

地球温暖化の核心部、北極海 戻らぬ変化の臨界点を越えたのか？

(2008年2月16日 第75回地球情報館公開セミナーより)



東京海洋大学 海洋科学部
海洋環境学科 准教授
海洋研究開発機構 (JAMSTEC)
地球環境観測研究センター
北極海気候システムグループ
招聘研究員 (兼務)
島田浩二

しまだ・こうじ。1966年、神奈川県生まれ。1990年、東北大学理学部天文及び地球物理学科第二卒業。理学博士 (1995年、九州大学)。1995年、海洋科学技術センター海洋研究部研究員。2008年2月の講演当時は、海洋研究開発機構 地球環境観測研究センター北極海気候システムグループ グループリーダー。4月より、現職。専門は海洋物理学

2007年夏、北極の海水面積は観測史上最低を記録しました。やがて北極海から氷が完全に消えてしまう夏がやってくるのでしょうか。南極大陸の上を覆う厚い氷がせっけんだとしたら、北極海に浮かぶ薄い氷はシャボン玉のようなはかないものです。シャボン玉は1カ所でも傷付くと消えてしまいます。北極海の海水にもそのような性質があるのです。いま北極海で起きているもとは戻らない変化のメカニズム、そして北極海から海水がなくなるこの意味についてお話ししましょう。

北極海は地球温暖化の加速器

地球温暖化の影響を最も受ける場所は、北極や南極だといわれています。本当にそうなのでしょうか。実は、現実に大きな変化が起きているのは北極です。南極はほとんど変化していないといっても過言ではありません。なぜ、両極でこのような差が出るのでしょうか。

それは南極と北極の水に大きな違いがあるからです。宇宙から眺めると、どちらも白くて同じような水に見えます。しかし氷の厚さがまったく違います。北極海に浮かぶ氷は2mほど。一方、南極大陸は平均で2,000mの厚い氷に覆われています。1,000倍も氷の厚さが違うのです。

北極海の海水は、存在しているのが奇跡とさえいえる薄い氷です。南極で2,000mの厚さの氷が2~3m薄くなっても、それは本質的な変化ではありません。しかし北極では2~3m薄くなると海水自体がなくなり、白い海が青い海に変わってしまいます。それは本質的な変化です。

皆さんも、虫眼鏡で光を集めて紙に火を付けた経験があるでしょう。白い紙と青い紙では、青い紙の方が高温になりやすく火が付きやすいですね。同じように、氷に覆われた白い海は太陽光を反射しますが、青い海は熱を受け取り蓄えるようになります。北極海の性質が、まっ

たく変わってしまうのです。

大気や海水は赤道域で暖められ、北極や南極で冷やされます。その温度差を解消するように海流と風が生まれ、それぞれの地域の気候が決まります。

自動車に例えると、赤道がエンジン、北極と南極が2つのラジエーター (冷却放熱器) です。もし、北極の海水がなくなり青い海になると、一方のラジエーターが故障して地球はオーバーヒート状態になり、気候システム全体に大きな影響を及ぼします。北極は地球温暖化の影響を最も受けやすい場所というよりも、地球温暖化を加速させる場所なのです。

氷が減少するメカニズムを探る

では、北極海の海水はこれからどうなるのでしょうか。過去10年間、さまざまなコンピュータ・シミュレーションの予測をはるかに超える勢いで、北極海の海水は減っています (図1)。

2040年の夏、あるいは2020年の夏に北極海から海水が消えるという予測が、最近、相次いで発表されています。それは現実の減少傾向から導き出したものにすぎず、そのメカニズムを説明していません。

現在のコンピュータ・シミュレーションで北極海の海水が減少していく様子を予測すると、北極点を中心とした同心円

状に氷が減っていきます。ところが現実には、太平洋側で大きく減少して、大西洋側ではあまり減少していません。現在のコンピュータ・シミュレーションでは、北極海の海水が消えていく様子を再現できていないのです。それは氷が減っていくメカニズムが、シミュレーションのプログラムに組み込まれていないからです。メカニズムが分からない限り、きちんとした予測はできません。では、海水が減っていくメカニズムとは、どのようなのでしょうか。

私がJAMSTECに入ったのは1995年のことです。まず、私は北極海の海流を調べてみようと思いました。教科書を見ても、北極海の海流については記述がないのです。しかし、北極海の海水はわずかながら動いています。したがって、海流もわずかながらあるはずだと考えたの

