

「気候変化の時代に生きる—今海はどうなっているか？」 要旨

独立行政法人海洋研究開発機構 地球環境変動領域 短期気候変動応用予測研究プログラム
ム ダウンスケール沿海変動予測研究チーム チームリーダー 宮澤泰正

2010年の夏は、日本では観測史上まれにみる猛暑であり、特に北日本と東日本では6-8月の平均気温が1946年以降最も高くなった。地球温暖化の影響も十分に考えられるが、温暖化が既に進行しつつある直近の2003年は冷夏になっており、こうした猛暑は、地球温暖化とは直接の関係がない、大気と海洋の独自の振る舞い（大気海洋相互作用）の結果でもある。2010年の夏は、日本近海全体が勢力の強い太平洋高気圧に覆われたため海水温も高くなった。冷夏であった2003年の日本付近の海水温はやはり低めとなっており、大気と海洋が密接に関係していることがわかる。このような海の猛暑の影響を受け、2010年の夏はサンマが不漁傾向になった。これは、日本近海の高水温をきらって北の海のサンマが日本近海まで回遊しなくなったことが一因である。気象庁によれば2010年の猛暑をもたらした気候的な要因は、熱帯の現象であるエルニーニョが終わりラニーニャに移行する過程で全地球的に高温傾向が続き、さらに日本上空を通る偏西風（ジェット気流）が北上して蛇行したため日本付近の高気圧の勢力が強くなったことであると分析されている。エルニーニョとラニーニャとは、太平洋の東部と西部で海水温が互いにシーソーのように数年毎に高低をくりかえす現象であり、貿易風の強弱と連動する大規模な大気海洋相互作用現象である。現在生じているラニーニャは太平洋の西部で海水温が高くなる現象であり、大気海洋相互作用が世界中で遠隔的に生じるため（テレコネクション）、日本付近の気候にも大きな影響を及ぼすことが知られている。偏西風の北上や蛇行については、最近の研究によって日本付近の海水温が原因となりうることを示されており、2010年に生じた偏西風の北上や蛇行との関連が注目される。

さて、以上で述べた大気海洋の変動と、近年注目されている地球温暖化との関係を明らかにするために、地質学的な時間スケールでの気候の歴史をふりかえってみたい。化石がよく見つかる顕生代以降（5億4200万年前以降）の大まかな気候変動は、化石や氷床コア中の酸素同位体成分比の変化等によって見積もることができる。過去5億年にわたり、太陽定数の変化や、隕石の衝突、造山運動など様々な要因によって地球の気候は変動してきた。現代は地球に氷河が存在する時期、すなわち氷河期である。1万数千年前に氷期が終わり、現代に至るまで間氷期が続いている。人類の文明は平均気温が比較的高かった時期（最適気候期）に勃興した。過去1000年の間に、小氷期と呼ばれる比較的寒冷な時期を経て、200年前の産業革命期以降、一貫して地球の平均気温は上昇し続けている。このような平均気温の上昇は過去1万数千年の間にはみられなかった変化であり、二酸化炭素など人類起源の温暖化ガス排出量の増加に伴う温室効果によるもの（地球温暖化）であるということが気候科学者によってほぼ断定されている。地球温暖化問題に対する国際的な対処の枠組

みを決めるいわゆる「気候変動枠組み条約」においては、人為的な原因による気候の変動を「気候変化」と呼び、自然的な要因による気候の変動を「気候変動」と呼んで区別している。その意味で今夏の猛暑は、気候変化の影響を受けているが、基本的には気候変動であると言える。

気候変化に関する政府間パネル(IPCC)の第4次報告書(2007年)は、今後100年間にわたる気候変化の見通しを、人類の温暖化ガス排出規制努力に対する様々な仮定(地球温暖化シナリオ)を前提として示している。それによると今後100年間における平均気温の上昇は、2度cから4度c程度であると見積もられている。このような平均気温の上昇は、人類にとってはまったく未経験のものであり、過去1000万年の間には生じなかった異例の事態である。二酸化炭素の濃度は、あるシナリオによれば今後100年の間に現状の390ppmから1000ppmまで増加することになる。これは氷河が無く恐竜が生存していた中生代(2億5000万年前から6500万年前)の水準であり、今後100年の間に、人類にとって未知の地球環境が到来することを意味している。

