

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 17 日現在

機関番号：12401

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24360198

研究課題名(和文) 貧栄養・攪乱性土壌での窒素固定の特性把握と植物群落への影響評価及び管理指針の作成

研究課題名(英文) Application of nitrogen fixation and its effect on vegetation at highly disturbed low nutrient soil

研究代表者

浅枝 隆 (ASAEDA, Takashi)

埼玉大学・理工学研究科・教授

研究者番号：40134332

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,000,000円

研究成果の概要(和文)：窒素安定同位体比を用いて、窒素固定細菌と共生する植物体内の窒素分のうち、窒素固定寄与分の割合を分析、土壌中の窒素濃度の上昇に伴って固定窒素由来の窒素の割合が減少することを明らかにし、利用可能な経験式を導出した。また、河岸において、水面からの比高に伴う土壌中の窒素を分析、水面近傍は攪乱のため窒素濃度が低く、比高に伴い窒素固定によって窒素濃度が上昇することを明らかにした。さらに、草本類を採取、土壌窒素濃度分布と比較することで、草本類バイオマスと土壌窒素濃度の関係を導いた。以上の結果に、他の要素及び樹木の侵入、生長を加えることで、河川植生管理用に樹木及び草本類、土壌栄養塩の予測モデルを作成した。

研究成果の概要(英文)：Riparian zone is low in nutrients subjected to flood disturbances. Total nitrogen (N) contents and the fraction of  $^{15}\text{N}$  in soil were estimated using N stable isotope analyses and the amount of N-fixation was calculated. It was found that N-fixation rate decreases with increasing soil N concentration. An empirical formula was derived for a practical use. Initially, N accumulation in shoreline is very low due to the frequent inundation and disturbances. In the course of plant colonization, N enrichment occurs in the shoreline mostly by N-fixation. It was also found that biomass of shoreline herbs increases with soil N concentration; the relationship follows a simple empirical formula. Together with other influential factors for herb biomass and the recruitment and growth of trees, a prediction model for the riparian vegetation and soil nutrients were developed for the river management. The model was applied to several rivers and extremely good agreement was obtained with field surveys.

研究分野：応用生態工学

キーワード：窒素固定 河岸植生 クズ 洪水攪乱 根粒菌 河岸植生モデル 河川樹林化 河川植生管理

1. 研究開始当初の背景

(1) 河道内の樹林化は河川管理上極めて重要な問題にもかかわらず、その原因が明確でなかった。そのため、その予測モデルの開発、展開等においても大きな支障を生じていた。  
 (2) 河川のハビタートとしての特徴は頻繁に洪水攪乱が生ずることにあり、土砂の堆積等により、貧栄養な土壌が堆積され、植生の侵入が阻まれていることが知られている程度であった。  
 (3) その後、黒部川のダム排砂下流の研究から、栄養塩が供給されることによって、植生が急激に増加することが確認された (Asaeda and Rashid, 2012)。  
 (4) さらに、河道内においては、植生の生長にとって窒素が律速していることが確認された。また、窒素の供給源として、大気負荷と同時に窒素固定が大きな役割を果たしていることが示唆された。しかし、こうした情報は、不完全なものであることから、植生の機構解明、予測には全く利用されていなかった。

2. 研究の目的

(1) 貧栄養な土壌上での主要な窒素源は窒素固定である。そのため、研究では、まず、河道内における窒素固定の特性を求める。ここでは、まず、ハビタートの状態が窒素固定量に与える影響を把握する。次に、窒素固定が河道内の土壌、植生の生育に与える影響を明らかにする。  
 (2) 以上を下に、河道内や湖岸の植生管理に役立つ植生予測モデルを開発する。

3. 研究の方法

(1) まず、管理された攪乱性の中で、安定同位体比を用いて、固定窒素の寄与率等を分析した。次にその結果を利用し、多摩川河川敷等において、窒素固定、非固定植物及び土壌を採取、化学分析及び安定同位体比の分析により、土壌窒素量が固定窒素寄与率に与える影響、リン濃度の影響、実際の条件下での土壌窒素量が植物量に与える影響の定量化を行った。  
 (2) 河川管理や貯水池管理への応用を考え、以上の結果を下に、他の窒素収支の過程による量も加えて、砂州や湖岸等の攪乱性の土壌における窒素蓄積に関する経年変化およびそれに伴う植物量の予測モデルを作成し、樹林化や栄養塩増加を抑制するための管理手法を提案した。