です。北極海の太平洋側の氷は、ゆっくりと時計回りに回っています。ベーリング海峡の北に、ノースウインド海嶺と呼ばれる海域があります。ベーリング海峡から流れ込んだ暖流が、この海嶺に向かって北向きに流れているのではないかと予測しました。それを確かめるために、1997年からノースウインド海嶺付近の海水温の観測を始めました。

当時、ノースウインド海嶺付近の海域は、海という感じではありませんでした。氷が十分に厚いので、コンテナなどを展開しそこを氷上観測村にして、1997年から98年にかけて1年間の越冬観測が、米国、カナダの研究グループとの共同で行われました。10年前は陸と同じ感覚で北極海の観測を行うことができたのです (図2)。

1997年、第1の臨界点—— 海水の運動と海の温暖化

実はノースウインド海嶺付近の海域は、北極海の急速な海水減少を引き起こした“震源地”です。その急激な変化は1997~98年から始まりました。その核心となるポイントで、変化が起きる直前から、私たちはたまたま観測を始めたのです。

海水が消えた海域を調べる観測には、海洋地球研究船「みらい」が最適です。ただし「みらい」は、わずかにある海水を押し進めることはできますが、氷を砕く砕氷能力はありません。これから氷がなくなると予測される海域の観測には砕氷船が必要です。そこで、砕氷船を持つカナダの研究グループとタッグを組んで、2002年以降、私たちは北極海の観測を進めてきました。

