

機関番号：11301

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2009～2010

課題番号：21870005

研究課題名（和文） 生物多様性が生態系機能に与える効果：水質浄化システムを用いた検討

研究課題名（英文） Consequences of plant genetic diversity for ecosystem functioning

研究代表者

富松 裕 (Hiroshi Tomimatsu)

東北大学・大学院生命科学研究科・助教

研究者番号：40555398

研究成果の概要（和文）：生物多様性の減少は、さまざまな生態系機能に対して影響を及ぼす可能性がある。本研究では、汚水処理用の人工湿地を模した小規模な系を用いて、植栽するヨシの遺伝的多様性を操作する実験を行った。その結果、遺伝的多様性が高い実験区の方が、生育後のヨシの一次生産量が大きく、排水中の窒素濃度が低くなる傾向が見られた。本実験の結果は、植栽したヨシの遺伝的多様性が、ヨシの一次生産量だけでなく、ヨシや根圏に生育するバクテリアを通じた水質の浄化効率にまで影響を及ぼし得ることを示している。

研究成果の概要（英文）： Biodiversity loss has important consequences for a variety of ecosystem processes. We manipulated genotypic richness of the common reed, *Phragmites australis*, in a small-scale experimental system similar to constructed wetlands. Genotypic richness increased plant primary productivity, and this effect was largely explained by niche complementarity among genotypes. Nitrogen loss decreased as genotypic richness increased. Given that water purification through nitrogen removal is achieved by plants and microorganisms around the plant root zone, these results suggest that genetic diversity enhanced water purification possibly by both increased plant productivity and bacterial activity.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	1,110,000	333,000	1,443,000
2010 年度	1,010,000	303,000	1,313,000
総計	2,120,000	636,000	2,756,000

研究分野：生態学

科研費の分科・細目：生態・環境

キーワード：植物、遺伝的多様性、無機態窒素、ヨシ（アシ）、人工湿地

## 1. 研究開始当初の背景

生物多様性の減少は、生態系機能に対して大きな影響を及ぼす可能性がある。これまで、多様性が高い方が一次生産量が高くなる、葉の分解速度が速くなる、外来種の侵入に対する抵抗性が高くなることなどが、主に小規模な実験系を用いて明らかにされてきた。しかし、

ほとんどの研究は種多様性の効果に注目したものであり、(種内の) 遺伝的多様性の効果に関する実験的検証例は極めて少ない。近年、生態学では、さまざまな理論において、遺伝的多様性を考慮する必要性が認識されつつある。

生物多様性が生態系機能に及ぼす効果は、種や遺伝子型の数を操作した実験系を構築し、各実験区で発揮される生態系機能の指標を比較することによって検証することができる。多様性の効果が生じるプロセスは、以下の二つに大別される。一つは「補完効果 (complementarity effect)」と呼ばれ、特性が異なる複数の種や遺伝子型が存在することにより、たがいに機能を補完しあうことで、系全体として高い機能を発揮することをいう。もう一つは「選択効果 (selection effect)」と呼ばれるもので、複数の種や遺伝子型が存在することで、高い能力をもつ遺伝子型を含む可能性が高まることによって、系全体が高い機能を発揮することをいう。種多様性に関する研究では、補完効果の重要性が既に指摘されているが、遺伝的多様性の効果はたらくメカニズムについては分かっていない。

生態系機能を対象とした研究では、一次生産量のような測定が容易な指標が多く用いられている。しかし、水や大気の浄化など、複数の栄養段階に属する生物が関与して、系全体で発揮される重要な機能の多くが、ほとんど扱われていないのが現状である。本研究では、ヨシ (*Phragmites australis*) を植栽した小規模な実験系を構築し、ヨシの遺伝的多様性が一次生産量や水質の浄化効率に与える効果について検証した。流速が緩やかな河川や湖沼では、ヨシなどの抽水植物からなる群集が発達することが多い。このような生態系では、植物体が成長する際の栄養塩の吸収に加え、根とその近傍に生育する多様なバクテリアによって、水質を浄化する機能が発揮されていると考えられる。生態工学では、ヨシを植栽した人工的な湿地を用いて、低コストで維持管理が容易な水質浄化システムの開発が行われている。

