

水産業は気候変動による海の変化にどう対応するか？

－沿岸生態系から沖合の漁業資源の変化と対応－

(独) 水産総合研究センター 日本海区水産研究所

木所 英昭

1. はじめに

水産業は自然環境や天然資源に依存しているため、沿岸域および沖合域を問わず、海洋環境の変化に大きな影響を受ける特性を持っている (Cushing, 1982)。たとえば、水温が高くなると南方系の魚が日本周辺海域に多く来遊する一方、冷水性の魚は日本周辺海域に来遊しにくくなり、漁期の変化や漁獲量の減少を引き起こす。近年、気候および海洋環境 (水温) は地球規模で 10 年～数 10 年単位で変化することが指摘され (花輪, 2007)、この変化によって日本周辺海域でもマイワシの豊漁・不漁が繰り返されることが明らかになってきた (川崎, 2007)。さらに、このような 10 年～数 10 年単位の気候変化による影響に加えて、近年では地球温暖化による人為的な気候変化の影響が懸念されている (高柳ら, 2009)。特に温暖化による影響は、温暖・寒冷を繰り返す 10 年～数 10 年単位の気候変化とは異なり、一方的に気温・水温が上昇することから、今後、過去に私達が経験したことのないような変化が起きる可能性がある。そこで、ここでは既に温暖化の影響と考えられる沿岸生態系の変化 (四季藻場の消失)、および温暖化の進行によって予想される沖合の漁業資源への影響 (サンマの大きさと漁期・漁場) について紹介すると共に、今後の私達がとれる対策について検討したい。

2. 沿岸生態系への影響 (既に起きている変化)

1) 四季藻場の消失

四季藻場とは、温帯性ホンダワラ類やクロメ等の大型褐藻によって四季を通じて維持される藻場のことで、近年、九州、四国などではこの四季藻場が消失した海域が増えている (村瀬ほか, 2010)。

四季藻場の消失後は、サンゴモの仲間他にマクサ、フタエオオギなどの小型海藻が幾らか生えるだけの藻場や、ガンガゼ類、ムラサキウニが高密度で生息し海藻が見られない、いわゆる“磯焼け”となる (図 1)。このような場所ではアワビ、サザエ、イセエビなどの漁獲対象種が減少し、高密度に生息するウニ類は餌不足で生殖腺 (いわゆるウニの身) が発達しないため漁獲されなくなる。



図 1 四季藻場 (上) と消失後の状況 (下)

2) 春藻場とは？

藻場が消失する原因には、高水温、海藻を食べる動物の増加、濁りによる光量不足などがあり、海域によっても異なると考えられる（藤田ら，2010）。しかし、特に九州沿岸等で四季藻場が回復しない原因として、近年、植食魚による食害が注目されている。温暖化に伴う水温の上昇により、植食魚の活動期間が長期化したり、海藻を食べる量が増えたりすることで、両者の間のバランスが崩れ、せっかく芽が出て枝が伸びても直ぐに食べられてしまうと考えられる（吉田ら，2009）。しかし、ある特性を持った藻場であれば、環境が変わって植食魚の影響が強くなった海域でも形成される事が分かってきた。それは四季藻場とは異なり、春を主とする半年程形成される期間限定の藻場で、四季藻場に対し、「春藻場」と呼んでいる（吉村ら，2009）。春藻場では、多年生種が構成するものの、夏～冬の間は付着器のみのごく小さい状態で経過する（そのため、夏～冬は藻場が見られない）。春藻場は、温帯性ホンダワラ類のうち、付着器から枝葉を再生できるマメタワラなど（魚の食害に強い）や、成熟期が終わるとしばらくは枝葉を伸ばさないマジリモクやキレバモクなどの亜熱帯性ホンダワラ類（魚の食害を受けにくい）で構成されている。

