

学位論文題名

A new index to quantify diatom dissolution level based on *Neodenticula seminae* frustule and an application for paleoceanographic reconstruction during Late Quaternary in the North Pacific

(*Neodenticula seminae* 被殻を用いた珪藻の定量的溶解指標とその北太平洋後期第四紀の古海洋復元への応用)

学位論文内容の要旨

珪藻被殻の形態は多様性に富み、続成過程で種間による選択的溶解が生じる (Mikkelsen, 1980)。そのため、表層堆積物中の遺骸群集は生体群集から変形し、元来生体群集が持っていた水塊特性や生産性の情報が歪曲されて、地史復元において誤った結論が導かれる恐れがある (Takahashi, 1994)。この選択的溶解は、化石記録の持つ価値を減じるため、地史を編む上で大きな傷害となってきた。例えば、嶋田・長谷川 (1999) は、北西太平洋縁辺域三陸沖から得られた海底コア KH94-3, LM-8 (東大海洋研白鳳丸 KH94-3) を用いて、珪藻の群集解析から最終氷期をカバーする過去 10 万年の海洋環境を復元したが、酸素同位体比ステージ 2 (25-11ka) においては、温暖水塊または高生産性を指標する珪藻種 *Thalassionema nitzschioides* (Grunow) H. et M. Peragallo が卓越する一方で、この時期の珪藻殻集積速度 (DMAR) が極小を呈することを報告した。この珪藻記録の相互間に認められる矛盾の要因として、珪藻殻の選択的溶解による情報の歪曲が考えられる。しかし、1) 堆積物中の珪質殻溶解度の変動は、積極的に捉えれば、それ自体が古海洋学的な背景を持つ事件であり、2) 溶解度の復元は、将来堆積物中の群集から生体群集を復元するための、最初のステップにもなりうる。こういった動機から、Shemesh et al. (1989) や Pichon et al. (1992) などによって珪質微化石を用いた多くの溶解指標が提案されてきた。しかし、従来の指標は、異種間の量的関係に依存する相対的なものであって、生体群集の組成やタクサ間での溶解に対する耐性の差異が未知である以上、定量性は期待できない。そこで本論は、異種間の量的関係に依存せず、指標種が群集に存在する限り適用可能な、珪藻単一種内の部位間関係にもとづく定量的溶解指標を考案した。

北太平洋に普遍的に産出する浮遊性羽状目珪藻 *Neodenticula seminae* (Simonsen et Kanaya) Akiba et Yanagisawa の被殻には、2 対の殻とコプラが含まれる。このとき、それらの比 (コプラ比 CR=殻数/コプラ数) は、生体群集においては初生的に 1.0 となるが、海底堆積物中の遺骸群

集では概ね 0.5 より小さい。この変化は生体の死後、海水中での沈降から堆積物表層での初期続成の過程で生じると考えられる。そこで本論は、1) 水柱の群集におけるコブラ比が初生値 1.0 に近似されることを海水フィルタ試料を検鏡して確認し、2) 溶解過程における定量性を検証するための実験と、それにもとづく溶解指標の定義を行った。さらに、3) この溶解指標を、さきに従来型の珪藻群集解析を行った KH94-3, LM-8 海底コアへ適用し、その結果にもとづいて群集の記録相互が呈する矛盾について考察し、得られた古海洋環境変遷史を、珪藻の溶解という側面から再評価することを試みた。