4. 研究成果

(1) 窒素固定能の定量化と河岸での役割  
 窒素固定能は、土壌の窒素濃度、pH、リン濃度等に依存すると考えられる。多摩川や三春ダムで採取した、クズ、イタチハギ、ニセアカシアの安定同位体比を測定、植物体中の窒素固定由来の窒素の割合を導出、様々な土壌条件に対して整理した結果、評価に利用しや

すいパラメータとして、図1のように、土壌窒素濃度の増加とともに一様に減少することが得られた。この結果は、採取を行った全ての植物において同様の関数として表され、モデル作成上、極めて有用なパラメータとなる。

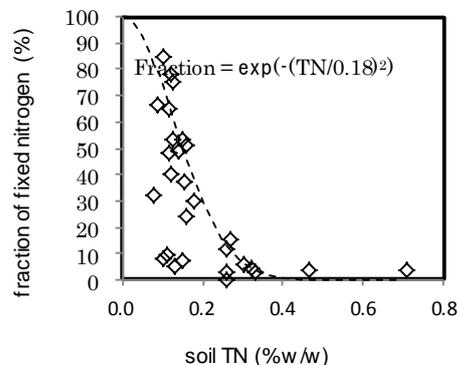


図1 植物体中の窒素の固定窒素起源の割合と土壌窒素濃度の関係  
 TNは土壌窒素濃度を表す

次に、土壌中の窒素濃度と平常時の水面からの比高を示すと、図2のように水面から高くなり、洪水による冠水頻度が下がるほど窒素濃度が増加していることがわかった。また、窒素固定種と非固定種の分布を調べたところ、窒素固定種は水面から高い場所に多く、さらに、その場では土壌窒素濃度が高くなっていた。このことから、河岸においては、冠水頻度が高いと土壌窒素濃度が低いものの、窒素固定種が侵入することによって土壌窒素が上昇するという過程が明らかになった。

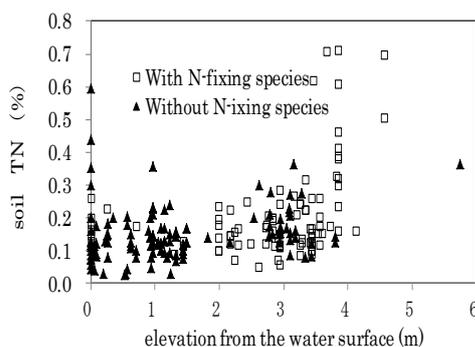


図2 水面からの比高と土壌窒素濃度、窒素固定種、非固定種の分布

(2) 草本類バイオマスの定量評価

多摩川、荒川、黒部川、利根川等の河岸において、草本類及び土壌を採取、草本類の乾燥重量を様々なパラメータの関数として整理した。その結果、土壌粒径及び土壌窒素濃度 (図3) に対して十分な相関が見出され、草本類バイオマスは、これに近隣の樹木による陰を含め

た3つのパラメータで比較的良好に評価できることが示された。

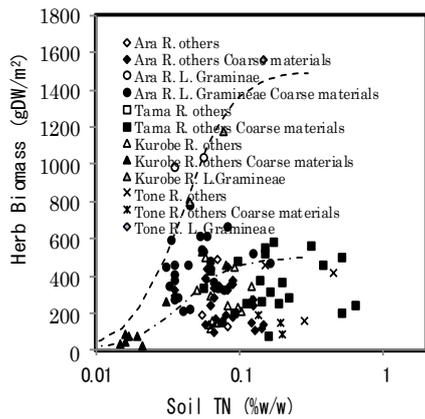


図3 土壌窒素濃度と草本類バイオマスの関係

(3) 植生量評価モデルの作成

以上の結果を利用して、以下のような過程を用いて、河道内の植生量を評価するモデル(図4)を作成した。

**樹木の評価** 洪水時の水位予測(記録)によって、砂州上で洪水時に冠水する標高を算出し、砂州上の土壌粒径の分布、洪水の時期、冠水高より、侵入する樹種を定める。また、洪水の時期や水位等から求められる、それぞれの場所に侵入する樹種に対し、初期の樹木密度を求める。次に、それぞれの樹木種の個体生長モデルにより、根および幹、枝等の年間のバイオマス増加量を、樹齢ごとに算出する。同時に、それぞれの樹木種の自己間引き関数により、各年の個体密度を算出する。

