

水産資源ならびに生息環境における 地球温暖化の影響とその予測

水産総合研究センター

1 現在確認されている影響事例	
(1) 海洋環境への影響	
・我が国周辺の海水温上昇、海流等の変化	1－①
(2) 水生生物の分布域の変化	
・アイゴ	2－①
・シイラ（分布域の北上）	2－②
・サワラ	2－③
・ハリセンボン	2－④
・ナルトイエイ	2－⑤
・ミズクラゲ（増加、越冬クラゲの出現）	2－⑥
・大型クラゲの出現海域の拡大	2－⑦
・その他の南方系水産生物（出現捕獲）	2－⑧
(3) 水産資源への影響	
・カタクチイワシ（太平洋系群の増加傾向）	3－①
・日本海北・中部におけるマダイ漁獲量の増加傾向	3－②
・ブリ	3－③
・スケトウダラ北部日本海系群の減少傾向	3－④
・北海道のマダラ	3－⑤
・ホッケ 北海道における漁獲量の減少・増加傾向	3－⑥
・ズワイガニ各海域における漁獲量の増加傾向	3－⑦
・クルマエビ、西日本を中心に漁獲量減少	3－⑧
・ホッコクアカエビ	3－⑨
・周防灘におけるアサリ漁獲量の減少と海水温の関係	3－⑩
・エゾアワビ	3－⑪
・暖流系アワビ類の減少傾向	3－⑫
・アユ	3－⑬
(4) 生態系への影響	
・東北海域におけるネオカラヌスの減少	4－①
・熱帯性有毒プランクトン（アレキサンドリウム・タミヤバニッチ発生）	4－②
・藻場の変動とその影響	4－③
・干潟の消失による沿岸生態系への影響	4－④
・サンゴ 大規模な白化現象	4－⑤
・リュウキュウキッカサンゴ	4－⑥
(5) 養殖への影響	
・漁病	5－①
・カンパチ（ハダムシの増加）	5－②
・マグロ養殖への影響	5－③
・マダイ養殖への影響	5－④
・ノリ養殖への影響事例	5－⑤
(6) 増殖への影響	
・ニシンの種苗飼育水温と成長	6－①
・ホタテ養殖	6－②

<説明文>

○グローバルな水温の上昇

全球で平均された陸域の地上気温は、1880 年以降 2005 年までの間に $0.78^{\circ}\text{C}/100$ 年で上昇しており、その原因は人為的に排出された温室効果ガスの影響と判断されている。海面水温も長期的に上昇し、全海洋平均では $0.50^{\circ}\text{C}/100$ 年の上昇が認められている。また、水温の上昇は中層まで及び、貯熱量が増加していることも報告されている。(気象庁,2008)

○水温上昇の時空間的な特徴

1890 年から 2005 年までの間の海面水温の変化は、一様に上昇するのではなく、十年スケールの変動の影響を受け、北太平洋では 1940 年ごろ及び 1990 年ごろに急激な水温上昇があったことが認められる。また、海洋表層の高温化は、地理的に一様ではなく、北太平洋では北緯 40 度付近で低温化トレンドが見出されている。(IPCC,2007)

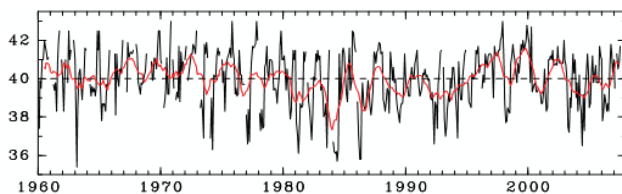
○日本周辺海域の海面水温上昇

気象庁により日本周辺海域の海面水温上昇トレンドの評価によれば、日本東方海域（親潮域・混合域）をのぞき、日本南方の黒潮域、日本海、東シナ海では過去 100 年の間に $0.7^{\circ}\text{C}\sim 1.7^{\circ}\text{C}$ の水温上昇があったことが報告されており、上昇率は他の海域に比べ大きい。(気象庁 2008) 日本東方海域で温暖化トレンドが明確ではないことについては、1970 年代以降の風系の変化に対応する亜寒帯循環の南偏傾向を反映したものと考えられる。

○日本周辺海域の海流等の変化

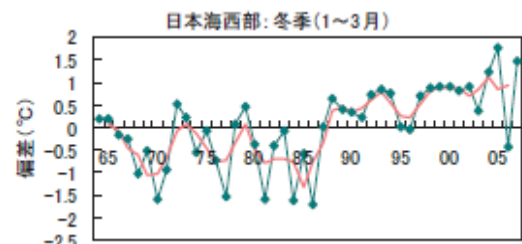
- ・ 黒潮について、気象庁の長年にわたるモニタリング結果によれば、流量変動には数年から数十年の変動が卓越し、明確な温暖化の影響は確認されていない。(気象庁 2008)
- ・ 親潮については、親潮第 1 分枝の動向からみると(図 1)、1970 年代後半以降、1980 年代に親潮の南下が著しい時期があった後も、それほど頻繁ではないが、38 度以南に南下することがあり、長期的に見て、南下しやすい状態が続いていると考えられる。(水産庁等 2008)
- ・ 対馬暖流については、特に 1990 年以降強勢となっていることが認められている。1980 年代末からの暖冬傾向の継続により、水温も上昇している(図 2)。また、日本海の中深層を占める日本固有水のポテンシャル水温にも上昇傾向が見られ、固有水の形成が弱まっていることが示唆されている。(水産庁等 2008、気象庁 2008)