まず、千島沖の海水フィルタ試料（北大水産学部北星丸 HO71）を用いて、表層の生体群集と沈降群集を代表する、水柱の各水深における群集のコブラ比を算定した。その結果、検鏡試料はいずれも表層堆積物のコブラ比より飛躍的に大きく、1.0 に近似できた。つぎに、北太平洋から得られた 3 表層堆積物（三陸沖・アラスカ湾・知床沖）について時系列溶解実験を行った。乾燥粉末試料は PP 遠沈管の中の 2mol/l 炭酸ナトリウム溶液に投入し、所定の時間往復振とうして溶解させた。その結果、殻数とコブラ数は、1 試料で実験開始直後に急激な減少が観察されるものの、それ以外ではいずれも指数回帰の傾向を示した。そして、実験結果から得られた溶解プロファイルから殻とコブラの溶解に対する耐性の比を求めたところ、実験に供した 3 試料ともにほぼ一定で約 0.5 の値が得られた。このことと、殻とコブラの初生的な数は等しいことを考慮すれば、表層での堆積時における *N. seminae* 殻数は、各層準の堆積物試料で実際に観察・算定されるコブラ比および殻数、そして、殻とコブラの溶解に対する耐性の比を用いて近似的に復元することができる。さらに、コブラ比が 0.3（堆積物試料中の群集がしばしば示す値）である場合について、*N. seminae* の「復元殻数」に対する「現存殻数」、つまり、残存率（Preserved fraction）を求めると約 9%と計算された。これは、アラスカ湾のセディメントトラップ群集フラックスと表層堆積物から Preserved fraction を試算して、約 5%と見積もった Takahashi（1994）と矛盾しない。

次に、珪藻の溶解度の時間変遷を知るために、この指標をさきの KH94-3, LM-8 コアに適用した。すると、*N. seminae* 復元殻数と堆積物中の *N. seminae* 現存殻数は、ともに最終氷期（特にステージ 2）に低く後氷期に高いが、両者を比較するとステージ 2 においてその差が著しい。これは、この時期に溶解が激しかったこと、つまり、珪藻の氷期/後氷期間の量的コントラストが、溶解によって強められたことを示す。そして、少なくとも三陸沖における最終氷期の生産性は、珪質殻の溶解を考慮してもなお、後氷期よりも低かったことが推定される。また、DMAR はステージ 3 および 1 で増加し、ステージ 2 では極小を示すと同時に絶滅種などの異地性遺骸がスパイク状に増加する。一方で、堆積物全岩の集積速度は DMAR プロファイルと逆相関し、ステージ 2 で極大を示す。以上より、最終氷期、特にステージ 2 には珪質殻の溶解を促す非オパール希釈物質の供給が、相対的に増加した可能性がある。この解釈は北西太平洋域での最終氷期における陸源物質の供給量の増加（川幡ほか、1997）や、炭酸塩の保存の促進（Hovan et al., 1991）などのシナリオと調和的である。

# 学位論文審査の要旨

主査 教授 大場 忠道  
副査 教授 南川 雅男  
副査 助教授 長谷川 四郎  
副査 教授 小泉 格 (大学院理学研究科)

## 学位論文題名

### A new index to quantify diatom dissolution level based on *Neodenticula seminae* frustule and an application for paleoceanographic reconstruction during Late Quaternary in the North Pacific

(*Neodenticula seminae* 被殻を用いた珪藻の定量的溶解指標とその北太平洋後期第四紀の古海洋復元への応用)

珪藻の形態は多様性に富み、続成過程で種間による選択的溶解が生じる (Mikkelsen, 1980)。そして表層堆積物中の遺骸群集は生体群集から変形し、元来生体群集が持つ水塊特性や生産性の情報が歪曲して、古環境復元において誤った結論が導かれる恐れがある。このように選択的溶解は化石記録の持つ価値を減じるため、地史を編む上で傷害となってきた (Takahashi, 1994)。例えば嶋田・長谷川 (1999) は、北西太平洋縁辺域三陸沖から得られた海底コアを用いて、珪藻の群集解析から最終氷期をカバーする過去 10 万年の海洋環境を復元したが、最終氷期極相期 (25-11ka) には、温暖水塊または高生産性を指標する珪藻種 *Thalassionema nitzschioides* が卓越する一方で、この時期の珪藻殻集積速度 (DMAR) が極小を呈することを報告した。この珪藻記録相互間の矛盾の要因として、珪藻殻の選択的溶解による情報の歪曲が考えられる。しかし 1) 堆積物中の珪質殻溶解度の変動は、積極的に捉えればそれ自体が古海洋学的な背景を持つ事件であり、2) 溶解度の復元は、将来堆積物中の群集から生体群集を復元するための最初のステップにもなり得る。この動機から、Shemesh et al. (1989) などにより珪質微化石を用いた多くの溶解指標が提案された。しかし従来の指標は異種間の量的関係に依存して相対的であり、生体群集の組成やタクサ間での溶解に対する耐性の差異が未知である以上、定量性が期待できない。そこで本論は、異種間の量的関係に依存せず、指標種が群集に存在する限り適用可能な、単一種内の部位間による定量的溶解指標を考案した。

