

学 位 論 文 題 名

古海洋復元プロキシーとなる
堆積物中金属成分に関する研究

学位論文内容の要旨

本研究では、古海洋復元プロキシーと呼ばれるもののひとつである海底堆積物中金属成分を、オホーツク海、および日本近海における堆積物について測定した。過去、環境がどのような状況にあったかを示すものを「プロキシー」と呼んでいる。現在までに数多くのプロキシーが報告されており、その一つに、堆積物に残っている有孔虫と呼ばれる生物殻の炭酸カルシウム中酸素同位対比から、当時の海水温度を復元したというものがある。その他のプロキシーは、生物量の指標として用いられる炭酸カルシウムや有機炭素、栄養塩の指標として用いられるカドミウム (Boyle, 1981)、水温の指標として用いられるストロンチウム／カルシウム比、珪藻・円石藻の指標として用いられる生物起源シリカ（生物起源オパール）など、さまざまなプロキシーが提案されている。

生物生産に関するプロキシーは、関心も高く研究例が多いのだが、それは主に低緯度海域での報告が多い。炭酸塩は、高緯度の海域では、生物生産が活発なため、有機物分解に伴い炭酸塩が溶解し、残りにくくなる。したがって、堆積物に残りやすいプロキシーを探さねばならない。そこで、近年、生物生産のプロキシーとしては、生物起源オパールから得られる情報を重視している。しかし、あくまでもケイ質の生物であるから、石灰質生物の生産の情報はオパールからは得られない。石灰質生物の情報を残す可能性のあるプロキシーの存在が望まれるところである。

本研究では海水起源のバリウム(Ba_{ex})濃度を求め、そのオパール濃度と比較した。その結果、2つの分布はともに、大まかには温暖期に濃度が高く、寒冷期に濃度が低いという傾向が見られたが、暦年代で最終終末期に相当する (10 – 17 kyr) 60 – 170 cm において、 Ba_{ex} がオパールよりも先に増加し始めていた。炭酸カルシウムが、同じようにオパールよりも先に増加することから、 Ba_{ex} は、ケイ質の生物に加え、石灰質の生物とも関係がある可能性が示された。また、12 万年程度前の最終間氷期では、オパールの濃度が高いが、 Ba_{ex} は増えなかった。このことは、もし活発な生物生産で強い還元環境が出現し、 Ba_{ex} が硫化物に還元されて溶け出したとすれば、説明できる。 Ba_{ex} とオパールとの相関係数は非常に小さかったが($r = 0.34$)、二つの期間を除き、深さに

ともに増加する関数で割ると、係数は大きくなった ($r = 0.90$)。これは、氷期に堆積環境が徐々に変化したためであろう。氷期において、チタンの堆積速度は間氷期の約 2 倍であったが、堆積物全体の堆積速度が間氷期にあまりに大きかったため、オパールについての氷期と間氷期の間の違いは、堆積速度の方が堆積物中濃度よりも大きかった。

次に、酸化還元環境の変化に敏感であるといわれるカドミウムを用いて、古環境の復元を試みた。カドミウムは、遷移元素の一つで、地球化学的には、海水中のリン酸濃度と相関が高いことが知られており (Boyle et al., 1988)、これをもとに過去の栄養塩環境の復元が試みられている。しかし、一方でカドミウムは、酸化還元環境に敏感であり、還元的な環境になると硫化物を作って沈殿すると言われている (Kersten and Forstner, 1987)。しかも、酸化還元電位が低いと、強い還元環境でないと起こらない。van Geen et al. (1995) は、東太平洋カリフォルニア沖において、採取深度の異なる様々な表層堆積物を採取し、海水起源のカドミウムを抽出し、その濃度を採取深度に対して分布を示して、付近の地点で採取された海水柱の溶存酸素と比べた。その結果、溶存酸素鉛直分布とカドミウムの鉛直分布が鏡像関係になり、水深 1000m で、溶存酸素は極小になり、カドミウムは最大になった。このことは、堆積物直上の海水中溶存酸素濃度が、カドミウムの堆積に影響を及ぼす可能性があることを示している。これはカドミウムから当時の栄養塩環境を復元する上で非常に重要な情報を示しているが、このような研究例は少なく、これが東太平洋のある一海域の結果であるため、これが海洋のどの地点においても適用できるかどうかは明らかでなく、しかも、この研究では、ピストンコアラなど、堆積物表層を乱す可能性のある採取方法を取っているため、信頼性にかける点がある。そのため、本章では、それらの不確定要素を取り除くべく、van Geen et al. (1995) の海域の反対側である西太平洋域において研究を行い、その際試料は、堆積物表層を乱さない方法で採取されたものを用いて彼らと同様の検討を行い、この金属元素の有用性を示すことを目的とした。本研究では、これを西部北太平洋に応用した。その結果、過去の報告と同じように、溶存酸素濃度の極小層にあたる深度で採取された堆積物中のカドミウム濃度が極大を取った。これにより、東太平洋における結果が、その海域のみでなく、広く応用できる可能性があることが示された。