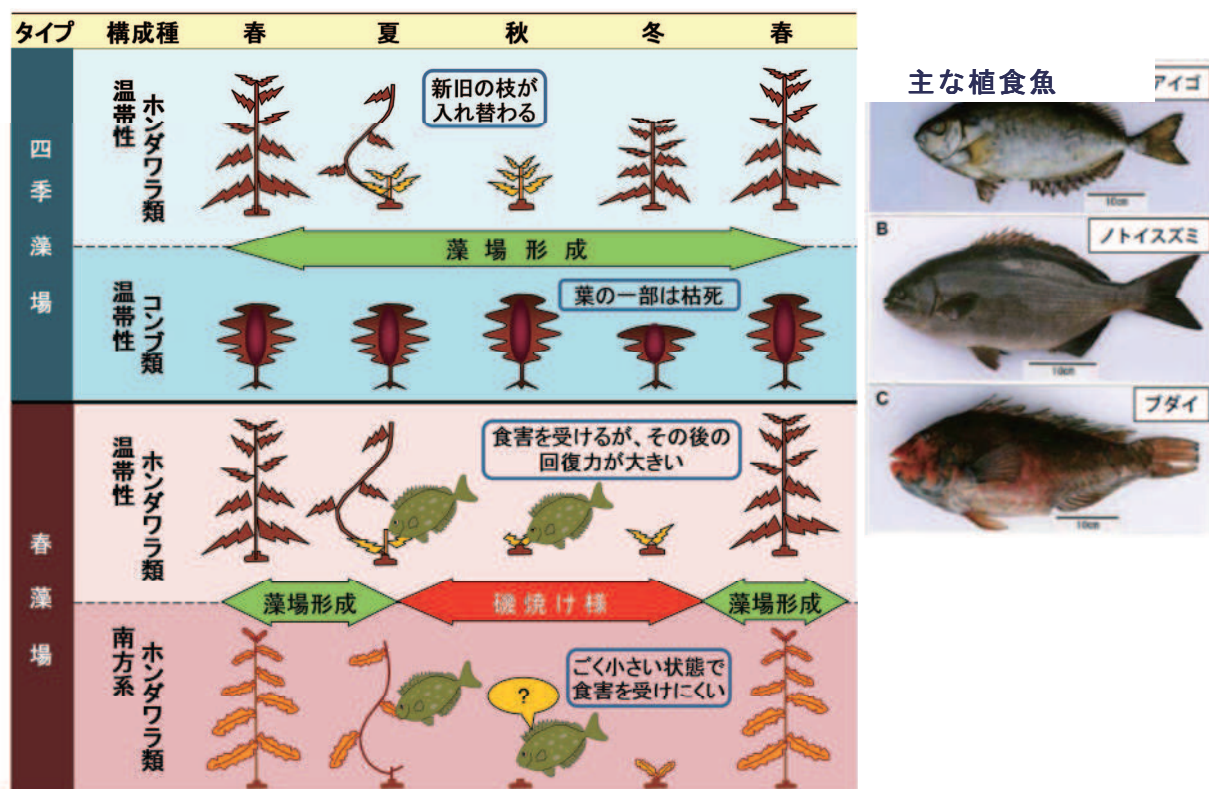


図2 四季藻場と春藻場の形成機構模式図（吉村ら内部資料より作成）

3) 春藻場は役に立つのか

さて、九州沿岸等では温暖化に伴う水温上昇によって春藻場が拡大しつつある。この春藻場は沿岸の漁業資源の維持にどの程度役に立つのだろうか。例えば、沿岸域の重要資源であるイセエビでは、幼生（ポストラーバ）が底生生活に移行するためには海藻が必要で、磯焼けした海域ではその着底が確認できない。しかし、春藻場においては、藻場が形成さ

れる期間は限られるものの、イセエビ幼生の着底が起こることが明らかになり、磯根資源の維持に役立っていることが明らかになってきた。また、春藻場を構成するマメタワラやキレバモクはアワビにとってよい餌料である事も分かって来ており、春藻場は沿岸の漁業資源の維持に役立つことが明らかとなってきた。

