

温暖化の漁業生産への影響 ～どこまで予測できるのか、対応策はあるのか～

水産総合研究センター

伊藤 進一

1. はじめに

現在の地球環境の最大の問題の一つである地球温暖化における海洋の役割を考えてみると、海洋は二つの非常に大きな貢献をしています。一つは、温暖化気体の吸収です。人為起源の温暖化気体となる炭素の約 50%が海洋に蓄積されている(Sabine et al. 2004)と推測されています。もしも、海洋が人為起源炭素の吸収を行っていなければ、もっと温暖化は急激に進んでいたこととなります。その意味で、海洋は地球温暖化を緩和していると言えます。もう一つの海洋の役割は、温暖化気体の増加によって地球に蓄えられた熱の吸収です。ここ 40 年間に地球全体が加熱された熱量のうち、約 84%が海洋に貯蔵されている (Levitus et al. 2005) と考えられています。この数字は、大気に蓄積された熱量と比較すると約 20 倍になります。これだけでも海洋の熱吸収能力の高さがわかると思いますが、次の思考実験を試してみるとより海洋の重要さがわかるでしょう。海洋自体は、全球平均するとここ 40 年間で 0.037°C 上昇しています。ほんの 0.037°C だけです。しかし、この海洋が吸収した熱量が一気に大気に放出された場合を想定すると、海水と大気の比熱および体積の違いから、大気は海洋の約 1056 倍、すなわち約 40°C も上昇してしまいます。如何に、海洋が吸収している熱量が莫大なものかわかるでしょう。

海洋における貯熱は上層 700m 程度でほとんどのものが行われていますが、太平洋においては海域平均して考えると上層約 100m に貯熱が限定されています。水平分布も含めて考えると、10-30° N においては貯熱されていますが、40° N 付近では逆に熱が放出されています。すなわち、東北海域である親潮域、混合域は温暖化によって冷えているということになります。このように温暖化の影響といっても、一概に温まるだけでなく、場所によっては冷える場所もあります。実際の温暖化対策を考える上では、このような地域格差を知ることも重要な事項となります。

2. 東北沖合におけるトレンド

上で述べたように、東北海域では、ここ 40 年の間に水温が下がっているという結果が示されていますが、実際どのようなようになっているのでしょうか。東北区水産研究所が長年整理している海況指標データを用いてその変化を調べてみました。まず、200m14°C 等温線を指標として抽出した黒潮続流の流路のうち、近海 (146°E 以西) の流路北限位置を取った黒潮続流の北限緯度の時系列を調べると、トレンドとして、ここ 40 年間で約 0.5°(約 56km)ほど南に退いていることがわかりました。一方、混合域に入り込む冷水の代表である親潮水について調べてみると、東北沿岸域に侵入してくる親潮第一分枝の南端緯度は、40 年間で約 0.4°(約 45km)程南下していました。親潮第一分枝の張出し位置は、季節的な変動が激しいため、月別に変動を見てみると、最も南下する時期が、3月から4-5月に変化していることがわかりました。実際の親潮第一分枝の変動は、このトレンドだけではなく、年々変動が大きいため、必ずしも4-5月に最南下しているわけではありませんが、トレンド傾向としては親潮の南下が季節的に遅れていることが示されました (伊藤他, 2006)。

これらのことをまとめると、やはり東北海域の下層 (深度 100~200m) は、親潮の北進と黒潮の南退で全体的に冷えていると考えることができます。その一方で、明治時代からデータのある

宮城江ノ島の表面水温では水温が上昇しており、ごく表層で水温上昇、下層では水温下降が起きていると考えることができます。また、親潮の南下の季節的なタイミングがずれてきていることが示されました。しかし、これらはあくまでトレンド成分のみを取り出して考えて結果であり、東北海域では年々変動や数 10 年規模の変動の方が大きいことに注意してください。特に上記の黒潮や親潮のトレンド解析は、数十年の時系列に基づいています。地球規模の気候変動としては、これよりも長い周期の変動があることが知られているので、これらの変動が線形トレンドであるからと言って、即温暖化の兆候であるとは断言できません。現在、農林水産技術会議「地球温暖化プロジェクト」のもと、日本周辺の高精度な海洋低次生態系モニタリングが展開されているが、今後もモニタリングを継続し、正確な環境変化の把握が必要です。

