

# 北極掘削科学と地球環境

九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門

高 橋 孝 三

地球の環境を考える上で、特に人類が直面する未来環境について何らかの推測をするとすれば、極地方の動向を把握する事は非常に重要である。それは地球全体の寒暖に関して極地方が鋭敏に反応するからである。南極に関しては、我が国として毎年南極越冬隊を派遣しているのみでなく、ドームふじ観測基地で「アイスコア」と呼ばれる氷の柱状試料を数千mの規模で取得・分析し、過去の南極上空の大気温や炭酸ガスの濃度等を測定している。実際に1996年には、ドームふじ（標高3810m）にて深さ2504m、年代にして過去34万年間に降り積もった雪の堆積物、すなわち大陸氷河をアイスコアとして掘削に成功し、古環境復元のよりどころとなっている。

このように序々に解明されつつある南極域の古環境変遷に比べ、北極域の環境変動の研究は一向に進展しなかった。その大きな理由として、多年氷の存在がある。つまり、海水が船舶の航行を阻害するため、例えば船が極点付近に容易に到達出来ない事にある。極地方の反応が鋭敏と言う意味において、北極は南極よりも重要な面もある。たとえば、現在進行中の地球温暖化により北極域を覆う多年氷は、1970年代後半からのデータによると10年間で8%程度の面積減少を記録しており（Stroeve et al., 2004）9月の海水被覆面積（年間の最小期）が20%減少した。この多年氷は、今後30年から70年で溶けて消滅するという予測もあり（例えばEarth Observatory News, 2005; Overpeck et al., 2005），現在の環境把握と過去の記録の詳細を精査することが急務である。さらに冬期の北極海水に関しても過去25年間の記録によると経年的な被覆面積の減少が見られており（Meier et al., 2005），地球温暖化の影響が見て取れる。

一方、現在海水で覆われている北極海も、元々の温暖期には海水が無かったはずである。その当時の記録は海底堆積物中に微化石やそれ以外の環境トレーサーとして残っていることが予測できる。図1左側の酸素安定同位体比のグラフは深海掘削計画（DSDP - ODP）により得られたもので、新生代における全球的な気候変動を「氷床量」という集約形で表現した気候変動の歴史を語る図である（Zachos et al., 2001）。例えば、始新世初期には温暖期の極大を迎える、両極にはまだ氷河や海水が無かったことも分かっている。それならば、この時期の試料を入手して当時の環境復元を行う事が望まれる。

このような背景の基に、九州大学の加盟している統合国際深海掘削計画 IODP では、2004年8~9月に北極海の極点付近での海底下428mまでの海底掘削に始めて成功した（図2）。ストックホルム大学 Jan Bachman 教授とロードアイランド大学 Kate Moran 博士の率いる世界8か国の科学者チーム17名は、北緯70度の極北の地ノルウェー・トロムソか

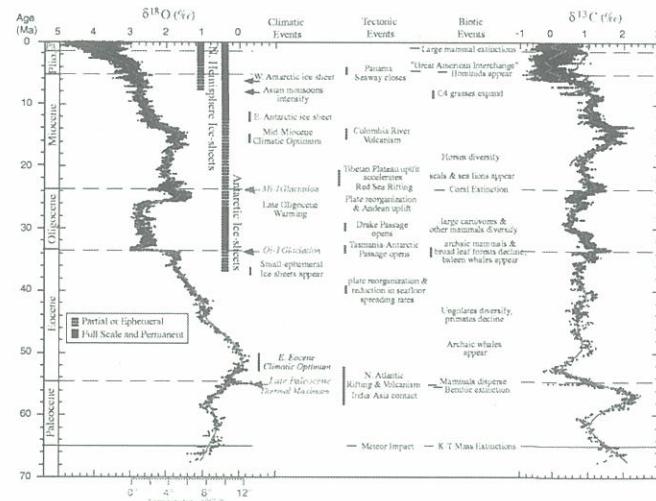


図1. 深海掘削計画（DSDP - ODP）により得られた新生代における酸素および炭素安定同位体比の変動。左側のグラフは、酸素同位体比の変動で全球的な気候変動を「氷床量」という集約形で表現したものである（Zachos et al., 2001）。

