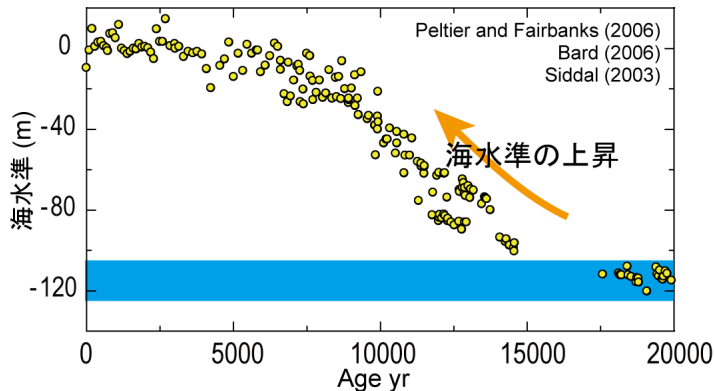
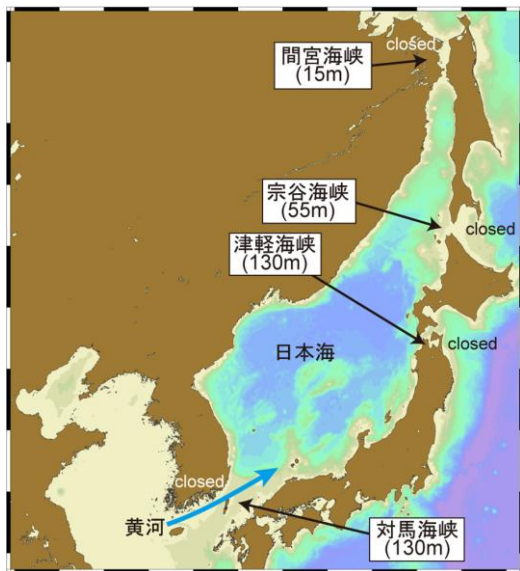


過去 1 万年間の北陸沖海水温の高精度復元

堀川恵司（富山大学 大学院理工学研究部（理学））

1. はじめに

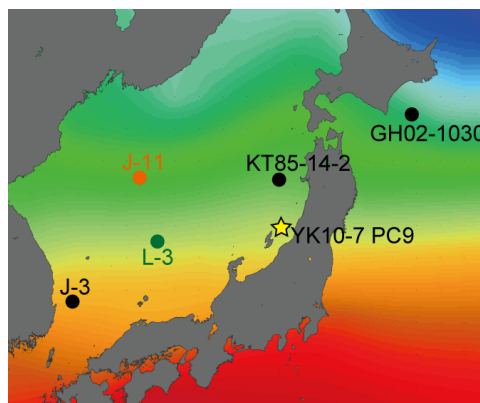
有孔虫の炭素・酸素同位体比や珪藻・放散虫などに基づく古海洋学的研究から、日本海の海洋環境は海水準の変動により激しく変化してきたことが明らかにされている。特に、海水準がおよそ 120m 低下していた最終氷期（23000 年–18000 年前）は、対馬海峡や津軽海峡などを介した日本海と外海との海水交換が極端に制限されており、黄河由来の河川水が日本海表層を覆っていたことが分かっている。さらに、融氷期初期（18000 年前）から 7000–8000 年前までは、海水準が徐々に上昇し始め、津軽海峡から親潮が日本海へ流入していたとされる。そして、7000–8000 年前以降、対馬暖流が日本海へ流入し、現在の日本海の海洋環境が成立したと考えられている (e.g., Oba and Murayama, 1995; Itaki and Ikehara., 2004)。このような日本海的环境変遷史は、主に暖流や寒流など特定の水塊を好む微化石群集組成の推移から推察されているだけであり、過去の表層水温や表層塩分などの定量的な復元はなされていない。現在の日本海側沿岸部の比較的温暖な気候状態が、対馬暖流の流入に負うところが大きい事を考慮すると、対馬暖流の流入がわずかだった 7000 年前以前では、日本海側沿岸部の水温や隣接する陸域の気候状態は現在と大きく異なっていたと推察される。本研究では、日本海新潟沖から採取された柱状堆積物試料を対象として、新規地球化学的水温指標である「浮遊性有孔虫の Mg/Ca 比水温計」を使い、過去 18000 年間の日本海表層水温の復元を行う。得られた水温データから、海流と日本海側沿岸部の気候変遷との関係や水温変動の周期性とその気候メカニズムを解析する。



