

論文審査の結果の要旨

氏名 ベル智子

近年の気候変動と今後の地球温暖化に伴う将来予測に関しては大気海洋結合大循環モデルによる予測が行われているが、それぞれのモデルの予測精度の向上には、古気候データを用いたモデルの動作特性の理解が極めて重要である。それに資するデータとしての古環境復元を行う上で、造礁サンゴの化学代替指標（プロキシ）を用いた研究は、近年の質量分析装置の発展とともに進展してきた。しかしサンゴの骨格形成は無機的な沈殿に完全に支配されておらず、付加的に生物学的効果が見られることが報告されてきた。しかし、そのメカニズムについては地球化学的手法のみを使った研究だけではこの生物学的効果の議論は難しかった。したがって本研究では、この生物学的効果について、新しく最新の分子生物学の知見を加えることで、地球化学での古水温プロキシについてゲノム生物学の観点から考察をし、骨格を形成する元素に影響を与える可能性のある候補遺伝子について評価を行なった。

本論文は第 5 章から構成されている。第 1 章で先行研究のレビューを行い、サンゴの基本的な石灰化メカニズムについて概観した後、サンゴ骨格中の金属イオンを用いた環境復元手法とその問題点の抽出を行っている。それを受けて本研究の目的を次のように設定している。まず温度復元指標として、骨格のストロンチウムの含有量 (Sr/Ca) が最も有効なプロキシであることについて、これまで行われてこなかった幼生飼育実験を用いた検証と、2 つ目は同環境下での成長率の差という生物学的効果の分子生物学的手法を使った理解の深化である。

第 2 章では、全ゲノムが解明されており、新しい古水温プロキシとして注目されているコユビミドリイシの骨格について評価するため、琉球大学熱帯生物圏研究センターにて幼生と成体の飼育実験に基づいた研究を行なった。幼生の飼育実験は、技術的に難しいとされている受精卵の定着作業から行い、塩分、光量なども含め環境要因を全てコントロールした状態で骨格を作成したサンプルを用いた。4 段階の温度飼育実験を行なった結果、 Sr/Ca と海水温との決定係数が 0.68 と導き出され、31℃という高い温度設定でも海水温との相関を示すことが明らかになった。一方、同じく一部の研究で水温との相関が報告されている骨格中のマグネシウム含有量 (Mg/Ca) では、海水温との決定係数が 0.53 という相関を示したものの、サンプル間の実験結果に対する相対標準偏差が Sr/Ca の 2 倍以上であった。また、成体を使った 1 年にわたる長期の飼育実験でもサンプル間の相対標準偏差について比較を行い、 Sr/Ca では最大で 1.9%であるのに対し、 Mg/Ca では最大で 11.9%であ

り成長率との強い相関が確認され、水温のプロキシとしては Mg/Ca が使用できないことを明らかにした。

第 3 章では、第 2 章の現象について考察するためにコユビミドリイシのゲノムデータベースの調査を行なった。この結果、コユビミドリイシは自然界に存在する 90 種類の元素のうち、15 元素を代謝できる可能性のある遺伝子を有することが分かった。また 15 種類の元素のうち、少なくとも 7 種類の元素のトランスポータがゲノムに存在することが示された。これは海水中の 7 種類の元素が、サンゴ体内の酵素に直接結合することによるエネルギーの獲得を行うとともに、濃度勾配に反して運搬されているということが推測できた。これらの結果から、海水中のストロンチウムは、この元素に特化した酵素による代謝の影響は受けずに無機的な経路を通して、サンゴの骨格中に取り込まれていることが示唆された。また、これに対してマグネシウムは、マグネシウムに特化した代謝酵素の影響を受けながら、サンゴ骨格中にとりこまれている可能性が示唆された。

第 4 章では、サンプル間の個体差という、第 2 章で確認された現象について追求するため、組織中の RNA を抽出し RNA-seq という遺伝子の発現量を分析する手法を用いて考察した。本研究では組織中の RNA と骨格の相関関係を見ているため、組織中のみの RNA を抽出する必要がある、その抽出方法について確立したうえで、成長率の速いサンプルと遅いサンプルの間で発現差のある遺伝子について考察した。カルシウムに関しては 10 個、マグネシウムに関しては 1 個の遺伝子を特定した。ストロンチウムに関しては、それに特化した遺伝子は 1 つも見つからず、第 3 章の結果を裏付けることとなった。また成長率の速いサンプルで、Mg トランスポータの発現量が約 4 倍多いということが分かり、その一方で骨格中の Mg/Ca はサンプル間で成長率により有意な差がみられた。これより、この遺伝子が骨格 Mg 濃度に影響を与えている可能性を示した。

第 5 章では、本研究の手法が他生物の生物学的効果の評価への応用の可能性を述べながら今後の課題についても議論をしている。

本論文は、地球化学とゲノム生物学を繋げることで地球化学にこれまでにない知見を加え、1970 年代から使われてきたサンゴ骨格 Sr/Ca と海水温の関係式が有効である理由を、ゲノム生物学を使って説明した独創的な研究である。本論文の飼育実験は共同作業であるが、論文提出者が主体となって解析および検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

以上の理由によりベル智子氏に博士（理学）の学位を授与することを認める。