

## はじめに

冬になると海は凍る。凍った海を研究するため、氷をかき分けて船が走る。とても爽快だ。海に浮かぶ氷は一つとして同じ形のものはない。そして美しい。ときどき船から氷の上に降りて実際に氷を採取し、さまざまな化学成分、色、味、臭いなども含めて調べ尽くす。時には南極、北極などの極域の海にも出かける。この本では、私がこれまで経験した凍る海での観測研究について紹介したいと思う。凍る海の役割や不思議な現象の仕組みなどをできるだけ噛み砕いて解説するとともに、いろんなエピソードをコラムでお伝えして、観測や研究の実際についてありのままを知ってもらいたい、そんな想いで執筆した。また、観測中に撮影した写真をたっぷり掲載して、現場のイメージをつかんでもらえるよう心がけた。凍る海の神秘に一人でも多くの方に興味を持っていただけたらうれしい。

幾何学模様の海氷  
(S. Hendricks 氏撮影)



# 1

## えっ！海が凍る？

水たまりや池が凍ることは、真冬であれば、よくある。北海道のオホーツク海沿岸では、流水が押し寄せる光景を目にすることができる。この流水は、オホーツク海北部のロシア沿岸で海水が凍りはじめ、その分布が広がり、北海道まで到達したものである。

オホーツク海の海水  
(筆者撮影)





世界気象機関がまとめた海氷用語集によると、「海氷」は、「海の水」が凍ることによって出来たすべての氷と定義されている。世界中で、最も低緯度で海氷を見られるのは北海道のオホーツク海沿岸であることをご存じだろうか（私は大学院生になるまで知らなかった。恥ずかしながら、海が凍ることも知らなかった）。北半球の冬、シベリアで急激に冷やされた空気が季節風となってオホーツク海沿岸に吹き付ける。冷たい空気が海表面から熱を奪い、海水は冷やされ、マイナス 1.8 度になると凍る（この点を結氷点という）。

南極では、空気が猛烈に冷やされるため、外洋の海盆域でも、表面から深度数百メートルまで海水が結氷点近くに冷やされて、表面から凍りはじめる。北極海の海盆域では、大西洋由来の高塩分・高水温（プラス 1 度くらい）の高密度水が深層に横たわっているため、表層水だけが結氷点まで下がり、海氷ができる。

南極の雪の結晶  
(M. Hoppmann 氏撮影)





北極や南極より低緯度で海水が凍るには、海が浅いことと、マイナス 20 度くらいの冷たい空気が連続的に吹き付けることが必要である。この条件が満たされる場所がオホーツク海北部のロシア沿岸なのである。ロシア沿岸から遠く離れた北海道のオホーツク海沿岸まで海氷が広がり、「最も低緯度で見られる海氷」として、美しい光景を楽しませてくれるのだ。海氷に埋め尽くされた海は白一色となり、あたかも陸のようだ。嘘か真か、北海道オホーツク海沿岸の街では、昔、東京から来た人に凍った海を見せ、「この土地を買わない？」と売ろうとしたという話もたくさんあるほどだ。

オホーツク海の流氷は、漁船の航行を困難にする厄介者ではあるが、氷とともに栄養やプランクトンが運ばれることによって海に恵みをもたらしたり、冬場の砕氷観光船による海水クルーズなど貴重な観光資源にもなったり、いいことづくしである。



# 15

## 怖い、でも面白いクラックやリード

海の流れ、風、砕氷船の衝撃など、海氷にはいろいろな力が加わる。時には、その力に耐えきれなくなって氷が割れてしまうことがある。この割れ目をクラックと呼ぶ（世界気象機関がまとめた海氷用語集によると、幅が数センチから1メートルまでのものをクラックという）。氷の動きなどによって、あっという間に割れ目は広がる。そしてリードと呼ばれる、幅が1メートルから数キロもある水路ができてしまう。

うまく氷の上を渡って移動できればいいのだが、多分うまくいかないだろう。よって、観測中はクラックがあるところを可能な限り避けなくてはならない。しかし、雪に覆われると、どこにクラックがあるかわからないときがある。

北極海の海氷上にできたクラック（筆者撮影）



間違って足を踏み入れると長靴がびしょびしょになって悲しい。悲しいだけですめばいいが、危険なのは海に落ちることである。海氷の下に入り込んでしまったら終わりである。海流などで流されるため、二度と戻って来れないであろう。

そして、海氷に這はい上がるのが難しい。分厚い氷になればなるほど、水面と氷の表面の距離が大きくなる（氷の密度は  $0.9\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  なので、氷の厚さが5メートルであれば、水面から氷の表面までは50センチになる）。氷の上に雪が積もっているとさらに高くなる。濡れていると海水の表面はツルツル滑る。水を吸って重くなった服もじゃまをする。

