

皆さんこんにちは。南デンマーク大学の小栗です。自分はこの夏、房総半島沖合の水深9000mの海底に一年以上設置した観測機器を回収するため、日丁独瑞の仲間と一緒に東京海洋大学の練習船「海鷹丸」に乗船します。装置は長さ4キロものロープに、海水の水温や塩分^{注1}、溶存酸素、流向・流速などを測る装置のほか、一定の時間間隔で水中を沈降する粒子を連続的に捕集する装置が複数取り付けられています。このような観測機器を係留系といいます。高圧下でも潰れないガラス球を取り付け、係留系が直立するよう浮力を与えています。錘には鉄道のレールを束ねたものが使われます。鉄を使う理由は安価で重く、環境問題を起こさなためです。係留系の回収は、切り離し装置を作動させて錘を切り離すことによって、海面に浮上させて回収します。切り離し装置は、観測期間中ずっと海底で寝ていますが、特定の音響信号^{注2}を受信すると、スイッチが入って一定時間オンになります。この間に切り離しコマンドを受信すると、フックが外れて、錘から上の部分が浮上するという仕組みです。

この装置で一体何が分かるのか、といいますと、まず、先に挙げたような海水の特徴とその経時変化が判明します。また、捕集装置に捉えられた試料を細かく分析すると、水中を沈降する粒子の量、種類の季節変化を捉えることができます。沈降粒子は、海面に生息する植物プランクトンや、これを餌とする動物プランクトンの死骸、鉱物粒子、そして動物プランクトンの糞粒といったものからなります。これらは水中で凝集し、沈降を始めますが、その様子を潜水艇から観察すると、まるで水中に雪が降っているように見えるため、マリンスノーと呼ばれます（図1）。この試料



図1: 相模湾の海底で撮影されたマリンスノーの降雪。背景に見える構造物は海底に設置した観測装置。2006年の「なつしま」NT06-05航海において、無人探査機「ハイパードルフィン」によって撮影。

を分析しますと、植物プランクトンが沢山発生したのはいつ頃か、それはどのくらいの速度で沈降するのか、有機物の量としてどのくらいなのか、水中ではどのくらい分解するのか、海底にはどのくらいの量が運ばれるのか、といった情報を得られます。植物プランクトンは海面近くで、光合成によって二酸化炭素を有機物にしていますが、植物プランクトンが大量に発生するのは、栄養となる窒素やリンが水中に豊富に存在し、水温が上がり始める冬の終わり頃です。このとき、海の表面付近で大量のマリンスノーがつくられます。マリンスノーは一日に数十から300mほどの

速度で沈降しますが、水中の微生物や動物プランクトンやバクテリアにとって美味しい餌でもあるため、彼らの活動によって、沈降中に分解が進みます。このため、海洋表層で生産される有機物は、水深数千mの深海底には数%しか到達しないとされています。それでも、深海底に生息する生物たちは、このわずかな餌がやってくるのを待ち構えています。そして、餌がもたらされるとすぐに摂取して、成長して子孫を残したりします。ところが、水深6000mを超える超深海にあたる海溝という場所では、海底に達する有機物の量が予想に反して増加することが、最近の研究によって明らかになりました。その理由は、海溝の谷のような地形にあると考えられます。つまり、海底に一旦積もった有機物が、まるで漏斗で捕集されるように谷の中に集まってくるのです。我々の係留系には、水中のほか海溝の海底付近にも捕集装置が仕掛けてあります。海の表層と深海は有機物の輸送という現象で結びついているわけですが、その過程はそれほど単純ではなさそうです。もし回収が成功すれば、有機物の輸送の様子がより詳しく分かることでしょう。そして「玉手箱」ともいえる装置の回収の成否は、本号が発行される頃には明らかになっているはずです。

マリンスノーという言葉はとでも情緒的に聞こえます。それもそのはず、この言葉、実は日本人による和製英語なのです。マリンスノーは、北海道大学の鈴木昇助教授が、同大学が1951年に開発した「くろしお号」という潜水艇（図2）に乗って水中を観察中、水中を雪のように沈降していく物質に気付き、これを北海道大学の紀要（Suzuki and Kato, 1953）に報告した際に付けた名前です。現在では、マリンスノーは国際語となり、世界中の研究者によって使われています。ただ、最初に水中を沈降する物質を雪に例えたのは鈴木ではなく、化学物質による環境汚染を告発した本『沈黙の春』（原題はSilent Spring）を著したRachel Carsonでした。彼女は1951年に発表し、ベストセラーとなった著書『われらをめぐる海』（原題はThe Sea Around Us）のなかで、水中を粒子が沈降していく様子を「永遠に続く降雪」（The long snowfall）に例えました。このことは、鈴木も論文の中で、「この薄片状の物体は、Carsonの言う降雪の粒子に違いない」と紹介しています。実際にCarsonが鈴木のように、水中で「降雪」を観察したのは定かではありませんが、彼女の優れた想像力の一端が、「永遠に続く降雪」という美しい言葉に現れているように思われます。