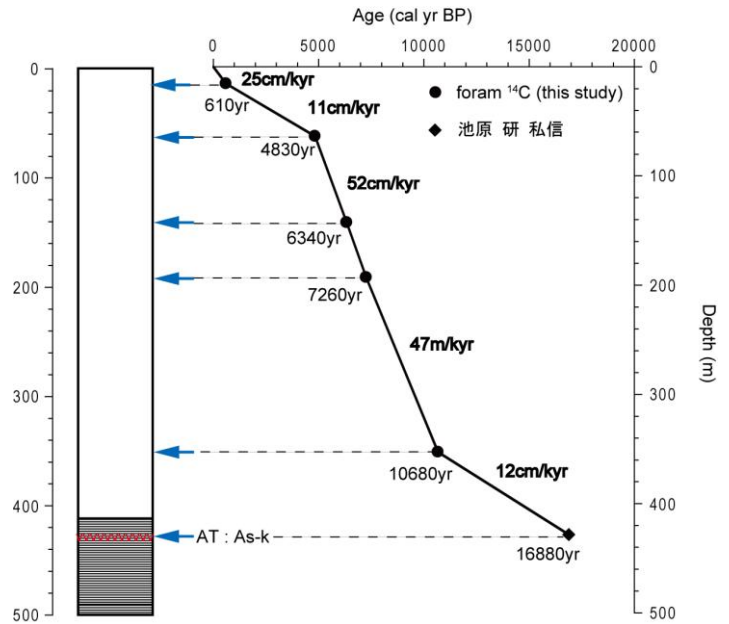
左) 2 万年前の日本周辺の古地理図。間宮海峡，宗谷海峡，津軽海峡，対馬海峡は浅海化していた。黄河がチェジュ島まで前進し，黄河河川水が日本海表層へ流入していたと考えられている。上) 過去 2 万年間の海水準変動曲線。

2. 研究試料

試料は、海洋研究開発機構（JAMSTEC）の研究船「よこすか」によって新潟沖（水深 738 m）で採取された海底堆積物コア（YK10-7-PC09）を用いた（図中星マーク）。研究対象としたのは、およそ 18000 年前に相当するコア深度 500cm までである。浮遊性有孔虫の ¹⁴C 年代層序を構築する目的で、本コア



試料の6層準（1層準はパイロットコア）から浮遊性有孔虫をおよそ1-2mg拾い、米国ウッズホール海洋研究所へ¹⁴C年代測定を依頼した。測定された¹⁴C年代は、Marine09の較正曲線を使いΔRを0+/-100yrとし暦年代へ換算した。この浮遊性有孔虫の暦年代を用いた本コアの年代モデルを右図に示す。



3. 結果と考察

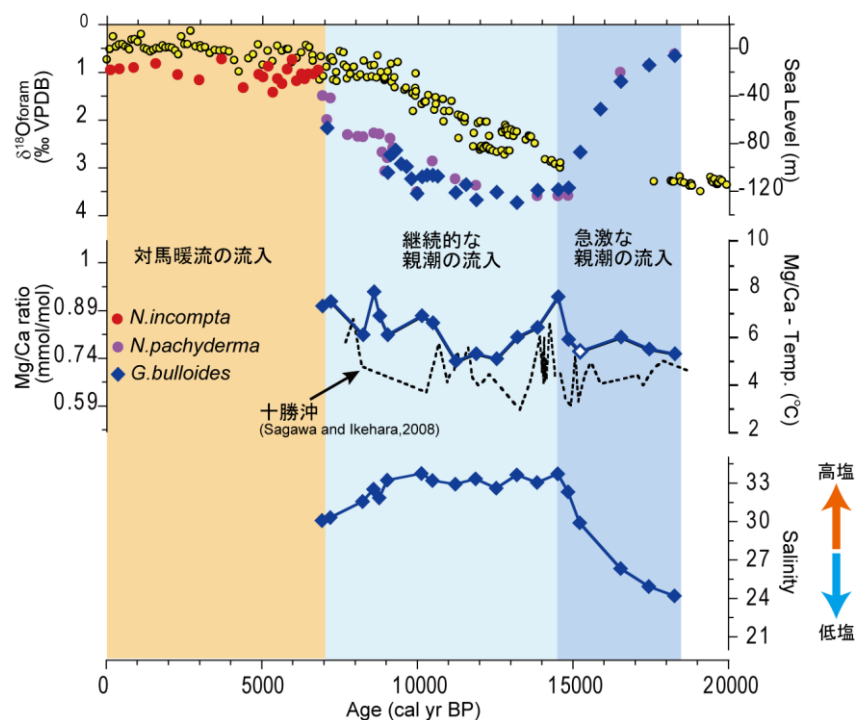
炭素・酸素同位体比分析と微量元素分析には3つの浮遊性有孔虫(*N.incompta*, *N.pachyderma*(s), *G.bulloides*)を用い、それぞれ高知大学海洋コア総合研究センターのIR-MS (Thermo Finigan MAT-253)と富山大学本研究室のSF-ICP-MS (Thermo Finigan Element II)で測定を行った。本研究室のSF-ICP-MSを用いた微量元素分析の分析精度(1σ)は、Mg/Ca = 0.97%, Mn/Ca = 0.49%, Ba/Ca = 1.63%であった。