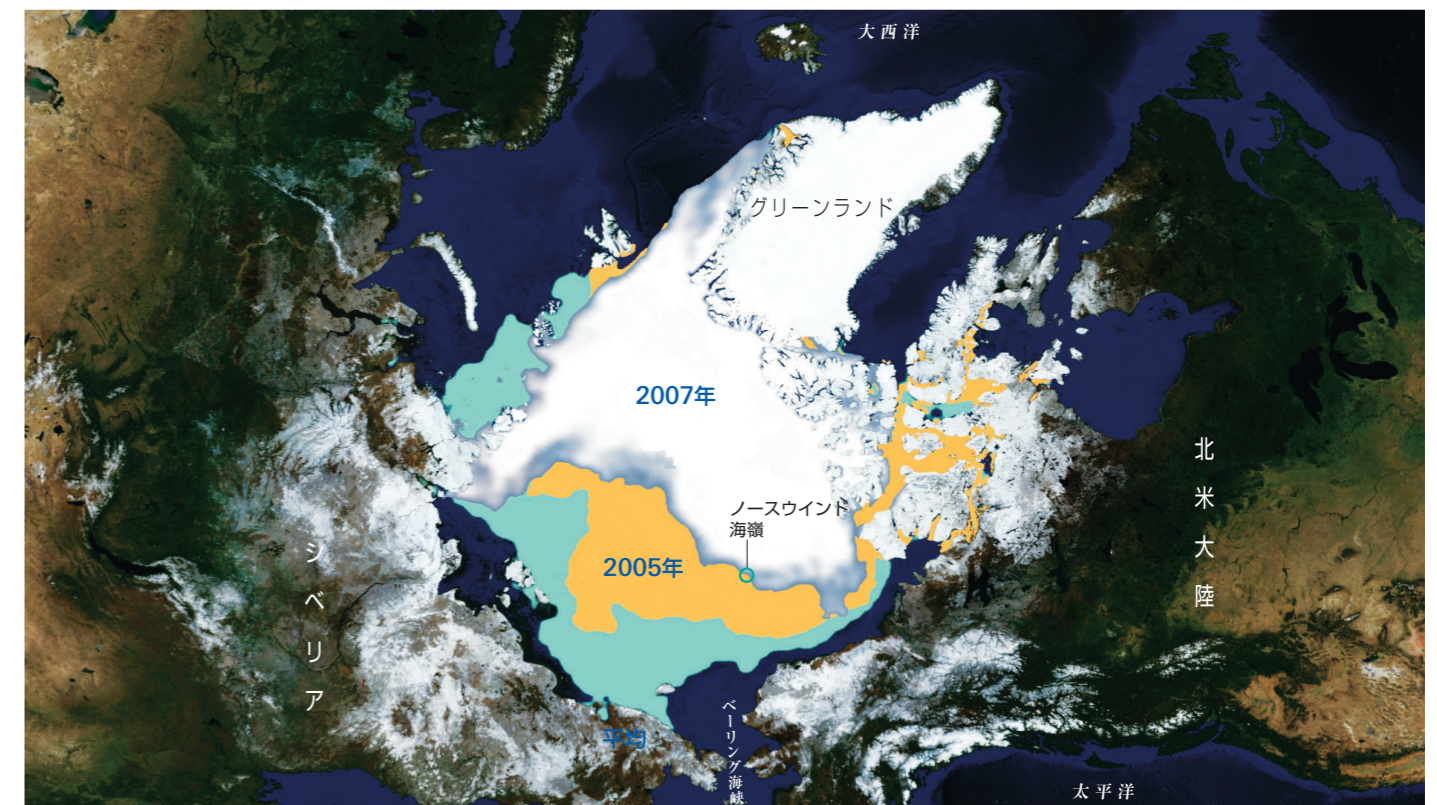


図1 海水最縮小期である9月の北極海の海水分布

1979~2007年の平均、2005年 (2007年以前の海水最小面積年) に比べ、海水面積が大幅に減少していることが分かる
画像提供: NASA



図2 1997年10月1日、北極海カナダ海盆での越冬観測初日の光景
撮影: 島田浩二

さて、1996年までは北極海全体では一様に、年間約0.6%の割合で氷が減少していました。ところが1997から98年にかけて、太平洋側では約25%も氷が減少しました。減少スピードが約40倍も加速したのです。しかも海水面積はその後回復していません。このとき北極海では、もとは戻らない変化が起きたのです。その原因は何だったのです

よう。氷が減るといって、気温上昇によって氷が融けるというイメージが強いかも。しかし気温が40倍も上昇することはあり得ません。原因は海にあるはず。実際にノースウインド海嶺付近では、海水温が1997年以前よりも1℃前後上昇していました。わずか1℃の上昇と思われるかもしれませんが、熱量と

しては、大気の1℃の上昇とは比べものにならないくらい海の温暖化が起こったのです。海水の産みの親は海水ですから、海が温暖化すれば、冬に氷ができる量が減ります。

冷蔵庫で1時間かけて氷をつくる場合を考えてみてください。製氷皿にお湯、水道水、冷えた水を入れた場合、当然、お湯を入れた製氷皿では、1時間たってもほとんど氷ができません。

海の温暖化により、冬に氷は厚く成長できず、薄いまま夏を迎えます。夏になり、大気による加熱に変化がなくても、氷が薄ければ完全に消えてしまいます。

大事なポイントは海が温暖化して氷ができにくくなり、冬に氷が成長する量が減り、夏に融ける量の方が多くなってしまったという点です。

では、なぜ海は温暖化したのか。ベーリング海峡を通過して太平洋から流入する海流があり、その海水の温度が上がったからでしょうか。しかし1990年代を通じて、ベーリング海峡付近の水温は低温下傾向にありました。入ってくる海水の温度は下がっているのに、北極海の水温は上昇したのです。

陸で閉まれた北極海を風呂に例えてみましょう。たとえば、冷たい水を張った風呂に、茶わん1杯の熱湯と、バケツ1杯のぬるま湯を注ぐのでは、どちらが風呂の水の温度を上げられるでしょうか。バケツ1杯のぬるま湯ですね。同じように、北極海へ入ってくる海水の温度が上がったからではなく、入ってくる暖かい海水の量が増えることにより、北極海の水温は上昇したのです。ではなぜ入ってくる量が増えたのか。

北極海で海流をつくっているのは海水の動きです。実は、1997年から98年にかけて、太平洋側の海域で氷の運動速度が従来の2倍に加速していたことがわかりました。海水を動かすのは風の力です。しかし、風の強さが2倍になったわけではありません。

従来、北極では冬になると沿岸までびっしりと氷が張り詰めていました。しかし1997年、エルニーニョの影響で、平年よりも4℃高い暖水が太平洋から北極海に流れ込みました。流れ込む海水の水温は1990年代を通じて低下傾向にあり

ましたが、この年だけ上昇したのです。その影響で、1997年末から98年初めの冬季以降、北米大陸沖で沿岸まで海水が接していない場所ができました。

すると、どうなるのか。リニアモーターカーと普通の電車を考えてみてください。同じエネルギーを使った場合、リニアモーターカーの方がスピードが出ます。リニアモーターカーはレールと車体が接触していないので、摩擦力を受けないからです。同じように、沿岸まで張り詰めていない海水は摩擦力を受けにくくなり、運動しやすくなりました。