海藻を捕食する魚から守る有効な方策がない現状では、磯焼け地における春藻場の造成は現実的な温暖化適応策であると考えられる。ただし、春藻場が成立する環境条件のより詳しい解明と造成手法のレベルアップに加え、イセエビやアワビなどにとって一年を通じた成育場としてどの程度機能するのかを明らかにすることが今後の課題である。

3. 沖合の漁業資源への影響（今後の影響予測）

1) 基礎生産および分布回遊の変化

沿岸域では海藻群落などが有用水産資源の餌および成育場として重要な機能を果たしているのに対し、沖合域では、植物プランクトン→動物プランクトン→魚という食物連鎖が水産資源の生産を支えている。しかし、温暖化によってこれらの生産構造が変化し、その結果、魚の数や大きさが変化することが予想される。また、魚類は基本的にそれぞれの種に特有の適水温帯（分布・回遊する水温域）があり、サンマ、アジ、サバ、イワシ等の回遊性浮魚類は、この適水温帯を季節的に回遊する特徴がある（宇田，1960）。しかし、地球温暖化によって水温分布が変わると分布・回遊する海域が変化し、獲れる漁場・漁期が分かることが予想される。ここでは、秋の味覚として我々の食卓になじみの深いサンマを例として、実際にどれくらい影響を受けるのかをシミュレーションによる予測結果で紹介する。

2) サンマの生態

サンマは北太平洋に広く（北米沿岸まで）分布し、寿命は約2年と推定されている。日本周辺海域で漁獲されるサンマは図1のような季節的回遊を行い、水温の高い夏には北の海域まで北上し、餌をたくさん食べて成長し、秋以降、水温の低下と共に日本周辺海域に南下してくる（伊藤，2009）。そのため、日本周辺海域では秋がサンマの漁獲盛期になる。その後、1才魚は日本周辺海域で産卵・死亡し、0才魚は越冬後、再び水温

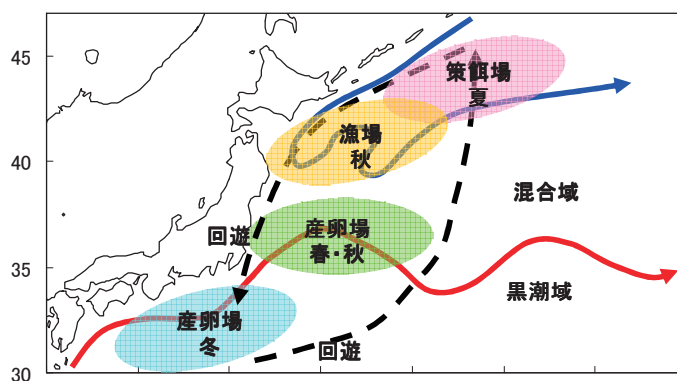


図3 日本周辺海域におけるサンマの分布回遊図（伊藤 2009 より）

の上昇と共に北上していく。サンマの生活史は水温と深く関係しているため、温暖化による水温の変化がサンマの分布・回遊に影響を及ぼすことになる。そこで、温暖化によるサンマへの影響を、シミュレーションをもとに予測してみよう。