学位論文審査の要旨

主査	教授	角	皆	静	男
副査	教授	乗	木	新	一郎
副査	教授	大	場	忠	道
副査	助教授	田	中	教	幸
副査	助教授	渡	辺		豊

学位論文題名

古海洋復元プロキシーとなる 堆積物中金属成分に関する研究

本研究では、古海洋復元プロキシーと呼ばれるもののひとつである海底堆積物中金属成分を、オホーツク海、および日本近海における堆積物について測定した。過去、環境がどのような状況にあったかを示すものを「プロキシー」と呼んでいる。生物量の指標として用いられる炭酸カルシウムや有機炭素、栄養塩の指標として用いられるカドミウム、珪素殻を持つ生物量の指標として用いられる生物起源シリカ（生物起源オパール）など、さまざまなプロキシーが提案されている。

生物生産に関するプロキシーは、関心も高く研究例が多いのだが、それは主に低緯度海域での報告が多い。炭酸塩は、高緯度の海域では、生物生産が活発なため、有機物分解に伴い炭酸塩が溶解し、残りにくくなる。したがって、堆積物に残りやすいプロキシーを探さねばならない。そこで、近年、生物生産のプロキシーとしては、生物起源オパールから得られる情報を重視している。しかし、あくまでもケイ質の生物であるから、石灰質生物の生産の情報はオパールからは得られない。石灰質生物の情報を残す可能性のあるプロキシーの存在が望まれるところである。

本論文では海水起源のバリウム(Ba_{ex})濃度を求め、そのオパール濃度と比較した。その結果、2つの分布はともに、大まかには温暖期に濃度が高く、寒冷期に濃度が低いという傾向が見られたが、暦年代で最終終末期に相当する (10–17 kyr) 60–170 cm において、 Ba_{ex} がオパールよりも先に増加し始めていた。炭酸カルシウムが、同じようにオパールよりも先に増加することから、 Ba_{ex} は、ケイ質の生物に加え、石灰質の生物とも関係がある可能性が示された。また、12万年程度前の最終間氷期では、オパールの濃度が高いが、 Ba_{ex} は増えなかった。このことは、もし活発な生物生産で強い還元環境が出現し、 Ba_{ex} が硫化物に還元されて溶け出したとすれば、説明できる。 Ba_{ex}

とオパールとの相関係数は非常に小さかったが($r = 0.34$)、二つの期間を除き、深さとともに増加する関数で割ると、係数は大きくなった ($r = 0.90$)。これは、氷期に堆積環境が徐々に変化したためであろう。氷期において、チタンの堆積速度は間氷期の約 2 倍であったが、堆積物全体の堆積速度が間氷期にあまりに大きかったため、オパールについての氷期と間氷期の間の違いは、堆積速度の方が堆積物中濃度よりも大きかった。

次に、酸化還元環境の変化に敏感であるといわれるカドミウムを用いて、古環境の復元を試みた。カドミウムは、遷移元素の一つで、地球化学的には、海水中のリン酸濃度と相関が高いことが知られており (Boyle *et al.*, 1988)、これをもとに過去の栄養塩環境の復元が試みられている。しかし、一方でカドミウムは、酸化還元環境に敏感であり、還元的な環境になると硫化物を作って沈殿すると言われている (Kersten and Forstner, 1987)。van Geen *et al.* (1995)は、東太平洋カリフォルニア沖において、採取深度の異なる様々な表層堆積物を採取し、海水起源カドミウムの濃度を採取深度に対して分布を示し、付近の地点で採取された海水柱の溶存酸素と比較した。その結果、溶存酸素鉛直分布とカドミウムの鉛直分布が鏡像関係になり、溶存酸素が極小になった水深約 1000mでカドミウム濃度は最大となった。このことは、堆積物直上の海水中溶存酸素濃度が、カドミウムの堆積に影響を及ぼす可能性があることを示している。にもかかわらずこのような研究例は少なく、これが東太平洋のある一海域の結果であるため、これが海洋のどの海域においても適用できるかどうかは明らかではない。そのため、本研究では、van Geen *et al.* (1995)の海域の反対側である西太平洋域において研究を行い、彼らと同様の検討を行ってこの金属元素の有用性を示すことをめざした。その結果、過去の報告と同じように、溶存酸素濃度の極小層に相当する深度で採取された堆積物中のカドミウム濃度が極大を取った。これにより、溶存酸素極小層と表層堆積物中カドミウム濃度が太平洋全体に影響する可能性があることが示された。

審査員一同は、以上の研究結果を高く評価し、また研究者として研鑽を重ねており、その研究に対する態度も誠実かつ熱心であること、取得単位を満たしたことをあわせ、申請者が博士(地球環境科学)の学位を受けるに十分な資格を有するものと判断した。