浮遊性有孔虫種は、およそ7000年前以前では*G.bulloides*と*N.pachyderma*, 7000年前以後では*N.incompta*が多産し、多産種が7000年前前後で顕著に変化していた。測定された浮遊性有孔虫の酸素同位体比結果を下図に示す。Oba and Murayama (1995)らの報告と同様、18000年前から15000年前にかけて、酸素同位体比が0.6‰から3.4‰へ約3‰程度増加する傾向が見られた。その後、7000年前まで緩やかに減少し、7000年頃に急激に酸素同位体比が1‰程度減少している事が明らかになった。また、7000年前以降多産する*N.incompta*のMg/Ca-水温換算式が現時点で確立されていないため、現時点で水温の復元は行えていない。これについては、今後、日本海表層試料を使い、*N.incompta*の水温換算式を作るところから早急に取りかかる必要がある。

1.8万-7千年の間では、*G.bulloides*のMg/Ca比から水温を算出することができた(下図)。復元された水温は、1.8万-7千年の間で5℃から8℃まで上昇し、B/A期に約3℃の一時的な水温増加があることが明らかになった。また、上記の期間、日本海新潟沖の表層水温変動が、親潮の影響下にあった十勝沖と比べ約1度高く、同様の水温変動(Sagawa and Ikehara, 2008)を経験していたことも明らかになった。この事は、この期間、津軽海峡を介して、日本海へ親潮が流入していたことを裏付けている。また、7000年前は、全球的には、既に温暖な気候状態にあったが、

日本海側沿岸部は低温の親潮の影響下にあり、最終氷期と同様、非常に寒冷な気候状態にあった事が示唆される。

また、浮遊性有孔虫の $\delta^{18}\text{O}$ とMg/Ca水温から、1.8-1.5万年前の $\delta^{18}\text{O}_{\text{sw}}$ を算出した結果(Oba et al., 1980), 約4‰の増加となった。現在のオホーツク海における $\delta^{18}\text{O}_{\text{sw}}$ と塩分の関係(Yamamoto et al., 2001)を、1.8-1.5万年前の日本海に適用した場合、4‰の $\delta^{18}\text{O}_{\text{sw}}$ の増加は約10 psuの塩分増加に相当する。すなわち、1.8万年前に



24 psu 程度であった表層塩分が、1.5 万年前には、33 psu に増加していた事を示唆する（下図）。さらに、算出した $\delta^{18}\text{O}_{\text{sw}}$ は、本研究で測定した有孔虫殻の Ba/Ca 比と同様の変動傾向を示した。この結果は日本海において、Ba/Ca 比が過去の塩分変化を推察する上で有用な指標（Weldeab et al., 2011）になる可能性を示唆する。

4. おわりに

現時点で使用している年代モデルによると、*N.pachyderma(s)*と *G.bulloides* から *N.incompta* へと浮遊性有孔虫種が入れ替わるのが、およそ 7000 年前である。また、*G.bulloides* の Mg/Ca-水温も 7000 年前までは、現在と比べ 10 度程度低い値であり、酸素同位体比はこの時期に約 1‰減少している。そのため、この時期を境に対馬暖流の永続的な流入が始まり、これを契機に日本海の表層環境が激変したと結論づけられる。興味深いことに、能登半島先端にある北陸最大の縄文遺跡（石川県真脇遺跡）の形成年代は、およそ 7000 年前前後と推定されている。この時間的一致は、対馬暖流の本格的な流入が縄文人の日本海沿岸部への定住を促した重要な要因であった可能性を強く示唆する。真脇遺跡周辺で採取されたボーリングコアの花粉分析によると、能登半島周辺の陸上植生は、暦年代で 7400 年（石川県能都町真脇遺跡, 1986）に冷温帯から暖温帯にシフトしている。そのため、日本海への暖流の流入が、日本海側沿岸部の気候状態に大きな影響力を持っていたことがうかがえる。本研究結果は、気候・海洋変動が縄文人の移動拡散や文明の発達と密接に関連している事を示す好例の一つになるのではないかと思われる。今後は、水温データをさらに細かく算出していき、数十年周期の水温変動を見だし、その変動プロセスの解析や、気候変動の文明への影響について詳細に解析していく。