3) サンマの影響予測結果

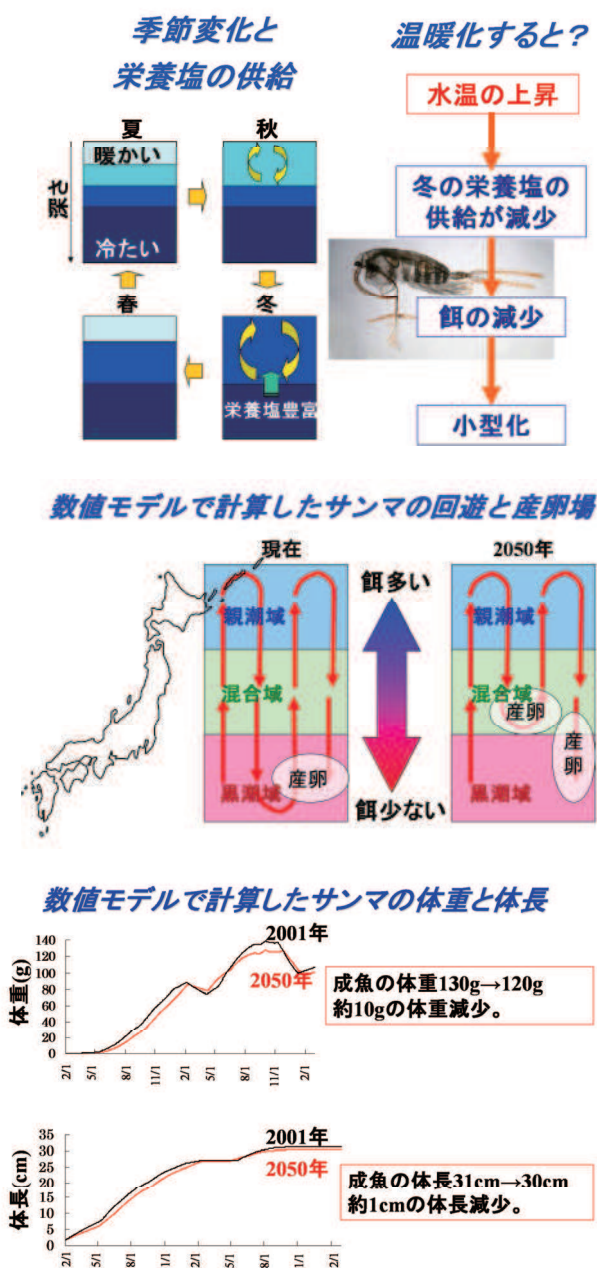


図4 温暖化におけるサンマへの影響過程
模式図 (伊藤 2009 より)

まず、海の生産構造の変化である。海の表層域の基礎生産力の特徴として、陸上の植物と同様に光合成によって植物プランクトンが増加する。植物プランクトンは、光と海水中の栄養塩類（チッソ、リン等）を用いて生産されるが、栄養塩類は春以降、植物プランクトンに消費されて減少し、生産が止まってしまう（高柳ら，2009）。しかし、冬季に海の表面が冷やされると、海水が混合して深いところから供給され、翌年の春には再び植物プランクトンが生産される（高柳ら，2009）。温暖化すると、冬季の冷却が弱くなり、表層域へ供給される栄養塩が減少すると予測された（図4）。さらに、栄養塩の減少によって植物プランクトンと、それを捕食する動物プランクトンも減少し、これらを餌とするサンマの成長が遅れ、サンマの体重が減少すると予測された（図4）。

一方、成長の遅れと水温の上昇によってサンマが南の海域に来遊しにくくなるとともに、来遊する時期も遅れると予測された（図4）。すると、温暖化する前よりも生産性の高い海域（北の海域ほど生産性は高い傾向がある）に留まる期間も長くなり、冬季には0才魚の成長の遅れを取り戻せる可能性も示された（図4）。さらに、産卵期に餌条件のよい海域に留まることによって産卵数が増える場合も出現し、産卵量は増加する可能性も示された（図4）。

ただし、複数のシミュレーションで結果を比較（アンサンブル温暖化実験）してみると、成長に関しては、同じような結果（試行の77%で体重が減少）が得られ、かなり信頼性が高い結果と判断される一方、産卵数の増加については、前提条件によって結果が異なっており（試行の33%で産卵量が増加）、必ずしも信頼性の高い結果とは言えないようである。

以上の様に、温暖化によってサンマの成長や回遊が変化することが予測されることに加え、産卵数も変化することが予測された。温暖化による予測結果は、当初の予想通りの結果が得られる場合もあれば、当初の予想とは異なる意外な結果を導く場合もある。また、信頼性の高い予測結果もあれば、信頼性が低い予測もある。今後、生物と海洋環境の関係