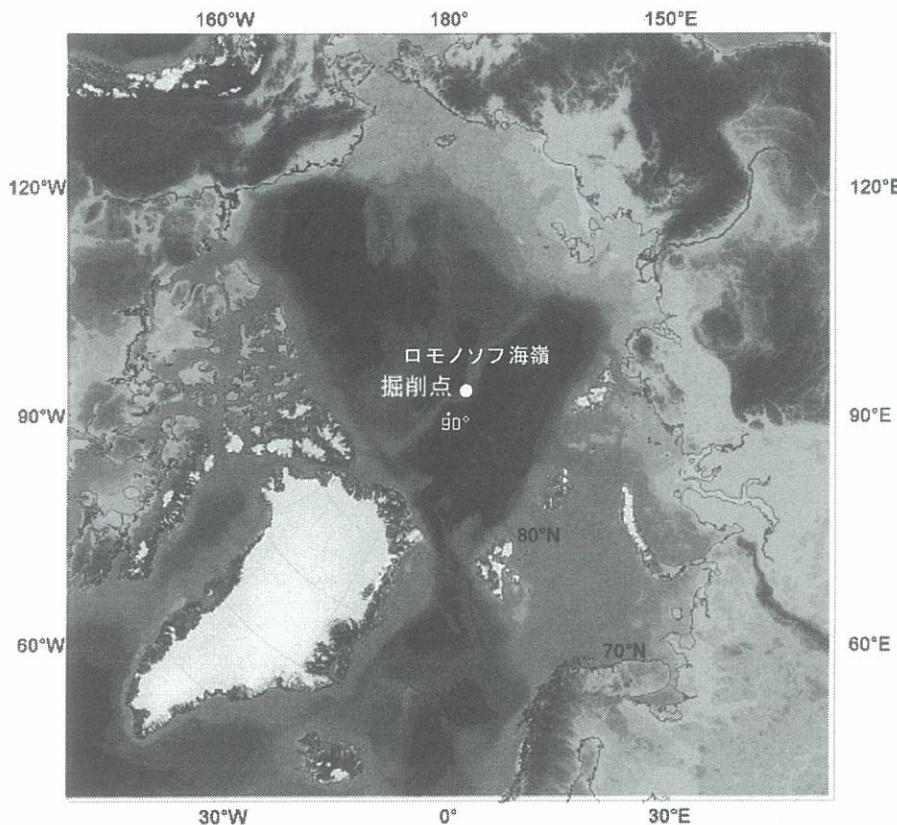


図2. 統合国際深海掘削計画302次航海によるロモノソフ海嶺上の北極海掘削。

らスエーデン王立科学アカデミー所属の砕氷船オーデン号に乗船・出港した。このうち九州大学からは筆者の他に大学院理学府博士課程2年的小野寺丈尚太郎氏が参加した。この約40日間の白夜の世界での掘削事業は、地球史新生代における最後に残された地図の空白部分を埋める大挙である。今までの北極海古環境研究では、通常のピストンコアラーによる柱状堆積物コア採取に頼っており、海底下10m程の（10万年程度）のコア情報しか得られなかつた。これは今まで、耐氷能力不備の通常の科学掘削船を北極海氷域に導入できなかったからである。今回の大挙では、2隻のサポート船のロシア大型原子力砕氷船ソビエツキー・ソユーズ号（23,000トン）と中型砕氷船オーデン号の併用による人類初の技術達成である海水板連続破碎が功を奏した。これにより、ノルウェー掘削船ビダール・ビキング号に向けて毎時400m程度の速度で押し寄せる大型氷板（時には6~7mの厚さの多年氷もある）を排除し、破碎氷のみが掘削船の周囲を流れた（図3, 4）。水深1200mを超える深さでの氷海掘削は、今まで未経

験のため、当初は全員不安であった。また夏・白夜とは言え、大気温マイナス12度Cにも至る極寒の状況での苦難の掘削をなし得たことも大きい（図5）。

北極海の古地理や環境の復元は、地球の歴史の全貌を理解する上で欠かせない。長い地球環境の歴史の中で、現在は寒い氷河時代の中のつかの間の間氷期と呼ばれる温暖期にある。恐竜達の栄えた温暖期



