズ体内中の窒素のうちの窒素固定による割合

(4) 窒素循環モデルの開発

図4に示されるような、砂州上の窒素収支モデルを作成した。

以上の結果を基に、初期条件の下、窒素供給量から草本類バイオマスを求め、さらに植物を介した窒素循環も含めた窒素収支より植物量を評価するモデルを作成した。

図5は、例として、代表粒径0.2mm、初期窒素濃度275gTN/m²を仮定した場合に、ニセアカシアの群落内外の草本類バイオマスの経年変化のシミュレーション結果である。ニセアカシアの陰になる場合には、8年程度で草本類バイオマスはほぼゼロになるのに対し、樹木のない場所では、急激に増加していくことが示される。

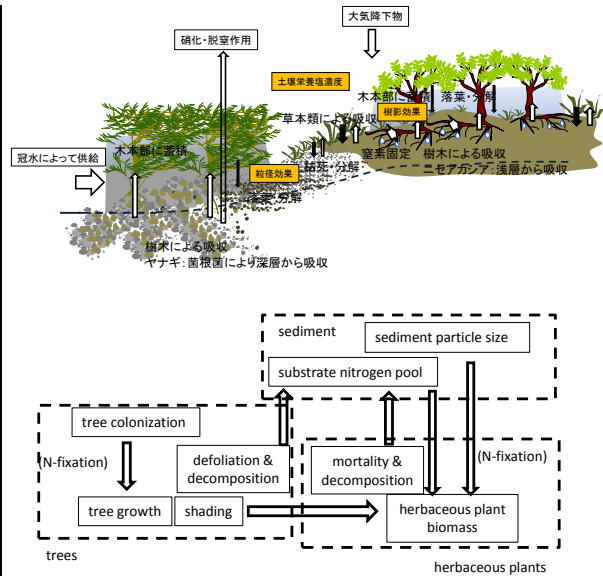


図4 砂州上の窒素収支モデル

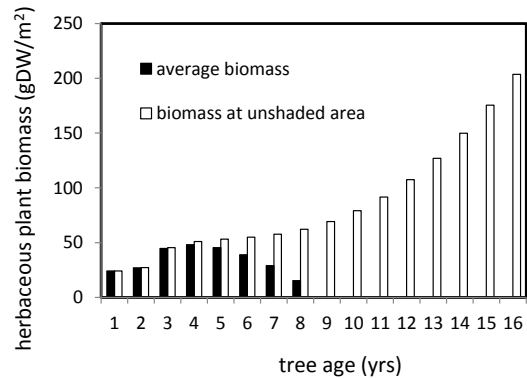


図5 代表粒径0.2mm、初期窒素濃度275gTN/m²の場合の草本類バイオマスの経年変化

また、その際のニセアカシア群落内の土壌中の窒素を吸収する主体を示したものが図6である。

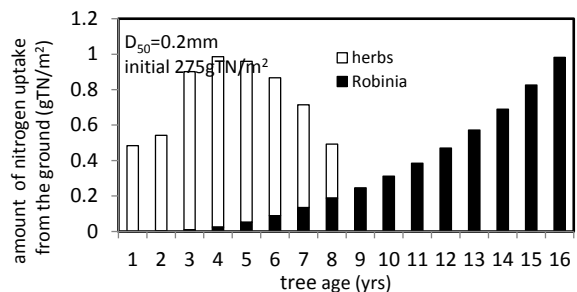


図6 土壌中の窒素の吸収主体の経年変化

初期には、窒素の吸収主体はほとんど草本類で、ニセアカシアは土壌中窒素が低いために固定窒素に依存しているものの、時間の経

過と共に、土壌窒素濃度が高くなると、必要とする窒素分は土壌からの吸収に依存するようになることが示される。

(5) 洪水冠水時の樹木枯死率の評価

2007年の洪水前後の樹木分布のデータより、樹木の枯死率を砂州表面の洗掘深の関数として求めた(図7参照)。

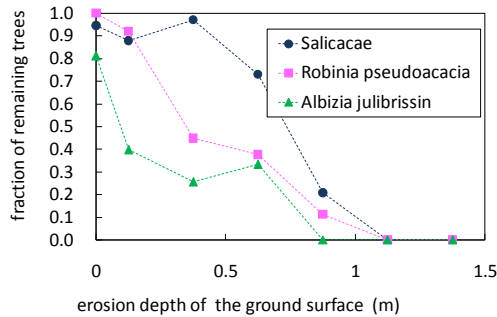


図7 洪水冠水時の樹木の枯死率と表面の洗掘深の関係

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計14件)

