

論文題目：オオカナダモのシュートにおける高親和性硝酸吸収

著者：高柳 周

研究科、専攻名：環境科学研究科 環境動態学専攻

学位記番号：環課第32号

博士号授与年月日：2012年9月28日

論文の要旨（以下文字サイズ10.5Pで、4000字以内）

沈水植物のシュートからの養分吸収、ことに無機窒素の形態の中で最もよく見られる硝酸イオン（以下、硝酸）の吸収は沈水植物自体の生長だけでなく、水圏生態系における無機窒素の動態に重要な働きをしていると考えられるため、そのメカニズムや役割を理解することは重要である。本論文では、沈水植物の硝酸吸収メカニズムを解明するために、淡水生沈水植物の中でも最もよく実験材料として使われてきたオオカナダモ (*Egeria densa*) を主な実験材料に選び、生態系においてこの植物の硝酸吸収で重要な役割を果たしていると考えられる高親和性硝酸トランスポーター (NRT2) に注目して研究を行った。

第1章では、沈水植物の養分吸収メカニズムについて、現在までの知見をまとめた。その結果、沈水植物の硝酸吸収は陸生植物のものとは異なったメカニズムで行われていることが電気生理学的手法によって明らかにされていた。しかし、硝酸などの吸収について分子生物学的解析はほとんど行われておらず、栄養イオンの吸収メカニズムには不明な点が多く残されていた。

第2章では、二酸化炭素 (CO₂) 分配システムを工夫したオオカナダモの栽培システムを開発し、これを用いてオオカナダモの生育に及ぼす硝酸濃度の影響と、根の有無が生育に及ぼす影響について調査した。陸生植物では高親和性輸送システム (High-Affinity Transport System: HATS) が硝酸吸収に関与する 200 μM 以下の低濃度の硝酸濃度条件下において、2,000 μM の場合と同様にオオカナダモの小植物体が生長したことから、オオカナダモは硝酸吸収のための HATS を有していることが示唆された。また、根の有無で生長に有意な差が見られなかったことから、オオカナダモは根だけでなくシュートからも硝酸を吸収できることが示唆された。

第3章では、オオカナダモから NRT2 (*EdNRT2*) を単離した。親株から切り出した小植物体において *EdNRT2* の発現パターンを調査したところ、この遺伝子の転写は硝酸によってのみシュートと根の両方で誘導された。さらにシュートと根を分画し、各器官の *EdNRT2* の発現パターンと、¹⁵N をトレーサーとして硝酸の吸収を調べたところ、*EdNRT2* は硝酸で処理した器官でのみ発現が誘導された。¹⁵N の大部分は ¹⁵N-硝酸で処理した器官でのみ検出され、シュートは根と同等以上の硝酸吸収能力を有していた。以上の結果は、シュートと根は共に *EdNRT2* を用いて硝酸を吸収していることを示している。また、6時間

の硝酸処理では、吸収した ^{15}N -硝酸の器官間の転流がほとんど生じず、一方の器官の硝酸吸収量がもう一方の器官の硝酸吸収量に影響を及ぼさなかった。そのため、両器官は独立的に硝酸を吸収していることが明らかになった。以上の結果と一般的に野外では淡水生沈水植物のシュートのバイオマスは根よりもはるかに大きくなることより、水圏生態系ではオオカナダモの硝酸吸収にはシュートの貢献度がより高くなることが示唆された。

第 4 章では、オオカナダモのシュートにおける硝酸吸収を他種と比較するにあたって、湛水条件下で伸長するイネ (*Oryza sativa*) の子葉鞘に注目した。子葉鞘とその対照器官としてイネ幼植物体の根を供試し、両器官の硝酸吸収を ^{15}N をトレーサーとして調査するとともに、イネの *NRT2* (*OsNRT2.1*~*2.4*) と、それらに協調的に発現する遺伝子 (*OsNAR2.1* と *2.2*) について、両器官で硝酸処理に対する経時的な発現パターンを調べた。その結果、イネの子葉鞘は幼植物体の根よりも劣るが高親和性の硝酸吸収を行うこと、根において高親和性の硝酸吸収で重要な役割を果たしている *OsNRT2.1* の転写が硝酸によって子葉鞘でも強く誘導されることが明らかになった。イネの子葉鞘においても幼植物体の根と同一の遺伝子 (*OsNRT2.1*) を用いて硝酸を吸収していることが明らかになった。

以上のように本研究では、淡水生沈水植物の中でも最もよく実験材料として使われてきたオオカナダモを実験材料に選び、その栽培システムを開発した。それを用いてオオカナダモのシュートは根と同等以上の硝酸吸収能力を有し、根と同じ高親和性硝酸トランスポーター遺伝子 (*NRT2*) が発現して硝酸を吸収していることを明らかにした。さらに硝酸吸収についてシュートと根の相互作用が無いことを示した。本研究の成果と一般的に野外では沈水植物のシュートのバイオマスが根よりもはるかに大きくなることを考えあわせると、野外ではオオカナダモは生長に必要な硝酸の多くをシュートから吸収していると考えられる。また、本研究はオオカナダモの硝酸吸収と同様に、イネでも子葉鞘と根は同じ *NRT2* を用いて硝酸を吸収していることを明らかにした。この事実は単子葉植物のシュートの相似器官は沈水条件下で硝酸を吸収することが可能であり、その吸収メカニズムは根と同じであることを示している。沈水植物のシュートにおける硝酸以外のイオンの吸収を研究する際にも全ゲノム情報が公開されているイネの子葉鞘はモデル器官として利用できると考えられる。さらに、本研究のオオカナダモとイネから得られた結果を総合すると、単子葉植物では高親和性の硝酸吸収において重要な働きをするタイプの *NRT2* の発現は器官特異的ではなく、周辺の硝酸濃度のような環境要因によって制御されていると考えられる。