図3. ノルウェー掘削船ビダール・ビキング号および遠景にて砕氷中のロシア大型原子力砕氷船ソビエツキー・ソユーズ号。



図4. 衛星画像：氷海における碎氷跡（写真提供：IODP Leg 302 ACEX海水マネージメントグループ）。

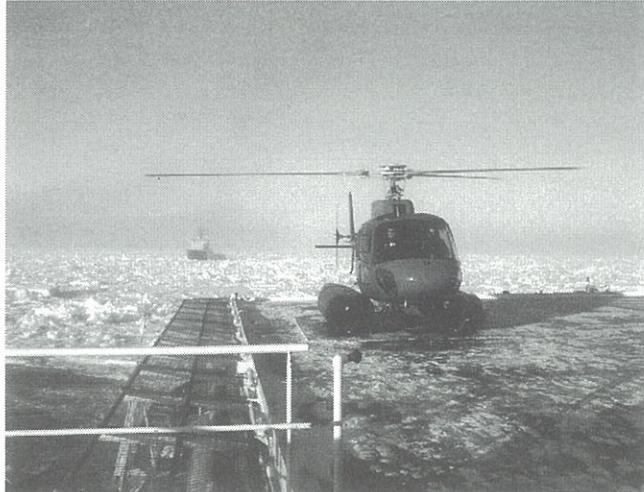


図5. ヘリコプターによる船舶間の人員および試料の移動風景（白夜の世界）。

の中生代白亜紀から新生代の現在に向かって、地球環境は寒冷の方向に変化した。この変遷の中の大きな出来事の一つとして、北半球に大陸氷床（グリーンランド、スカンジナビア、ローレンタイド氷床）が現れたのは今から265万年前である。だが、この氷床の成因は未だに不明である。この当時に北極海で海水が出現したことが原因で、太陽光が反射され、北半球の氷床発達を促したと言う説も出てきた（実際にはこの説は今回否定された）。掘削のみが眞実を語ってくれるである（図6、7）。詳細は今後の研究成果に委ねるが、北極海の海水生成は少なくとも1700万年前には確実に存在し、おそらく4400万