北太平洋に普遍的に産出する浮遊性羽状目珪藻 *Neodenticula seminae* の被殻には、2 対の殻と

コブラが含まれる。このときその比（コブラ比 CR=殻数/コブラ数）は、生体群集では初生的に 1 となるが、遺骸群集では概ね 0.5 より小さい。この変化は生体の死後、沈降から堆積物での初期続成の過程で生じると予想できる。そこで 1) 水柱の群集におけるコブラ比が初生値 1 に近似できることを海水試料を検鏡して確認し、2) 溶解過程における定量性を検証する実験と、それにもとづく溶解指標の定義を行った。更に 3) この溶解指標を、さきに珪藻群集解析を行った LM-8 コアへ適用し、その結果に照らして群集の記録相互が呈する矛盾について考察し、得られた古海洋環境変遷史を、珪藻の溶解の側面から再評価することを試みた。

まず千島沖の海水試料を用いて、水柱の群集のコブラ比を算定した。その結果、検鏡試料のコブラ比は何れも表層堆積物より飛躍的に大きく 1 に近似できた。次に北太平洋の 3 表層堆積物を用いた系列溶解実験を行った。乾燥粉末試料は PP 遠沈管の中の 2mol/l 炭酸ナトリウム溶液に投入し、所定の時間往復振盪して溶解させた。その結果、殻数とコブラ数は 1 試料で実験開始直後に急激な減少が観察されるが、その他では指数回帰の傾向を示した。そして実験から得た溶解プロファイルから殻とコブラの溶解に対する耐性の比を求めたところ、実験に供した 3 試料ともほぼ一定で約 0.5 の値を得た。このことと、殻とコブラの初生的な数は等しいことを考慮すれば、表層での堆積時における *N. seminae* 殻数は、各層準の堆積物試料で実際に観察されるコブラ比及び殻数、そして殻とコブラの溶解に対する耐性の比を用いて近似的に復元できる。更にコブラ比が 0.3（堆積物中の群集がしばしば示す値）である場合について、*N. seminae* の復元殻数に対する現存殻数、つまり残存率（Preserved fraction）を求めると約 9%と試算された。これはアラスカ湾のセディメントトラップ群集フラックスと表層堆積物から Preserved fraction を計算して、約 5%と見積もった Takahashi (1994)と矛盾しない。

次に珪藻溶解度の時間変遷を知るため、指標を同一コアに適用した。すると *N. seminae* の復元殻数と堆積物中の現存殻数は、共に最終氷期（特にステージ 2）に低く後氷期に高いが、両者を比較するとステージ 2 でその差が著しい。これはこの時期に溶解がより激しかったこと、つまり珪藻の氷期/後氷期間の量的対照を、溶解が強めたことを示す。そして少なくとも三陸沖における最終氷期の生産性は、珪質殻の溶解を考慮してなお、後氷期より低かったことが推定できる。DMAR はステージ 2 では極小を示すと同時に異地性遺骸がスパイク状に増加する。一方堆積物全岩の集積速度は DMAR と逆相関し、ステージ 2 で極大を示す。以上より最終氷期（ステージ 2）には珪質殻の溶解を促す要因の 1 つとして、非オパールの希釈物質の供給が相対的に増加した可能性がある。

以上より、この研究は、微化石の地質学的ツールとしての分解能を、著しく高めることに寄与すると考えられる。

審査員一同は、これらの成果を高く評価し、また研究者として誠実かつ熱心であり、大学院課程における研鑽や取得単位なども併せ申請者が博士（地球環境科学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと判定した。