気温とともに海水温も全地球的に上昇しており、同時に二酸化炭素濃度の上昇による海水の酸性化が進行している。このような変化は海の生物にも影響を及ぼす。海の温暖化により、植物プランクトンの光合成による有機物生産(基礎生産)は、栄養塩によって生産が抑制されている海域(中低緯度域)では減少し、光によって抑制されている海域(高緯度域)では増加すると考えられている。一方、海洋酸性化により、最初に高緯度域のサンゴやプランクトンが大きな影響を受けるとされている。このような海の温暖化により魚の分布も大きく変化することが示唆されていて、特にサンマは回遊域がより北に移動し、各個体の大きさは小さくなると考えられている。

地球温暖化という「気候変化」のもとで起こりうる「気候変動」について、海が気候に及ぼす影響という観点からいくつかの例を紹介したい。2004年のハリウッド映画「デイ・アフター・トゥモロー」では、北米全体が凍結するなど極端な気候変動が描かれている。この映画の内容は、氷期が1万数千年前に終わり温暖化が進行する際に実際に起きた「ヤンガードリアス事件」をもとにしている。地球温暖化が、局地的かつ急激な寒冷化を引き起こす例である。世界の海にはコンベアーベルトと呼ばれる海流の連なりがあり、北大西洋ではメキシコ湾流という巨大な海流が赤道域の膨大な熱をグリーンランド沖まで運び、そこで沈み込んでいる。「ヤンガードリアス事件」では温暖化による海水温の上昇と淡水の増加によってグリーンランド沖の海水が軽くなり沈み込まなくなった。その結果、コンベアーベルトが止まり熱が北まで運ばれなくなってしまった。このため北半球では最大15度cも気温が低下し一時的に寒冷化したのである。一方、太平洋では、「太平洋十年規模振動」と呼ばれる気候変動現象があり、太平洋の海水温が数十年毎に大きく変化し、それによる寒冷化と温暖化が周期的に起こっていて、海洋生態系にも大きな影響を及ぼしている。最近の予測ではここ数年の間に寒冷期に移行する可能性があると言われており、一時的に温暖化の進行が減速するかもしれない。

海洋研究開発機構の使命のひとつは、地球温暖化という大きな気候変化のもとでの地球環境の変動を、様々な観測手段によって監視するための研究開発である。2003年の「地球観測サミット」以降、地球環境変動の監視を担う国際的な枠組みが「全球地球観測システム(GEOSS)」として確立されており、海洋機構も GEOSS に貢献する研究開発を行っている。2000年代以降、国際的な協力のもと展開されてきた Argo フロートと呼ばれる中層自動観測装置は海洋 GEOSS の一部として強力な観測網となり全世界の海洋変動を監視している。日本では、小渕政権のもと、「ミレニアムプロジェクト」として Argo フロートの展開が始まり、海洋機構もその一翼を担っている。Argo フロートの展開により、全海洋の温暖化把握の精度が向上している。また、Argo フロートは水温と同時に塩分も観測できる。海洋機構の研究者らによって、最近、世界的に海の蒸発と降水が活発になっていることが明らかとなった。

海洋機構のもうひとつの使命は、詳細な観測によって把握した現状をもとに、将来の地球環境変動を様々な時間軸において予測するための研究開発である。一例として、気候変化のもとで生じうる気候変動を詳細に予測する研究を行っており、大気と海洋の変動を計算機の中で仮想的に表現し結合して同時に予測することにより季節毎の変動を予測している。また、ダウンスケール沿海変動予測研究チームでは特に海流変動の予測とその応用に関する研究を行っている。地球環境変動の詳細な予測と、それに基づく科学的な環境管理方策の提示の範例となるような貢献をしていきたい。

最後に、人類にとって未知の地球環境が到来することを意味する、気候変化の時代に生きることの意味を考えたい。過去 5 億年の間に生物種の大量絶滅が 5 度生じ、現代は人類活動の影響によって 6 度目の大量絶滅が生じているといわれている。過去 5 億年の歴史をかえりみると、大量絶滅のたびに新しい生物種が再び地球上に適応放散し繁栄している。地球やその生態系そのものは、単に変化していくだけであって滅びるわけではない。気候変化によって危機にさらされ、挑戦を受けているのは従来地球環境に適応した現存の生物種であり、とりわけ人類自身である。人類の文明は、比較的安定した気候に恵まれてこれまで発展してきた。自ら引き起こした史上 6 度目の大量絶滅に巻き込まれずに生き延びることができるかどうかは、人類自身の努力にかかっているのである。