

氏名	大西 雄二		
授与した学位	博士		
専攻分野の名称	理学		
学位授与番号	博乙第	4493	号
学位授与の日付	平成30年 9月27日		
学位授与の要件	博士の論文提出者 (学位規則第4条第2項該当)		
学位論文の題目	Geochemical studies of inorganic nitrogen source for chemosynthesis-based animals (化学合成依存動物の無機窒素栄養源に関する地球化学的研究)		
論文審査委員	教授 鈴木 茂之	准教授 井上麻夕里	教授 山中 寿朗 (東京海洋大学)
学位論文内容の要旨			
<p>海底熱水系や冷湧水系に生息する化学合成依存動物の無機窒素栄養源を知る事は、全球的な窒素循環を考える上で、非常に重要である。特に、堆積層に覆われた海域に分布する熱水噴出域や冷湧水域では高濃度のアンモニウムが流体中に含まれる事から、生物によるアンモニウムの取り込みが期待されている。しかし、そのことを直接的に示す証拠は得られておらず、化学合成依存動物の無機窒素栄養源は未だ明らかでない。そこで本研究では、化学合成依存生物における無機窒素源としてのアンモニウムの重要性を明らかにするため、次の3つの研究を行った。</p> <p>まず、化学合成に完全に依存している多毛類の一種、サツマハオリムシの飼育実験を行い、その生物がアンモニウムを取り込み得るかを確認した。その結果、積極的なアンモニウムの取り込みが示唆され、環境中のアンモニウムが利用可能な場合、海水中の硝酸イオンよりも優先的に利用されることを明らかにした。</p> <p>次に、アンモニウムの生成過程を調べる事を目的に、海底に沈設された鯨遺骸直下堆積物の分析を行った。その結果、鯨遺骸由来有機物の分解初期において、間隙水中の硫酸イオン濃度とアンモニウムイオン濃度との間に明瞭な負の相関が見られ、その化学量論的關係からタンパク質の嫌気分解に由来すると結論づけた。さらに、そのアンモニウムイオンの窒素同位体比は鯨軟組織のそれと等しく、これらの結果は有機物の嫌気分解において、アンモニウムの窒素同位体比は分解される有機物の値を反映する事を示している。</p> <p>次に、超塩基性岩の蛇紋岩化反応によって駆動されている生態系において、湧出流体中に高濃度の水素が含まれるため、硝酸還元のような無機的なアンモニウム生成が進行していると期待し、その流体組成と化学合成生物群集の調査を行った。しかし、推定される流体の端成分組成や堆積物に十分な濃度のアンモニウムイオンは含まれておらず、生物の $\delta^{15}\text{N}$ 値も中央海嶺熱水系のような他のアンモニウムに枯渇した環境に生息する生物の値(約+3~5‰)と大差なかった。よって、蛇紋岩化反応の駆動するシステムにおいて非生物的なアンモニウムの生成の可能性は低く、生物の窒素源としての寄与は小さいことが明らかとなった。</p> <p>以上の研究成果を元に、これまで報告されている化学合成細菌共生生物(チューブワーム、シンカイヒバリガイ類、シロウリガイ類)の $\delta^{15}\text{N}$ 値、流体中のアンモニウムイオン濃度をコンパイルし、その関係を考察した。その結果、特にアンモニウムに富む冷湧水系において、それぞれの生物で窒素栄養源の獲得戦略は異なるものの、アンモニウムが無機窒素源として重要な役割を果たしている可能性が示された。観測されている $\delta^{15}\text{N}$ 値をアンモニウムの同化で説明できる事を明らかにした研究は本研究が初めてであり、これは深海化学合成生態系における窒素循環を理解する上で極めて有益な成果である。</p>			

論文審査結果の要旨

本研究は、深海底の化学合成依存生物について、一次生産を担う化学合成独立栄養（もしくはメタン栄養）性細菌の窒素栄養の起源の評価を目指した研究である。これらの細菌の窒素栄養源に関しては未だ諸説入り乱れた状態にあり、詳細な地球表層の物質循環の理解の観点から、解明が切望されている領域の一つである。

学位論文では化学合成依存動物の飼育実験によって、まずはアンモニウム態窒素の栄養源の重要性を¹⁵Nでラベルした硝酸やアンモニウムを用いた実験を行うことで証明した。次いで、2種類の生物群集、鯨遺骸生物群集および蛇紋岩化作用で駆動されるメタン湧水生物群集を対象に、天然環境でのアンモニウムの評価を行った。その結果、鯨遺骸生物群集では生物群集のある基質堆積物中のアンモニウムが、その起源である有機物の窒素同位体比とほぼ等しく、有機物のアンモニウムへの嫌気分解では実際の海底環境でも同位体比の分別がほとんど起こらないことを示し、その成果は**Marine Biology**誌に掲載された。蛇紋岩化作用に伴うメタン湧水生物群集では、水素に富むことで特徴づけられる環境であることから、多くのアンモニウムの発生が期待されたが、実際にはアンモニウムの生成は限られ、プレート収束域のメタン湧水系生物が生息する環境と差がないことを明らかとし、その成果は**PLOS ONE**誌に掲載された。

これらの自らの分析結果とともに、化学合成生物の窒素同位体比を報告した既往の多くの文献のデータを整理し、アンモニウムに富む環境もしくは欠く環境において生物の窒素同位体比がどのように規制されているか、検討を行った。その結果、通常の海洋生物に比べ特徴的に低い窒素同位体比を持つことの多い化学合成依存動物の栄養源として、一定の同位体分別の元、アンモニウムに富む環境ではアンモニウムが主な窒素源として利用されたと考えることで動物の低い同位体比が説明できることが示された。

以上の様に、これまで断片的な証拠から推定されていた窒素栄養源としてのアンモニウムの重要性を具体的に論証するに至り、博士の学位にふさわしい研究成果が得られていると評価した。