這はい上がるには腰につけたアイスピックのようなものを使用する。ただ、本当に落ちてパニックになったら、果たしてそれを取り出すことができるのか不安だ。そして、氷のある海はマイナス1.8度である。大気は季節にもよるが、たいてい水温よりも低い。だから、たとえ這はい上がることもできたとしても、船が近くにない限り、寒さで凍えてしまう。

私が参加した2013年の南極での氷上観測中、突然クラックが発生し、クラックの向こう側に取り残された研究者を小舟で救出する緊迫した状況となっ

クラックに囲まれてしまった（筆者撮影）





北極海のクラック内から  
植物プランクトンのサンプルを採取（筆者撮影）

たことがある。しかし、ドイツ船の乗組員の方は慣れているようで、楽しそうに救出作業をしているのを見たときは、いろんな意味で、この人たちにはかわらないなと思った。

クラックの出現は科学的に非常に面白い。それまで氷が張っていたところが突如として大気に晒さらされるのである。熱や気体の交換が活発に起きる。海に蓄えられた熱が極寒の大気へ放出されるので、しばしば湯気が出る。また、氷の下に溜まった二酸化炭素やメタンなどが大気へ放出されるので、物質循環の観点からも、クラックが出来ること、そしてその後リードになることは重要である。

さらに、割れ目が出来ることによって、海水下に棲む植物プランクトンの光環境が劇的に変化する。雪の積もった海氷に遮られていた光が海水下まで差し込むことによって、植物プランクトンがクラックのなかに大発生することがある。

今後、極域の氷の量が少なくなり、よりいっそう風などで氷が動きやすくなり、クラックが出来る頻度が多くなると考えられるため、このクラック形成が物理、化学、生物に与える影響は大きくなっていくことが予想される。



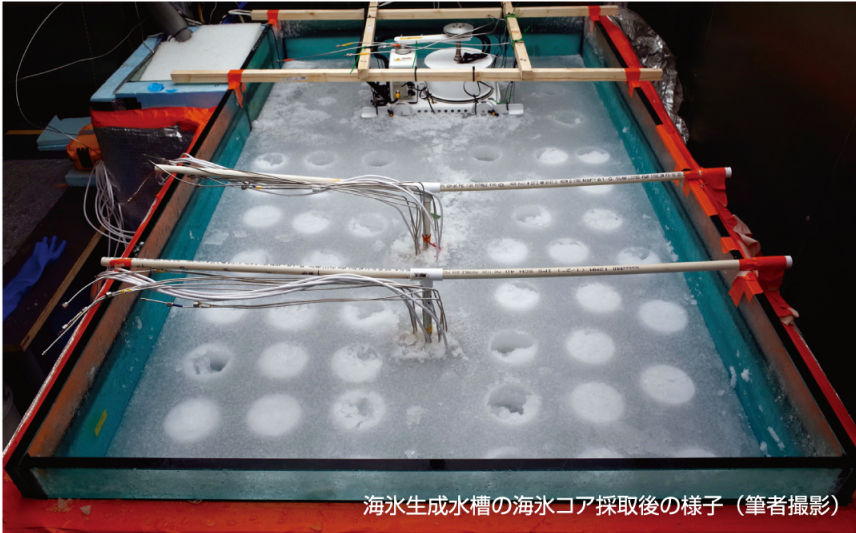
## 22

## インドア派のための海氷研究方法

海氷の研究は多岐にわたる。私は観測に出てサンプルを採取し、それを分析することによって、対象とする科学的な疑問の解明を目指している。しかし、海氷域は遠いし、行くにはお金がかかる（このあと紹介するサロマ湖は比較的近く、気軽に行けるけれど）。また、年によっては、極域の現場に氷がなく、観測できないといったリスクも伴う。そこで私は、修士課程のとき、フィールドに出てみたいという気持ちを抑え（本当はインドア派なのだが）、低温室の水槽で海氷をつくって研究を進めた。



イギリス・イーストアングリア大学の海水生成水槽での海氷コア採取（筆者撮影）



室内実験は、自然環境ではさまざまな現象が複雑に入り混じっているため理解に困る事柄を、それぞれの諸現象に分別して一つ一つ詳細に解明していくことを可能にする。いわば海氷分野の基礎研究であり、普遍的な現象を追究するためのベースラインとなる有効な研究であることを学んだ。

今後は、温暖化により海氷が少なくなる一方である。現場観測ができなくなり（できたとしても、氷が薄くて人が乗れない？）、低温室の水槽で海氷をつくって研究を進める方法がメインストリームになるときがあるかもしれない。