**草本類バイオマスの評価** 土壌窒素濃度より見積もられるそれぞれの年における年間の草本地上部のバイオマス量を算出する。土壌粒径によるバイオマス量の校正を行う。隣接する樹木による影によるバイオマス量の校正を行う。

**樹木の栄養塩循環の評価** 上記で求められる個体群に個々の個体の組織別の栄養塩濃度を掛けて、木本部に貯蔵される年間の栄養塩量の増分を算出する。次に、上記で求められる個体群の年間の葉の生産量を算出し、葉に含まれる栄養塩濃度を掛けて、樹木が吸収した栄養塩のうち、葉に配分された量を算出する。土壌栄養塩量より樹木の個体群に吸収された量を差し引いて、落葉期以前の土壌栄養塩濃度を求める。さらに、落葉とともに土壌表面に堆積する量を算出する。草本類及び樹木の葉の分解速度より、各年の土壌への回帰栄養塩量を算出し、土壌栄養塩量に加える。さらに、窒素の大気負荷量に関しては観測値を利用することで、窒素循環量を評価する。

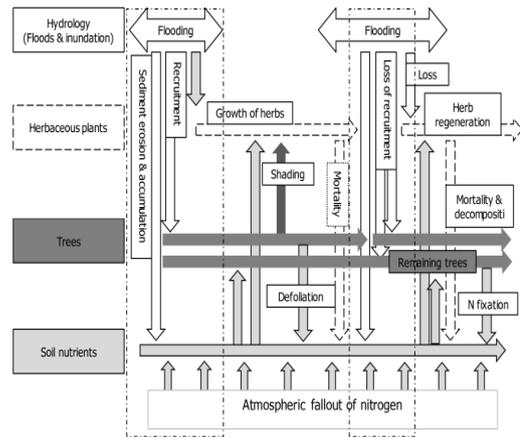


図4 評価モデルの構造

図5に荒川に適用した例を示す。10年前の洪水時に植物が全て流失、その後、10年間を洪水ごとに樹木の流失、侵入を繰り返して計算した結果である。観測値と極めて良好な一致を得ている。その他、斐伊川、相模川、黒部川等いずれにおいても非常に高い再現性を得た。

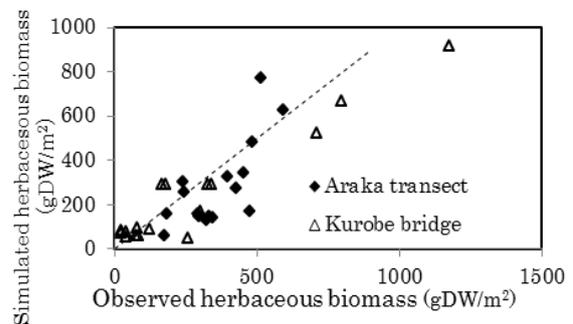
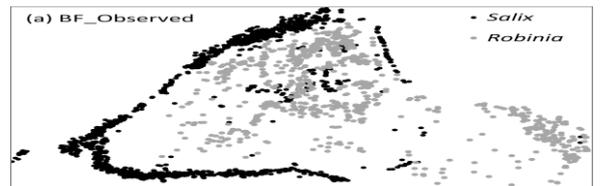


図5 荒川砂州への適用例

(4) まとめ

以上のように、河道内砂州、河岸においては植生増殖において、窒素の蓄積が非常に重要な役割を果たしていることを示し、それを用いた評価モデルを作成、多くの河川での評価に用いた。

<引用文献>

- ① T. Asaeda, and Md H. Rashid : The impacts of sediment released from dams on downstream sediment bar vegetation. *Journal of Hydrology*, Vol.430, pp. 25-38, 2012

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 9 件)