## 2. 研究の目的

本研究では、汚水処理用の人工湿地を模した小規模な系を用いて、植栽するヨシの遺伝子型数を操作する実験を行った。本研究では、次の問題を検証した。

- (1) 遺伝的多様性は、ヨシの一次生産量を高めるか。
- (2) 一次生産量に対する遺伝的多様性の効果は、どのようなメカニズムによって生じるか。
- (3) 遺伝的多様性は、ヨシの生育を通じて、システムの水質浄化効率にも影響を及ぼすか。

## 3. 研究の方法

(1) 野外 5ヶ所からヨシの地下茎 (834 断片) を採集し、遺伝マーカーを用いて遺伝子型を判別した。十分な数が得られた 6 つの遺伝子型を以後の実験に用いた。

(2) 川砂を入れたプラスチック製コンテナ (直径 ~50cm, 高さ ~50cm) に、ヨシの地下茎を 6 断片ずつ植え、ビニールハウス内で栽培した (図 1)。各遺伝子型を単独で植える「単植」処理と、すべての遺伝子型を混ぜて植える「混植」処理とを設けた。

(3) 1日2回、4分間ずつ灌水し、液肥や試薬を用いて、定期的に栄養塩負荷の高い水を与えた ( $\text{NH}_4^+$ : ~5 mg/l,  $\text{NO}_3^-$ : ~5 mg/l)。一定の地下水位が維持され、溢れた水 (排水) が管より流れ出るようにした。

(4) ヨシが十分に生育した後、地上稈を刈り取り、70°Cで48hrs以上乾燥させて、重量を測定し、一次生産量の推定値とした。「混植」処理では、採集した稈の遺伝子型を、遺伝マーカーで特定し、Loreau & Hector (2001, *Nature* 412: 72–76) に従って、多様性の効果を、補完効果と選択効果とに分割した。Loreau と Hector (2001) は、進化遺伝学の理論を応用して、選択効果と補完効果の二つのメカニズムの寄与量を推定する方法を提唱している。

(5) 定期的に排水を採集し、イオンクロマトグラフィーで無機態窒素濃度 (Dissolved Inorganic Nitrogen =  $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^- + \text{NH}_4^+$ ) を測定し、水質浄化効率の指標とした。



図1: 実験のようす

## 4. 研究成果

### (1) ヨシの一次生産量

生育後のヨシの一次生産量は、「混植」の方が「単植」よりも平均で 27%も大きかった (図 2)。これは、遺伝的多様性と一次生産量との関係を検証した 5 例の先行研究に匹敵するレ

ベルである。また、単植処理では、遺伝子型間で一次生産量に大きな差が見られた。

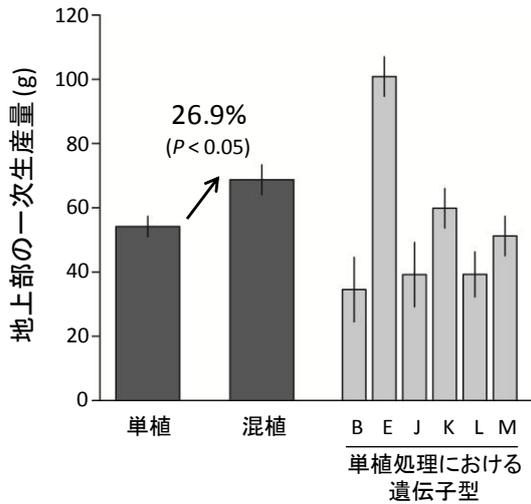


図2: 処理による一次生産量のちがい

(2) 多様性の効果が生じるメカニズム

補完効果, 選択効果のいずれも 0 からの有意差が無いが, 補完効果の方が選択効果よりも 2.6 倍大きかった(図 3)。したがって, 多様性の効果は, 補完効果によるところが大きいと考えられる。つまり, 何らかの遺伝子型間の相互作用(例えば, 遺伝子型によって異なる資源利用パターンを示す)によって, 資源の利用効率が高まった可能性が高い。

