

学位論文題名

Nitrogen isotopes in coral skeletons as a new proxy for
nutrient dynamics

(造礁性サンゴ骨格の窒素同位体比: 海洋栄養塩循環の新指標)

学位論文内容の要旨

海洋表層の栄養塩起源とその変遷を知ることが海洋の生元素の循環と気候変動を理解するのに重要である。ところが現在の海洋では栄養塩に乏しい貧栄養海域は全海洋の約 75% を占める。貧栄養海域における栄養塩循環を理解するためには、栄養塩濃度が低いために観測技術の改良が必要であり、また、外洋における継続的な観測が難しいという問題点がある。本研究では熱帯から温帯域にかけて分布する造礁性サンゴの骨格を用いて、海洋表層の栄養塩循環を復元する新しい指標を開発した。造礁性サンゴはその炭酸塩骨格に年輪を刻みながら付加成長させ、その成長方向に沿った化学分析により、週から月単位の高時間分解能で過去数百年間の海洋環境の記録を読み取ることができる。本研究では窒素の循環を復元する新しい指標として造礁サンゴの骨格中に保存されている有機物の窒素同位体比に着目した。窒素の化合物はそれぞれ固有の窒素同位体比を持つ。造礁サンゴ骨格は 0.1% の有機物を含み、その窒素同位体比はサンゴが取り入れた窒素源に由来する可能性が先行研究によって報告されており、その時間変化が詳細に復元できれば、低緯度域の海洋表層の栄養塩循環を理解することが可能である。

本研究では、造礁サンゴ骨格の窒素同位体比が栄養塩の指標として有用であるか検討するため、サンゴ骨格の窒素同位体比の測定手法の検討、指標のキャリブレーション、指標の長期間に渡る保存性の検討と、古環境復元への応用をおこなった。サンゴ骨格中の微量窒素（骨格質量比 0.01%）の測定には多量のサンゴ骨格粉末を使用するため、指標としての時間解像度が粗いこと、骨格中の窒素が海水中のどの窒素化合物に由来するかが分かっていないなどの問題点があった。そこで、本研究では連続フロー型安定同位体比質量分析計による微量の骨格中の窒素同位体比測定手法を確立した。次に同じサンゴ礁内においてサンゴ骨格の海水硝酸の窒素同位体比を比較し、サンゴ骨格中の窒素の起源物質を硝酸と特定した。この結果からサンゴ骨格の窒素同位体比指標は古環境復元指標として利用できる可能性を示した。さらに、サンゴ骨格の窒素同位体比組成の保存性を検討するため、鮮新世の化石サンゴのアラゴナイト骨格中に窒素が保存されているか、また同位体比組成が変化していないかを段階加熱法によって検討した。アラゴナイトの熱分解温度より低い温度で骨格の外側に付着している有機物を分解した後、高い温度で加熱するとアラゴナイトの熱分解がおこり、多量の窒素が検出された。その同位体比組成は化石であっても海水硝酸の窒素同位体比を反映していると示唆された。以上の結果から、サンゴ骨格の窒素同位体比組成は海水硝酸の窒素同位体比を反映して変化し、長期間骨格に保存されていると考えられる。

最後に本研究で開発した窒素同位体比指標を長期の記録を持つサンゴ骨格コアに応用し、サンゴ礁に供給される窒素起源の季節～年変動と気候・海洋環境の関係を議論した。本研究では 3 カ所のサンゴ骨格試料を用いて、それぞれの環境に特有の窒素循環を復元した。一つ目は日本の最南端の外洋に位置する沖ノ鳥島のサンゴ骨格を用いて、冬季の混合水の栄養塩供給と夏季の窒素固定生物の活動を示唆する季節変動を復元した。二つ目は黒潮の流軸上に位置する高知県竜串湾のサンゴ骨格コアを用いて、低緯度域の水塊の窒素同位体比組成をもつ黒潮の流量を 150 年間に渡って復元した。三つ目は石垣島の白保サンゴ礁轟川河口に生息するサンゴ骨格の窒素同位体比から沿岸の土地利用変遷がサンゴ礁への陸起源の硝酸流入に与える影響を議論した。以上の結果からサンゴ骨格の窒素同位体比組成は過去の海洋表層における栄養塩循環を長期に渡って詳細に記録し、さらに化石サンゴを用いることにより地質時代を通して、過去の海洋の窒素循環を高時間解像度で復元できる可能性を示した。