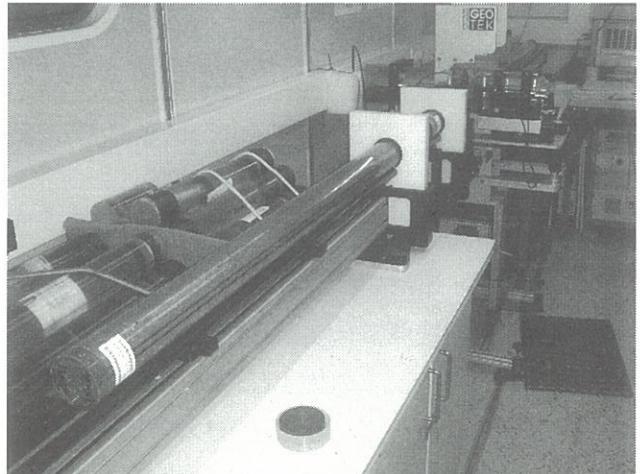


図6. 得られたコアのビダール・ピキング号船上での非破壊・連続自動測定（密度、地磁気帯磁率等）の風景。

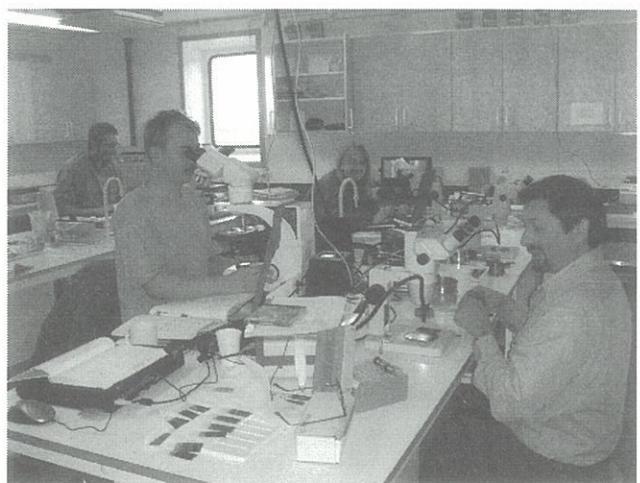


図7. スエーデン王立科学アカデミー所属の碎氷型研究船オーデン号（通常は科学者の大半がこの船に乗船）の古生物学ラボでの顕微鏡作業風景。

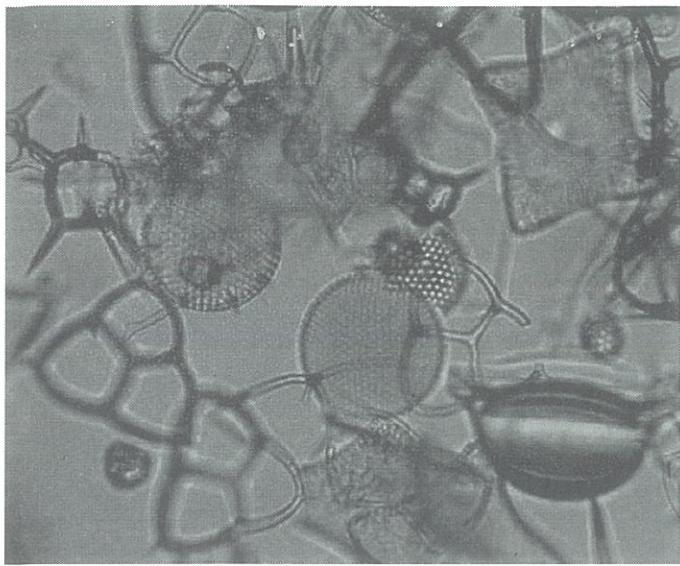


図8. 始新世4400万年前の古北極海に棲息していた珪質微化石（珪質鞭毛藻、珪藻、エブリア類）。これらの化石から古環境が閉鎖的な汽水・浅海であったことが分かる。

年前まで遡ることが海水や氷山でしか運搬出来ない礫の存在から分かった。また、前述のように現在温暖化が叫ばれており、今後の北極の海水量の減少も懸念されている。将来、地球温暖化により海水が消滅した時の氷の無い北極海環境を、過去の事例（始新世の温暖期：図1、8）から学ぶことも人類生存のために大切なことであろう。

今回の北極海掘削では、海底下428mまでの基盤上の堆積物（約400m）と基盤28mを掘り進める事ができ、過去5,600万年前までの北極海環境の詳細復元を可能とした。また、今回掘削したロモノソフ海嶺が大陸性地殻の埋没したものであることも、今回の基盤が中生代白亜紀約8,000万年前の堆積物で構成されており、シベリア大陸から遊離して北極に移動したことも証明された。

しかし、大目的の一つであった大西洋－太平洋の間の海盆連携の時期を解明できる証拠は見つからなかった。これは、北極海が過去5,600万年間の大半の時期を現在とは異なる閉鎖系の汽水環境で占めていたことによる。しかし、現在に至る開放系の大西洋－太平洋水塊連携に至る歴史を理解しなければ過去の地球の海洋水循環は理解できない。この最後の宿題の解決は、筆者らの提唱する IODP ベーリング・オホーツク海掘削による水塊の連携時期の解明・特定を待たねばならない。実現できれば、北極海と

合わせて地図の空白を埋めることに成功し、新生代における地球の歴史の全貌が見える可能性が大きい。

## 参考文献

- Earth Observatory News, 2005. ([http://earthobservatory.nasa.gov/Newsroom/NewImages/images.php3?img\\_id=16689](http://earthobservatory.nasa.gov/Newsroom/NewImages/images.php3?img_id=16689))  
Meier, W., Stroeve, J., Florence, F., and Knowles, S., 2005. Reduction in Arctic sea ice cover no longer limited to summer. EOS, Trans. Amer. Geophy. Union, 86 (36), 326.  
Overpeck, J. T., Sturm, M., Francis, J. A., Perovich, D. K., Serreze, M. C., Benner, R., Carmack, E. C., Chapin, F. S. III, Gerlach, S. C., Hamilton, L. C., Hinzman, L. D., Holland, M., Huntington, H. P., Key, J. R., Lloyd, A. H., MacDonald, G. M., McFadden, J., Noone, D., Prowse, T. D., Schlosser, P., and Vorusmarty, C., 2005. Arctic system on trajectory to new, seasonally ice – free state. EOS, Trans. Amer. Geophy. Union, 86 (34), 309 – 313.  
Stroeve, J. C., Serreze, M. C., Fetterer, F., Arbetter, T., Meier, W. N., Maslanik, J., Knowles, K., 2004. Tracking the Arctic's shrinking ice cover : another extreme minimum in 2004. Geophy Res. Lett. 32, L04501, doi : 10.1029 / 2004GL021810.  
Zachos, J., Pagani, M., Sloan, L., Thomas, E., Billups, K., 2001. Trends, Rhythms, and Aberrations in Global Climate 65 Ma to Present. 292 Scinece, 292, 686 – 693.

(本文は下記に掲載された文章を加筆および改訂したものである：

高橋孝三・IODP Leg 302 Scientific Party , 2005 . 人類初の快挙：北極掘削, 九大広報, 41, 16 – 18.)