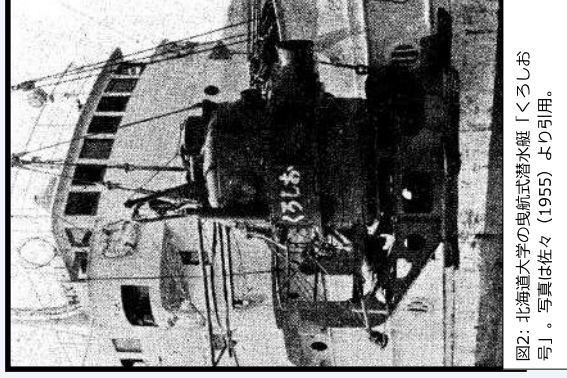


図2: 北海道大学の曳航式潜水艇「くろしお号」。写真は佐々（1955）より引用。

超深海は長い間、高圧に阻まれた未知の世界でした。試料の採取や観測を恒常的に行えるようになったのは、日本の無人探査機「かいこう」が誕生した20世紀末になってからでした^{注3}。このよ



うな極限環境の総合的な調査はいつ頃、誰が始めたのでしょうか？近代的な深海調査の先陣を切った国は、実はデンマークでした。第二次世界大戦が終わって間もない1950年、コペンハーゲン大学教授の魚類学者Anton Bruunは、ガラテア号という船による世界の研究航海を指揮しました（図3）。この船はデンマーク海軍の軍艦ですが、第二次大戦後にイギリスから譲り受けた中古艦でした。ガラテア号には、この航海のために長さ10000m以上のワイヤーを巻いたワインチンが搭載され、超深海の海底から堆積物や生物を採取できるよう改造が施されました。音響によって水深を測定する装置も搭載され、正確な水深を測定できました。ガラテア号は、水深10000mのフィリピン海溝の海底から生物を採取するのに成功しました。それまでは、超深海には生物はいないと考えられていたため、この結果は深海生物の研究者達を驚かせました。ただ、水深6000-7000mより深い場所では、それよりも浅い環境に比べて生物の種類も量も著しく減ることも確認されました。また、このような環境には、高圧を好むバクテリアが生息していることも明らかになりました。Bruunはこれらの結果から、水深6000mより深い環境を、ギリシア神話の冥王Hadesに因んで「Hadal zone」と名付けました。さらに、プエルトリコ沖の水深5000mの海底からは、古生代に絶滅したと考えられていた原始的な貝の仲間を発見しました。この貝は殻を一つしか持たず、化石の殻や、そこから推定された体の作りと同一の軟体部をもっていました。この貝は新しい綱（哺乳類や爬虫類などの区分と同じレベルです！）の新種として発表され、ガラテア号に因んだ*Neopilina galathea*という学名が付けられました（図4）。ガラテア号航海で得られた多くの試料はコペンハーゲン大学動物学教室に保管され、航海の概要はガラ



図3：コペンハーゲン港を出航する「ガラテア号」。写真は<https://www.facebook.com/Galathea2/>より引用。

海の概要はガラテアレポートという膨大な書籍にまとめられました。これらの標本や書籍は、今も世界中の研究者们の宝庫として活用されています。またBruunは日本の海洋学者達とも交流があり、1953年、1955年、1961年には日本を訪れています。当時の日本には、まだ十分な設備を持った観測船がなく、ソ連やアメリカの観測船が日本の近海を調査し、科学的な成果を挙げていました。ガラテア号も航海の途中で横浜港に寄港する計画でしたが、アメリカのケープタウン沖で時化に遭って予定が遅れたため、実現できませんでした。