その海水の運動によって、暖かい海水が北極海内部に大量に呼び込まれるようになり、海水温が上昇。それによって冬の間に海水はあまり成長できずに薄い状態で夏を迎えてしまう。すると、薄い海水は夏の気温がそれほど変わらなくても、融け切ってしまうのです。

重要なことは、これがもとは戻らないメカニズムになっていることです。海水の減少→海水運動の加速→暖かい海水の流入量の増加→海水の減少……といった循環で、どんどん海水は減少していきます。1997年、北極はもとへは戻らない変化の第1の臨界点を越えたのです。

1997年、第2の臨界点——さらに激しく氷が動き回る海に

そして2007年、北極海は第2の臨界点を越えました。海水の運動速度が、さらに前年までの約2倍になったのです。1997年以前と比べると、実に約4倍に加速したわけ。いったい何が起きたのでしょうか。

ここでのポイントは、氷の強度です。厚い海水同士はぶつかっても壊れません。しかし厚さが1mくらいになると、ぼろぼろに壊れてしまいます。2007年、それまでびっしりと海水が張り詰めていた北極海の西経領域（カナダ多島海沿岸）でも、海水の大規模な崩壊が起きて、すき間が生まれました（図3）。

満員電車に乗っている状況を思い出してください。びっしり満員の状態では、なかなか動くことができません。しかし、ある駅で少しでも人が降りると、急に動きやすくなりますね。

海水の崩壊によりすき間ができることで、厚い海水も急に動きやすくなりまし



図5 北極海を航海する「みらい」
2008年夏、「みらい」は海水のない北極点を経験するかもしれない

た。こうして、北側に位置していた厚い海水が南側の暖かな海へ移動して融かされるようになったのです。

海水が動き回ると、北極海へ流れ込む暖かい海水の量がさらに増え、海の温暖化が進むとともに、北極海から大西洋へ出ていく氷の量も増えます。北極海は海水がさらに激しく動き回る海に変ぼうして、海水を減少させるメカニズムがさらに強化されました（図4右）。

海水が「融ける」「できない」「出ていく」という状況がさらに生まれやすくなったのです。

2007年、北極の海水面積は観測史上最低を記録。過去最小を記録した2005年夏を大幅に上回る減少です（図1）。

1998年夏、「みらい」で北極点へ

さて、2008年はどうなるでしょう。2007年秋以降、厚い氷だけに注目して、その運動を見ると、これまで約8ヵ月間かかって90度回転していた海水が、わずか3ヵ月間で90度以上回転しています。海水はさらに激しく動くようになったのです。今年の夏、気温が平年以上であれば、北極点でも氷が消えてしまうかもしれません。

1978年、植村直己さんは、57日間かけて犬ぞりで北極点に到達しました。世界初の北極点への単独行です。それからちょうど30年目にあたる今年8月、私たちは「みらい」によって、植村さんと同

じ57日間の北極観測航海を計画しています。今回、「みらい」は海水のない北極点に到達するかもしれません（図5）。

今年も国際極年2007-2008の最終年でもあります。前回の国際極年1957-1958は、日本の南極観測が始まり、タロ・ジロの物語があったところ。この50年間、日本では南極に比べると北極の観測はあまり進展しませんでした。今回の「みらい」の観測は、次の50年につながる北極観測を行いたいと考えています。

北極海には解明すべき謎がたくさん残されています。たとえば、過去の気候変動と北極海との関係を探る必要があります。現在は、寒冷な氷期と氷期の間氷期だと考えられていますが、南極で得られた試料の分析によると、約12万5000年以上前の前氷期の間氷期は、現在よりも気温が高かったようです。そのとき北極はどのような状態だったのか。そして約12万5000年前に氷期に移るとき、短期間に急激な寒冷化が起きたと推定されています。そのとき北極では何が起き、地球の気候システムにどのような影響を及ぼしたのか。

北極海の観測を進めることで、今後、地球温暖化はどのように進むのか、そして温暖化の先には何が待ち受けているのかを探ることができるでしょう。北極海を観測し、人類が未来を考える上で役立つ研究を進めていきたいと考えています。 **BE**