- ① T.Asaeda, Md H Rashid, and R.A.Baker Dynamic modelling of soil nitrogen budget and vegetation colonization in sediment bars of a regulated river. *River Research and Applications*, Vo.31, pp.47-4484, 2015. DOI:10.1002/rra.2802 査読有
- ② T.Asaeda, Md.H Rashid, H.L.K.Sanjaya Flushing sediment from reservoirs triggers forestation in the downstream reaches. *Ecohydrology*, Vol.8, pp.426-437, 2015. DOI: 101002/eco.1513. 査読有
- ③ A.Sarkar, T.Asaeda, Q. Wang, Md H. Rashid Arbuscular mycorrhizal influences on growth, nutrient uptake, and use efficiency of *Miscanthus sacchariflorus* growing on nutrient-deficit river bank. *Flora*, Vol.212, pp.46-54, 2015. DOI:10.1016/j.flora.2015.01.005. 査読有
- ④ 小澤宏二, 板谷越朋樹, 岡村誠司, 兵藤誠, 浅枝 隆  
河床変動と土壌の栄養塩循環を考慮した河道内の草本・樹林動態解析モデルの開発. 土木学会論文集B1(水工学) Vol.71, No.4, I\_1063-I\_1068, 2015. 査読有
- ⑤ T.Asaeda, Md.H Rashid Modelling of nutrient dynamics and vegetation succession in midstream sediment bars of a regulated river. *International Journal of River Basin Management*, Vol.12(2), pp.123-133, 2014. DOI: 10.1080/15715124.2014.902377 査読有
- ⑥ F.M.J.Uddin, T.Asaeda, Md H. Rashid Factors affecting the changes of downstream forestation in the South American river channels. *Environment and Pollution*, Vol.3, pp.24-40, 2014. DOI: 10.5539/ep.v3n4p24. 査読有
- ⑦ F.M.J. Uddin, T.Asaeda, Md H.Rashid Large-scale changes of the forestation in river channel below the dams in Southern African River: Assessment using the google earth images. *Polish Journal of Ecology*, Vol.62, pp.607-623,

2014.

[http://www.pje.miiz.waw.pl/article/ar62\\_4\\_1.pdf](http://www.pje.miiz.waw.pl/article/ar62_4_1.pdf), 査読有

- ⑧ 浅枝 隆, Rabi'atul ABU BAKAR, MD Harun RASHID  
樹木管理に向けた中流域砂州の植生遷移の動的予測モデルの開発. 土木学会論文集B1(水工学), Vol.70, No.4, I\_1375-I\_1380, 2014. 査読有
- ⑨ K. Azami, A. Fukuyama, T. Asaeda, T. Y. Takechi, S. Nakazawa, K. Tanida Conditions of establishment for the *Salix* community at lower-than-normal water levels along a dam reservoir shoreline. *Landscape and Ecological Engineering*, Vol.9(2), pp.227-238, 2013. DOI: 10.1007/s11355-012-0200-9 査読有

[学会発表] (計 8 件)

- ① T.Asaeda, K.Sanjaya, Md H Rashid Does sedimentation or erosion trigger river forestation/ A numerical modeling approach. 5<sup>th</sup>International Multidisciplinary conference Hydrology and Ecology, Vienna (Austria), Apr. 15, 2015.
- ② T.Asaeda, Md H Rashid Reservoir sediment flushing and downstream vegetation encroachment in the Kurobe River, Japan. Aquatic Science at a time of rapid change, Joint Aquatic Science Meeting, Portland (America), May 19, 2014.
- ③ T.Asaeda, Md.H Rashid ,R.A.Baker Dynamic modeling of individual-based tree distribution and edaphic condition of the sediment bars of the midstream reach of the river. Proceedings of International Symposium of Ecohydraulics. Trondheim (Norway), Jun. 23, 2014.
- ④ T.Asaeda Effects of the upstream dam construction on the riparian vegetation in the downstream urban area. Proceedings of URBIO, Incheon (South Korea), Oct. 10, 2014.
- ⑤ T.Asaeda, Md H Rashid, R.A. Baker Dynamic modeling of soil nitrogen budget and vegetation colonization in sediment bars of a regulated river. Proceedings of 2013 IAHR World Congress. Chengdu (China), Sep. 10, 2013.
- ⑥ T.Asaeda, Md H. Rashid, M. Dong, F.M.J Uddin The most effective factors responsible for increase in the vegetation coverage

of river channel. Proceedings of 2013 IAHR World Congress. Chengdu (China), Sep. 11, 2013.

- ⑦ T.Asaeda, Md H Rashid  
Effects of sediment release from a dam on the vegetation colonization on downstream floodplain. International Society of River Sedimentation, Kyoto, Sep. 3, 2013.
- ⑧ T.Asaeda, Md H Rashid  
Effects of symbiotic N-fixation on nitrogen enrichment of floodplain soil. 3rd Biennial Symposium of International Society of River Science, Beijing (China), Aug. 5, 2013.

[図書] (計 1 件)

- ① T.Asaeda, Md H Rashid Floodplains of Regulated Rivers: Plain-Soil Interactions in Changing Ecosystems. In Floodplains – Environmental management and Ecological Implications, ed. By E.H. Alcantara, Environmental Research Advances, NOVSA New York, pp.21-46, 2013.

[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：  
出願年月日：  
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：