学位論文審査の要旨

主査	教授	鈴木	徳行
副査	教授	塚本	尚義
副査	准教授	沢田	健
副査	講師	渡邊	剛

学位論文題名

Nitrogen isotopes in coral skeletons as a new proxy for nutrient dynamics

(造礁性サンゴ骨格の窒素同位体比: 海洋栄養塩循環の新指標)

博士学位論文審査等の結果について (報告)

海洋表層の栄養塩循環とその変遷を知ることは、海洋の生元素の循環と気候変動を理解するのに重要である。ところが現在の海洋では貧栄養海域と呼ばれる栄養塩に乏しい海は全海洋の約75%を占める。貧栄養海域における栄養塩循環を理解するためには、栄養塩濃度が低いために観測技術の改良が必要であり、また、外洋における継続的な観測が難しいという問題点がある。著者は海洋表層の栄養塩循環を復元する新しい指標として熱帯から温帯域にかけて分布する造礁性サンゴの骨格に含まれる窒素同位体比指標を開発した。この指標はサンゴの生息期間である過去数百年間の貧栄養海域における栄養塩循環の詳細な変動の復元を可能にするものである。サンゴ骨格の窒素同位体比は窒素源を復元できるという特性から、2000年代半ばに陸起源物質による海洋汚染の指標として利用されはじめた。著者は造礁サンゴ骨格の窒素同位体比が栄養塩の指標として有用であるか検討するため、サンゴ骨格の窒素同位体比の測定手法の検討、指標のキャリブレーション、指標の長期間に渡る保存性の検討と、古環境復元への応用をおこなった。

サンゴ骨格中の微量窒素(骨格質量比0.01%)の測定には多量のサンゴ骨格粉末を使用するため、指標としての時間解像度が荒いこと、骨格中の窒素が海水中のどの窒素化合物に由来するかが分かっていないなどの問題点があった。そこで著者は連続フロー型安定同位体比質量分析計による微量の骨格中の窒素同位体比測定手法を確立した。次に同じサンゴ礁内においてサンゴ骨格の海水硝酸の窒素同位体比を比較し、両者が一致することを示した。この結果から、サンゴ骨格の窒素同位体比は共生藻が同化する海水硝酸に由来することを明らかにし、貧栄養の海域でもその季節変化、経年変化が復元できることを示した。海洋表層の硝酸の起源の時系列変化は海洋の窒素循環過程を理解するのに非常に重要であり、古環境指標としての利用価値が非常に高い。さらに、著者はサンゴ骨格の窒素同位体比組成の保存性を検討するため、鮮新世の化石サンゴのアラゴナイト骨格中に窒素が保存されているか、また同位体比組成が変化していないかを段階加熱法によって検討した。アラゴナイトの熱分解温度より低い温度で骨格の外側に付着している有機物を分解した後、高い温度で加熱すると、アラゴナイトの熱分解がおこり多量の窒素が検出されたことから、サンゴ骨格の窒素同位体比組成は海水硝酸の窒素同位体比を反映して変化し、長期間骨格に保存される有力な指標であることを示した。また著者は開発した窒素同位体比指標を長期の記録を持つサンゴ骨格コアに応用し、サンゴ礁に供給される窒素起源の季節～年変動と気候・海洋環境の関係を議論した。

以上の成果からサンゴ骨格の窒素同位体比組成は過去の海洋表層における栄養塩循環を長期に渡って詳細に記録し、さらに化石サンゴを用いることにより地質時代を通して、過去の海洋の窒素循環を高時間解像度で復元できる唯一の指標と言える。この指標から復元される環境は古海洋学、古生物学に対して大きく貢献するものである。よって著者は、北海道大学博士(理学)の学位を授与される資格を有するものと認める。