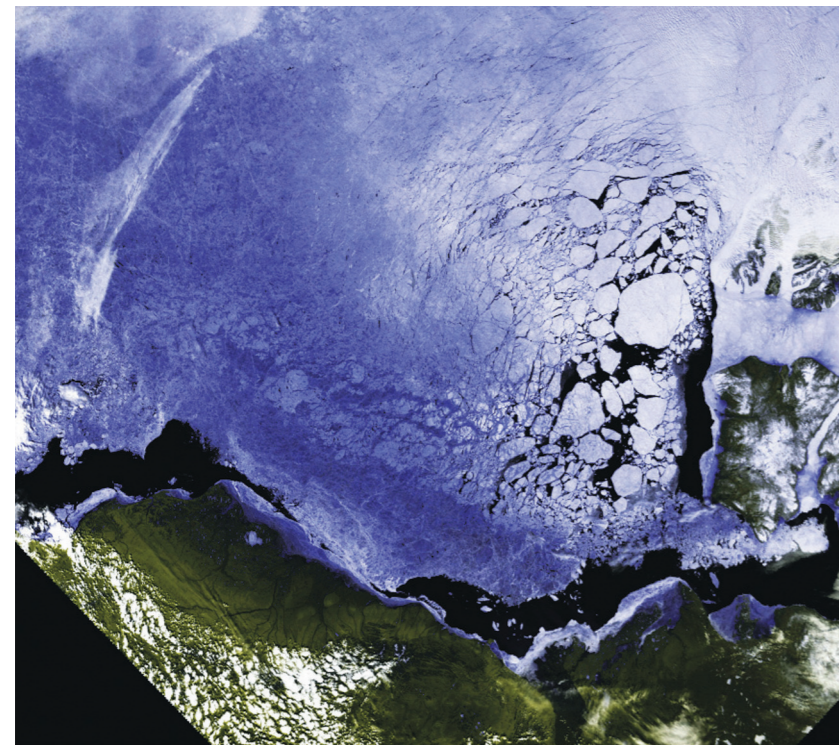


図3 海水の大規模な崩壊
2007年6月、北極海の北側でも海水が大規模に崩壊し始めた。海水の大規模崩壊により、すき間ができることで、海水がさらに速く動き回れるようになった MODIS画像提供：JAXA

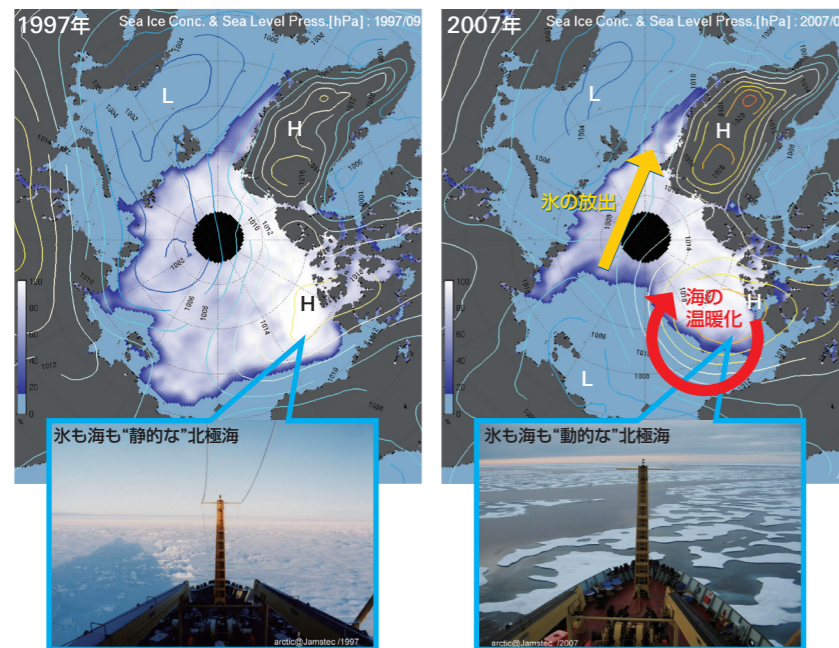


図4 1997年と2007年の海水最縮小期の北極海海水分布と海面気圧
北極海は静的な海（左）から動的な海（右）に変わること、海水面積が大きく減少したカナダ砕氷船ルイ・サンローランより撮影：島田浩二（左）、伊東素代（右）