

氏名(本籍)	稲 ^{いな} 森 ^{もり} 隆 ^{りゅう} 平 ^{へい} (鹿児島県)		
学位の種類	博士(学術)		
学位記番号	博甲第4355号		
学位授与年月日	平成19年3月23日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	生命環境科学研究科		
学位論文題目	生態工学技法を活用した植栽・土壌浄化法の機能解析に関する研究		
主査	筑波大学教授	工学博士	松村正利
副査	筑波大学教授	理学博士	杉浦則夫
副査	筑波大学教授	農学博士	佐藤誠吾
副査	筑波大学講師	農学博士	野村名可男

論文の内容の要旨

水環境修復技術としての植栽土壌浄化法を、我が国のみならず開発途上国へ適用していく上で、システムの高度化に必要な富栄養化対策、地球温暖化ガス発生抑制を効果的に行うための技術開発と機構解析について検討を行った。ここで着目したアシ、ヨシ、マコモ等を活用する植栽浄化手法からは、場の条件設定の適正さの有無によっては窒素、リン除去特性、温室効果ガスであるメタン、亜酸化窒素の排出特性に差の生ずることが考えられる。それ故、これらを活用した処理システムは、開発途上国において多用されているものの、窒素、リン除去特性に比べ特に温室効果ガスについては排出量の増加が懸念されている。一方、植物の茎を通して根圏部さらに土壌中へ供給される空気により微視的な好気環境が形成され、硝化・脱窒の促進および発生したメタンの酸化が促進されると考えられている。本研究では、上記の点に注目して、水生植物植栽・土壌処理システムへの流入負荷の違いが窒素、リン除去特性、メタン、亜酸化窒素排出量に与える影響およびメタン酸化に係るメタン資化性細菌の土壌中での挙動を明らかにすることを目的として解析評価を行った。

植物浄化技術の中で知見の集積が十分なされていない植栽・土壌浄化法に着目し、流入負荷条件、水温条件の変動下における有機物、窒素・リン除去特性を検討した。その結果BODの除去能がいずれの系でも高かったのは、有機物の分解に利用可能な酸素が葉から根圏部に適正に供給されたからと考えられる。このように、湿地ユニットは有機物の貯蔵、長い滞留時間に寄る分解、水界において増殖した細菌、藻類の微生物による捕食分解、凝集体の沈降とそれらの濾過機能によって有機物の分解浄化が進んでいるものと考えられた。また、窒素とリンの除去効率については、流入負荷条件により変化し、低流入負荷のユニットでは、両植物とも高い除去性能を示したが、流入負荷が増加すると、除去率も減少した。排水を流入させた場合低水温下でも低負荷条件で問題はないが、高負荷条件になると13℃を境に硝化能が抑制され窒素除去能の低下することがわかった。更に、リンの除去能から見るとリンが人工湿地で不動化するために、リン除去は、負荷率に非常に左右されやすく、リンを吸収する基質の能力は有限であると考えられる。これらの結果から、ヨシ・マコモ・ガマという水生植物による汚濁物質の除去能は、植物の種類よりも流入汚濁負荷、水温の影響の大きいことが分かった。

温室効果ガスとしての CH_4 、 N_2O の放出と制御に係わる各分野における対策の中で知見の集積が殆どなされていない植栽土壌浄化法に着目し、その温室効果ガスの発生特性を検討した。その結果、水温が微生物活動を増加するレベルに上昇すると、酸素消費に伴い嫌気条件が促進されメタン生成微生物が特に活性化しメタン・フラックスが増加したものと考えられた。更に、メタン・フラックスが、ヨシのユニットよりマコモのユニットからの方が常に高いという新たな事実を見出した。これらの結果より、マコモに比べて複雑な根圏構造を持つヨシは、メタン資化性細菌のバイオマス量および活性を高めメタン生成微生物の活動を弱める傾向にあることがわかった。

植栽土壌浄化法における温室効果ガスとして CH_4 、 N_2O の発生量の中でも発生ポテンシャルの高い CH_4 に着目し、 CH_4 の発生抑制の鍵となると考えられる、根圏のメタン生成菌、メタン酸化細菌の分布特性を検討した。ヨシやマコモの植栽土壌ユニットにおけるメタン生成菌のバイオマスは、ヨシのユニットよりもマコモの植栽土壌ユニットの方が多かった。また、BOD 負荷が増すと、メタン生成菌の数も増加する傾向が認められた。これは水生植物の種類の差異による根圏構造の違いによる酸素供給能の強弱により左右されるといえる。このような点からメタン生成菌のバイオマス分布がメタン生成能に影響を及ぼしていることが示唆された。さらに、マコモ植栽土壌ユニットのメタン資化性菌の数は10cmの深さでは、高かったが、メタン資化性菌の数は、深さが増すにつれ減少した。これとは対照的に、ヨシの植栽土壌ユニットでは深さ10cmの土壌で、メタン資化性菌は少なかったが、20cmと30cmの深さでは、高い数が確認された。マコモとヨシの植栽土壌ユニットにおけるメタン・フラックスの違いは、湿地ユニットにおけるメタン資化性菌の数と分布に大きな相関があることが明らかとなった。

これらの得られた知見は今後生態工学技法を活用した植栽土壌浄化技術による環境保全・再生に資する重要な方策になるものと思われる。

審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文は、植栽土壌浄化法における水環境修復技術を我が国のみならず開発途上国へ適用していく上でのシステムの高度化に必要な知見を得ることを目的としたものである。湿地ユニットを用いて汚濁物質の除去実験より、ヨシ・マコモ・ガマという水生植物による汚濁物質の除去能は、植物の種類よりも流入汚濁負荷、水温の影響の大きいことが明らかとなった。また、温室効果ガス CH_4 、 N_2O の発生特性から、水温が微生物活動を増加するレベルに上昇すると、酸素消費に伴い嫌気条件が促進されメタン生成微生物が特に活性化してメタン・フラックスが増加する。新たな事実として、メタン・フラックスが、ヨシのユニットよりマコモのユニットからの方が常に高かったことが分かった。これらの結果より、マコモに比べて複雑な根圏構造を持つヨシは、メタン資化性細菌のバイオマス量および活性を高めメタン生成微生物の活動を弱める傾向にあることが明らかとなった。更に、温室効果ガスの発生特性をもとに分子生物学的手法を用いてメタン生成菌およびメタン資化性菌のバイオマスの質的・量的特性の解析評価を行った。その結果、ヨシやマコモの植栽土壌ユニットにおけるメタン生成菌のバイオマスは、ヨシのユニットよりもマコモの植栽土壌ユニットの方が多く、また、BOD 負荷が増すと、メタン生成菌の数も増加する傾向が認められた。

これらの成果により、生態工学技法としての植栽土壌浄化法は富栄養化対策と温室効果ガス対策の両立するシステムとして今後期待できる。

よって、著者は博士（学術）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。