をより明らかにしていくことで精度向上が図れるとともに、今後の海の変化（水温、生産構造、餌生物の量など）を観測し実際に海がどのように変化しているかを精度良く把握していくことが、今後の温暖化予測の精度向上には欠かせない。

4. 温暖化への適応

以上で紹介した様に温暖化によって沿岸域～沖合域の生態系および生産構造が変化し、漁獲される魚介類の種類、大きさ、数量が異なると予測された。温暖化進行の緩和によってこれらの変化を遅くさせることも可能だが、それでも温暖化の進行に伴う変化を食い止めることは困難と思われる。よって、漁業の温暖化への適応として、予測された変化に合わせて、対象とする魚種や、それをとるための時期や漁法等も変化させていくことが重要になる。この際、各海域における適切な影響予測が得られることによって、より効率的に適応（予測に合わせた漁具・漁法の転換、流通体制の整備等）していくことが可能になることが期待される。そのためにも、温暖化による水産資源への影響予測の精度向上が求められることになる。

漁業の適応に加えて、私たちの消費活動も各地で獲れる魚に合わせて適応させていく必要があるようにも感じる。例えば、最近 10 年でサワラが日本海で急増した（永井, 2009）。基本的にサワラは西日本を中心に消費されてきており、これまで北陸や新潟ではサワラを積極的に利用する習慣はなかった。そのため、日本海でサワラが増加した当初は必ずしも有効に利用されていなかった。しかし、毎年の様にサワラが日本海沿岸域で獲れるようになってくると、それをうまく利用するように流通市場も変化し、近年では、新潟市内でもサワラ（日本海ではサゴシと呼ばれる小型のサワラが中心）の切り身が販売され、日常的に消費されるように変化してきた。温暖化をはじめとする気候の変化によって漁業資源は大きく変化する特性がある。その変化に漁業が的確に対応するばかりでなく、我々消費者も同時に適応していくこと（高柳・小埜, 2009）が温暖化をはじめとする気候変化への対応として重要と考える。

参考文献

- Cushing D.H. (1982) *Climate and Fisheries*. 川崎 健 訳 (1986) 気候と漁業. 378pp, 恒星社厚生閣.
- 藤田大介・村瀬昇・桑原久実 編著 (2010) 藻場を守り育てる知恵と技術. 磯焼けシリーズ 3, 278pp, 成山堂書店.
- 伊藤進一 (2009) 秋のサンマが大ピンチ?. 水産総合研究センター編著, 地球温暖化とさかな, 29-45, 成山堂書店.
- 花輪公雄 (2007) 海洋環境のレジーム・シフト. 川崎 健ら編著, レジーム・シフトー気候変動と生物資源管理一, 11-20, 成山堂書店.
- 川崎 健 (2007) レジーム・シフトー地球システム変動の新しい概念一. 川崎 健ら編著, レジーム・シフトー気候変動と生物資源管理一, 1-9, 成山堂書店.
- 永井達樹 (2009) サワラは大漁!. 水産総合研究センター編著, 地球温暖化とさかな, 87-95, 成山堂書店.
- 長崎県水産部 (2012) 長崎県における磯焼け対策ガイドライン

- 高柳和史・伊藤進一・Muyin Wang (2009) 地球温暖化と海洋環境. 水産総合研究センター編著, 地球温暖化とさかな, 1-16, 成山堂書店.
- 高柳和史・小埜恒夫 (2009) これからどうすべきか. 水産総合研究センター編著, 地球温暖化とさかな, 159-169, 成山堂書店.
- 宇田道隆 (1960) 海洋漁場学. 水産学全集 16, 347pp, 恒星社厚生閣.
- 吉田吾郎・寺脇利信・吉村拓 (2009) 海の砂漠化?. 水産総合研究センター編著, 地球温暖化とさかな, 121-136, 成山堂書店.
- 吉村 拓・清本節夫・八谷光介・中島 泰(2009) 長崎市沿岸に広がる“春藻場”とは?. 月刊海洋, 41 (11), 629-636.