戦後間もない豊かでなかった時代に、なぜデンマークはこのよう

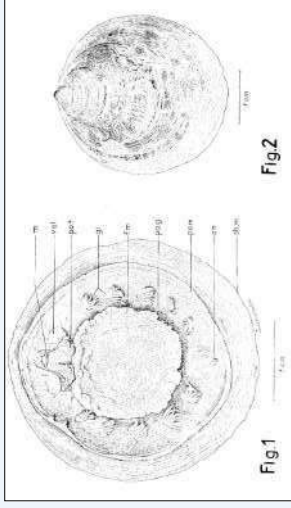


図4：ガラテア号航海で発見された、単板綱の*Neopilina galathea*。図はLemche and Wingstrand (1959)より引用。

な研究航海を実施できたのでしょうか？ Bruunをはじめとする研究者たちに、海をもっと知りたいという情熱があったことは間違いあ

りませんが、航海には莫大な費用がかかります。そこでBruunは、世界中のデンマーク国民から不要な物品を集め、これらを闇市で売ることのできた利益を航海費用に充てました。しかも驚くべきことに、このようなファンディング手法をデンマーク政府が公認したのです（モリタ, 1993）。さらに、Bruunは街頭募金も行って広く国民からの寄付を募りました。これらのことは、戦前から戦後にかけて日本の海洋学を牽引した海洋学者、宇田道隆（東京水産大学（現・東京海洋大学）教授）も講演で触れ、国民の海洋に対する理解が国を豊かにすることを説いています（宇田, 1951）^{注4}。このようなファンディングが成立した背景には、一部の科学ファンだけでなく、広くデンマーク国民の間に海洋科学に対する理解が存在したからに違いありません。ガラテア号の出航と帰航の際には、沢山の国民がコペンハーゲン港を訪れましたが、そこにはBruunだけでなく、当時の国王Frederik 9世やNiles Bohrといった著名人の姿もありました。デンマークは欧州の小国ですが、海洋科学に関しては、国民の理解によって大国に匹敵する行動力を持った国だったのです。いや、現在においても、デンマークは海洋科学を牽引する国のひとつであり続けています。

2022年には、ガラテア号の帰

航50周年を記念して、映画

『Galathea: En flig af livets

gåde』（ガラテア：人生のパズ

ルの一部）が公開されました（図

5）。この映画は、ガラテア号航

海の様子を今に伝える貴重なド

キュメンタリーで、当時乗船した

クルーによるインタビューも含ま

れています。また、ディレクター

はガラテア号に乗船した著名な魚

類学者、Torben Wolff博士の孫

である、Frederik Wolff氏が務め

ています。この映画はDRでも放送されましたので、ご覧になった

方もいらっしゃるかも知れませんね。ガラテア号航海とその成果

は、今もデンマーク国民の間で生きた伝説になっているのです。

注1：新聞などに「塩分濃度」という言葉を見かけますが、「分」には割合という意味が含まれ、「濃度」もまた割合を示すため、これは意味が重複する間違っ

注2：水は光も電波も通しにくい性質を持ちます。光はせいぜい100-200m、電波はもっと短い距離しか届きません。数キロという長い距離を伝えられるものは、音しかありません。

注3：「かいこう」は1995年に海洋科学技術センター（現在の国立研究開発法人海洋研究開発機構）が開発した無人探査機で、観測から字機を分離する方式によって、世界最深のマリアナ海溝・チャレンジャー海淵（約10900m）の海底に潜航できる能力を持っています。しかし、2003年に発生したケールビル切断事故により子機が失われました。現在、日本に最深の海底まで潜航できる探査機、潜水艇はありません。

注4：宇田の講演は、70年後の現在においても全く色褪せていない現象を突きつけてくる内容でもあり、必見です。全く進捗しておらず、漁業の乱獲問題なども解決されていない現実を突きつけてくる内容でもあり、必見です。

引用文献

Lemche, H. and Wingstrand, K. G. (1959). The anatomy of *Neopilina galathea* Lemche, 1957. *Galathea Report*, 3: 9-71.

モリタ・リチャード・Y. (1993) 第二次世界大戦直後の海洋微生物学 そして日本人科学者との交友. JAMSTEC, 5 (1), 41-54. <https://dl.ndl.go.jp/id/8671640>

佐々保雄 (1955) 海底地質調査用としての『くろしお号』. 石油技術協会誌, 20(4), 1-9. <https://doi.org/10.3720/japt-20.92>

Suzuki, N. and Kato, K. (1953) Studies on suspended material marine snow in the sea: part I. sources of marine snow. *Bulletin of Fisheries Sciences, Hokkaido University*, 4(2), 132-137. <http://hdl.handle.net/2115/22805>

宇田道隆 (1951) 海と文化. 東京水産大学文化祭講演, 横須賀市民会館, 1951年6月8日. https://lib.s.kaiyodai.ac.jp/library/maincollection/uda-bunko/pages/lecture_s26.html

著者紹介

小栗 一樹（おぐり かずまさ）

南デンマーク大学自然科学部生物学科 准教授。同学科で超深海の研究を専門とするDanish Center for Hadal Research (HADAL)とNordseeに勤務。国立研究開発法人海洋研究開発機構・招請主任研究員。趣味は電子工作、顕微鏡の修理、改造と検定方法の検討。