3. 温暖化の進行と海

地球温暖化がさらに進行すると海にはどのような変化が起こるのでしょうか。いろいろな変化が起こると考えられていますが、例えば海洋への貯熱によって海水面が上昇するだけでなく (Antonov et al. 2005)、表層が暖まり下層との密度差が大きくなり、すなわち鉛直成層が強化されて、全球規模の海洋熱塩大循環 (プロベッカーのコンベヤーベルト) が弱まることが予想されています。このコンベヤーベルトと言われる海洋熱塩大循環は、太平洋に深層から未利用の栄養塩を大量に運んでくれます。従って、海洋熱塩大循環が止まると、栄養塩の供給量も減少する恐れがあります。また、海洋熱塩大循環だけでなく、局所的にも鉛直成層が強くなると光の当たっていない深い層にある栄養塩が表層に運ばれなくなり、魚類の餌となるプランクトンの生産が下がる可能性があります。

実際に、北海道沖のモニタリングデータを調べると、冬季に冷やされてかき混ぜられる層の深さが浅くなってきていることが示されています (伊藤他, 2006)。また、栄養塩の濃度や植物プランクトンの基礎生産も減少していることが指摘されています (Ono et al., 2002)。

このように、鉛直的な混合や循環が弱化すると、海洋が大気から吸収した熱や二酸化炭素を海洋深層に運ぶ能力も低下します。さらに生物生産の減少が伴うと、生物が二酸化炭素を取り込み海洋深層に輸送する能力 (生物ポンプ) も低下します。そのため、二重の意味で温暖化進行の緩和能力が低下し、より急速に温暖化が進行することが危惧されています。

4. 生物への影響

地球温暖化が生態系に及ぼす影響についても数多くの報告がありますが、北大西洋を除く 4 つの大洋でここ 6 年間の間に海表面水温の上昇に伴うクロロフィル量の減少が起きていることが指摘されています (Gregg et al. 2005)。また、北海で底魚類の分布が北に移動している (Perry et al. 2005) 等、実際に温暖化の影響が生態系にも及んでいることが推測されています。さらには、将来予測として、温暖化に伴って、北大西洋における深層水形成が停止すると、大西洋のプランクトン量が半減するという数値計算結果 (Schmittner 2005) や、温暖化の進行に伴う水温上昇によってマダラの分布が大きく変化し、絶滅する海域もでてくることが指摘されています (Drinkwater 2005)。

このように気候、生態系に大きな影響を与える地球温暖化ですが、その効果はいろいろな形で現れますが、1) 直接的な水温の上昇による影響、2) 降水量の変化に伴う塩分変化による影響、3) 大気循環の変化に伴う風および大気加熱の変化に伴う海洋の流れの変化、4) 鉛直成層の変化に伴う栄養塩供給変化を通じた餌プランクトンの影響、など多種多様な影響が危惧されます。日本沿岸における影響予測は、温暖化プロジェクトのもと、势力的に行われてきました。予測の手法は、1) 既存の知見に基づいたシナリオ的な予測、2) 過去の現象を元に簡易的なモデルを構築し行う予