- 1) 池田裕一、亀田涼、浅枝 隆、坂本健太郎、渡良瀬川砂州上におけるハリエンジュの繁茂状況に関する基礎的調査、河川技術論文集、査読有、第18巻、2012.
- 2) 平生昭二、浅枝 隆、坂本健太郎、植物を介した土壌栄養塩動態モデルを付加した河道地形変動予測モデルの開発、河川技術論文集、査読有、第18巻、2012.
- 3) Sekine, H., Sakamoto, K., Nishimura, T., & Asaeda, T., Development of a simulation model considering vegetation growth and flushing in Arakawa River, *KSCE Journal of Civil Engineering*, 査読有, Vol.16, pp.239-246., 2012.
- 4) Asaeda, T., & Rashid, Md.H., The impacts of sediment released from dams on downstream sediment bar vegetation. *Journal of Hydrology*, 査読有, Vol.430-431, pp.25-38, 2012.
- 5) 浅枝 隆、中村祐太、坂本健太郎、関根秀明、平生昭二、礫床河川の砂州や氾濫原の樹林化が栄養塩循環に与える影響と樹林化促進機構の可能性について、水工学論文集、査読有、第55巻、229、2011.
- 6) 平生昭二、浅枝 隆、坂本健太郎、アロメトリー関係を用いた河畔樹木の生長モデルの開発とその応用、水工学論文集、査読有、第55巻、230、2011.

- 7) Asaeda, T., Baniya, M.B., & Rashid, Md.H., Effects of floods on the growth of *Phragmites japonica* on the sediment bar of regulated rivers: a modelling approach. *International Journal of River Basin Management*, 査読有, Vol.9, pp.211-220, 2011.
- 8) Asaeda, T., Gomes, P.I.A., Sakamoto, K., & Rashid, Md.H., Tree colonization trends on a sediment bar after a major flood. *River Research and Applications*. 査読有, Vol.27, pp.976-984, 2011.
- 9) Asaeda, T., Rashid, Md.H., Kotagiri, S., & Uchida, T., The role of soil characteristics in the succession of two herbaceous lianas in a modified river floodplain, *River Research and Applications*, 査読有, Vol.27, pp.591-601, 2011.
- 10) Asaeda, T., Gomes, P.I.A., & Takeda, E., Spatial and temporal tree colonization in a midstream sediment bar and the mechanisms governing tree mortality during a flood event. *River Research and Applications*, 査読有, Vol.26, pp.960-976, 2010.
- 11) Rashid, Md.H., & Asaeda, T., Uddin, Md.N. Litter-mediated allelopathic effects of kudzu (*Pueraria montana*) on *Bides pilosa* and *Lolium perenne* and its persistence in soil. *Weed Biology and Management*, 査読有, Vol.10, pp.48-56, 2010.
- 12) Rashid, Md. H., Asaeda, T., & Uddin Md.N. The allelopathic potential of Kudzu (*Pueraria montana*). *Weed Science*, 査読有, Vol.58, pp.47-55, 2010.
- 13) Gomes, P.I.A. & Asaeda, T. Spatial and temporal heterogeneity of *Eragrostis curvula* in the downstream flood meadow of a regulated river. *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology*, 査読有, Vol. 45, pp.181-193, 2009.
- 14) Asaeda, T., Siong, K., Kawashima, T., & Sakamoto, K. Growth of *Phragmites japonica* on a sandbar of regulated river: Morphological adaptation of the plant to low water and nutrient availability in the substrate. *River Research and Applications*. 査読有, Vol.25, pp.874-891, 2009.

[学会発表] (計1件)

- Asaeda, T., Rashid, Md. H., The effect of the succession from grasses to trees on the nutrient budgets of the surface soil of the sand bar in the gravelly rivers. 2nd Biennial Symposium of the International Society for River Science "Rivers as Linked Systems", Berlin, 2011.8.8

[図書] (計1件)

浅枝隆、朝倉書店、 図説 生態系の環境、
2011,179

〔産業財産権〕

○出願状況（計0件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況（計0件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

浅枝 隆 (ASAEDA TAKASHI)
埼玉大学・大学院理工学研究科・教授
研究者番号：40134332

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：