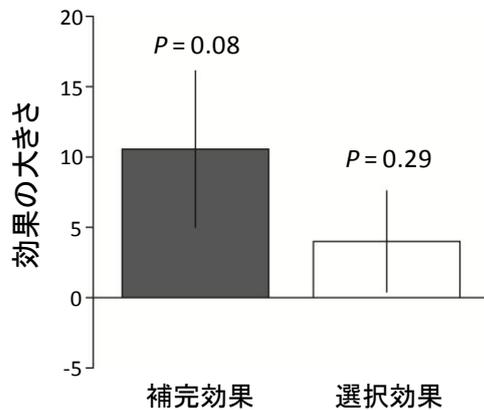


図3: 補完効果と選択効果の相対的寄与

(3) 水質の浄化効率

「混植」では、「単植」に比べて窒素の除去効率が高くなる傾向が認められ, 排水中の窒素濃度が最大で 30% 低かった(図 4)。なお, 排水中の窒素は, 主に  $\text{NO}_3^-$  で, それに比べると  $\text{NH}_4^+$  はずっと少なく,  $\text{NO}_2^-$  は検出限界

に満たなかった。したがって,  $\text{NH}_4^+$  は大部分がヨシによって吸収されたか, あるいはバクテリアによって硝化されたと考えられる。

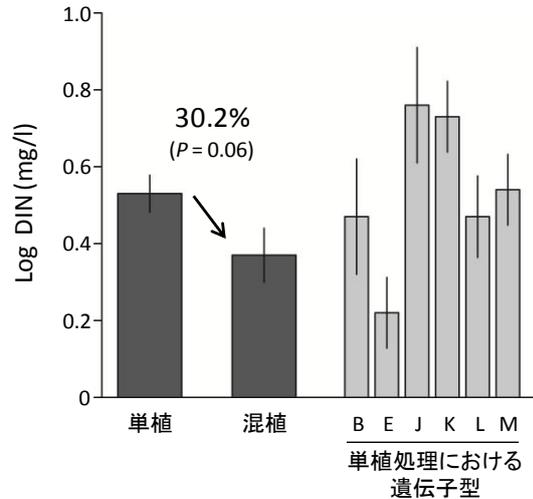


図4: 処理による排水中の無機態窒素濃度のちがい

また, ヨシの一次生産量が大きいコンテナほど, 無機態窒素濃度が小さくなる傾向が見られた(図 5; ○は単植処理, ●は混植処理を表す)。植物による窒素吸収量は限られていることから, ヨシの生育が硝化や脱窒に関与するバクテリアの活動にも影響を与えている可能性がある。

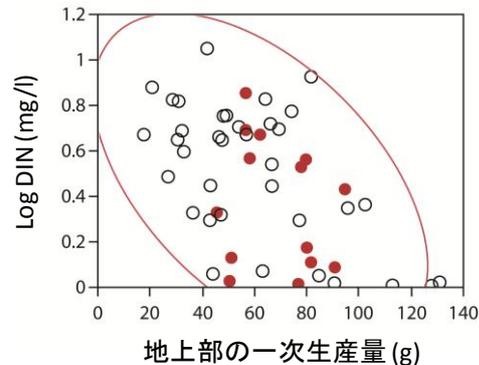


図5: 一次生産量と排水中の無機態窒素濃度との関係

(4) まとめ

本実験の結果は, 植栽したヨシの遺伝的多様性が, ヨシの一次生産量だけでなく, ヨシや根圏に生育するバクテリアを通じた水質の浄化効率にまで影響を及ぼし得ることを示している。近年, 生息地の開発や劣化によって, 種多様性だけでなく遺伝的多様性までもが失われつつあり, 両者があわせて保全されること

が、生態系機能を維持する観点からも望まれる。

現在、バクテリアの活動性や脱窒量に関する調査などを引き続き行っており、最終的な研究成果は平成 23 年度以降に学術論文として公表する予定である。

#### 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 0 件)

[学会発表] (計 1 件)

- ① 富松裕・陶山佳久・中野和典「遺伝的多様性が生態系機能に与える効果：ヨシによる水質浄化システムを用いた検討」日本生態学会 第 58 大会，札幌 (2011 年 3 月 9 日)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

富松 裕 (TOMIMATSU HIROSHI)

東北大学・大学院生命科学研究科・助教

研究者番号：40555398

##### (2) 研究分担者

なし

##### (3) 研究協力者

陶山 佳久 (SUYAMA YOSHIHISA)

東北大学・大学院農学研究科・准教授

研究者番号：60282315

中野 和典 (NAKANO KAZUNORI)

東北大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号：30292519