測、3)実際の力学を組み込んだ数値モデルを用いた予測、の三つに大別できます。例えば、マイワシの仔魚の生残は黒潮続流南側の海面水温と非常に関係が深いことが示されています (Noto and Yasuda, 1999)。水温が高いときには、マイワシの生き残りが悪いという関係です。この結果から、温暖化の進行に伴い、マイワシが減少するというのが 1)のシナリオ的予測です。これに対し、もう少しメカニズムに踏み込んだものが 2)の簡易モデル予測です。その典型的な例が、藻場の推移の予測に適用されました。海藻類はその分布が、冬季の水温で北限が規定され、夏季の水温で南限が規定されます。この簡易的なモデルを用いて、現在よりも 1℃上昇した場合、2℃上昇した場合の藻場の変遷を予測できます。その結果、50 年後には日本海側のアラモ場が総て消失し、100 年後には太平洋側の房総半島以西でアラモ場が総て消失することが予測されました (桑原他, 2006)。さらに、精巧な数値モデルを用いた 3)タイプの予測も行われています。日本周辺の低次生態系モデルを構築し、温暖化後の植物プランクトンの生産について予測を行った結果、成層の強化にともなって基礎生産が低下し、優占種も大型の珪藻から小型の植物プランクトンに変化することが示されました。また、混合域においては、1.5 ヶ月近く春季ブルーム (春先の爆発的な植物プランクトンの増殖) の発生が遅れることが示されました (Hashioka and Yamanaka, 2007)。このブルームの遅れは、動物プランクトンの成育の後に繋がり、魚類の仔魚の生残にも大きく影響すると考えられます。浮魚類の成長モデルの開発も急速に進められ、サンマを例として (Ito et al., 2007)、温暖化影響予測が行われました。サンマは温暖化に伴い餌が減少することによって、成長が悪くなり小型化することが示されました。しかし、成長が悪くなることで、秋季から冬季にかけての南下回遊が遅れ、主産卵場である黒潮域に 1 年目に戻らなくなるという予測結果が得られました (伊藤, 2007)。このため、産卵場での餌条件は逆によくになり、産卵量が増えることが予想されています。サンマの仔魚の生残は水温が高い方が良いという観測結果も示されており、サンマの尾数は増加することが予想されます。ニシンについても同様の数値モデルを用いた予測がなされていますが、高緯度のニシンは高温化によって成長が良くなることが予想されています。逆に、低緯度 (東北地方もこれに該当する) においては、かなり成長が悪くなるものが危惧されます。

5. 温暖化への対策

温暖化の影響を評価し、温暖化への対策を考えるプロジェクトとして、農林水産技術会議「温暖化プロジェクト」が推進されています。その中で、ニシン・マツカワの高温適応に対する実験や藻場の保全に関する研究も行われてきました。ニシンでは、高温馴致したニシン稚魚の放流による資源の維持を目的としています。また、藻場に関する研究では、温暖化によって、アラメの分布は東北沿岸域だけになるという結果がでています。藻場は水温上昇によるストレスだけでなく、暖海性魚であるアイゴなどの食害によっても被害を受けます。アイゴの行動を調べた結果では、28℃で最も活動度が高くなることが示されています。一方、振動流つまり波の影響が強いところでは、海藻をうまく食べることができないことも示されました (川俣・長谷川, 2006)。そして、海藻の生育実験からは、光環境が悪いと高温耐性が低くなることが示されています (寺脇他, 2005)。従って、同じ水温上昇を受けても、浅く且つ波の強い海底に生えている海藻であれば生き残る確率が増えることが予想されます。このように、温暖化そのものの特性、温暖化が起こることによる影響、そしてその影響を受ける生物の特性などがわかれば、ある程度の対策をたてるのが可能です。

自然の膨大な力の前では、確かに人間は無力ですが、これから起こる温暖化はより変化を加速することが考えられます。その中で、我々ができることは変化に追従できる体力を持つておくこ

とでしょう。これは、非常に難しいことですが、1) 体力のある海の保全、2) 適正な漁業管理、3) 変化を検知するモニタリングを行えば、体力のある水産業を維持できます。最近の研究として、漁業対象種と非対象種では、漁業対象種の方が変動が激しいという結果が示されました。つまり、漁獲という圧力が自然の揺らぎに対する魚類資源の変動を増幅しているという結果です。この事実は、海の恵みを使っている我々には、その管理を行う義務があることを示しています。人類が自ら招いた温暖化ですが、その危機の大きさを少しでも減らす努力と、その危機を乗り越える賢い選択を取りたいと願います。