図 1 親潮第 1 分枝の南端位置の長期変化



親潮水の南端を $100\text{m}5^{\circ}\text{C}$ の等温線で定義、各月毎に位置を決定し、変化を把握。縦軸は緯度、横軸は年。東北区水産研究所作成。

図 2 日本海西部の冬季水温の変化



日本海西部の冬季水温の長期変動。縦軸は水温の平年偏差、横軸は年。日本海区水産研究所作成。

参考：

気象庁 (2008) 「海洋の健康診断表」

IPCC(2007) : Climate Change 2007 - The Physical Science Basis

水産庁・水産総合研究センター(2008)：「我が国周辺水域における海況の特徴と長期変動」

<その他関連するトピック>

担当部署・担当者名：中央水産研究所 海洋データ解析センター 渡邊朝生

<説明文>

アイゴ（写真1）は暖海性の植食魚類であり、その食害が近年、長期にわたって藻場が衰退する「磯焼け」の継続要因として認識されるようになってきた。アイゴの漁獲統計がないことから、水産庁が事業「緊急磯焼け対策モデル事業」の中で行われたアイゴ等植食魚類の分布や食害による被害に関するアンケート調査に基づき、近年の変化が推定されている（桑原ら、2006）。その結果から、アイゴは太平洋側では千葉県以南、日本海側では青森県から出現が確認されており、対馬海流の流れ方によっては、日本海側ではかなり北の海域まで出現すること、内海・外海のどちらにも多く出現することが示された。太平洋側における分布の北限に近い静岡から、「アイゴは春から秋の水温 20℃以上で出現」という報告がよせられる一方で、再生産が確認されるとともに冬季に離岸堤で成魚を確認したとの報告があり、暖水に乗って回遊してくる群だけでなく周年定着している個体の存在がうかがわれた。また、アンケートでは 2005 年以前の 5 年程度の資源動向について、分布の北限に近い神奈川県や秋田県、青森県で増加傾向と回答されている。あくまで聞き取り調査であるのでその結果を十分吟味する必要があるが、太平洋中区、日本海における 1990 年前後以降の水温上昇傾向（図、気象庁 2008）とあわせると、分布の北限に近い水域での増加傾向には、この水温上昇の影響の可能性が疑われる。

一方、静岡県ではアイゴによるカジメの食害が水温が高い夏～秋に活発化することが観察されており、霜村ら（2005）は水槽実験により 20～25℃でよく摂食することを確認している（http://www.affrc.go.jp/ja/research/seika/data_suisan/h17/nrifs/017）。ただし、海藻だけでは成長せず、安定同位対比の測定結果から、餌として葉上動物が重要である（柴田、2004；研究の動き 4-29）ことがわかってきた。



写真1 海藻に群がるアイゴ

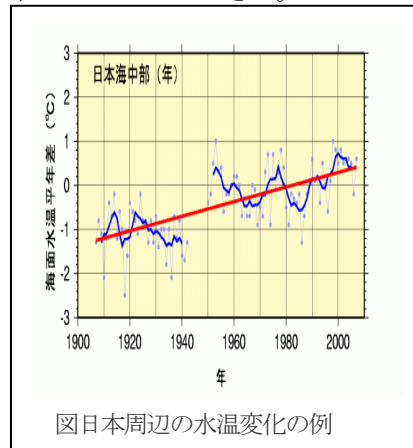


図 日本周辺の水温変化の例

参考

桑原久実、綿貫啓、青田徹、横山純、藤田大介（2006）磯焼け実態把握アンケート調査の結果.水産工学 43: 99-107.
気象庁（2008）「海洋の健康診断表」

<その他関連するトピック>

整理番号：2-②

タイトル：シイラ（分布域の北上）

<説明文>

シイラは世界の温帯・熱帯域に棲息しており、日本では主として本州中部以南に棲息する。水温 20°C 以上の暖かい海域を好み、良い漁場となる水温は $25\sim 27^{\circ}\text{C}$ である。水温の上昇する夏季には北海道の日本海・太平洋沿岸～オホーツク海まで北上することがある。

日本におけるシイラの漁獲量は8,000～10,000トンで比較的安定しているが（図1）、近年はこれまで漁獲が少なかった北部域での漁獲が増加している。特に北海道で漁獲の増加が目立っている（図2）。漁獲量は1995-1999年の平均71トン（全国の漁獲の0.7%）から、2000-2006年の平均158トン（同1.8%）へと倍増している。最近、北海道ではこれまでめずらしかったシイラが市場に出回り、温暖化の話題と関連してマスメディアを賑わすようになった。

シイラの北上の指標となる表面水温は 20°C で、遊泳水深は表層付近であるので、表層水温の分布の変化からもシイラの分布域の変化は把握できる。日本周辺の海水温の高温化がさらに進めば、シイラの分布域も北部沿岸へと拡大していくことは明らかである。分布の拡大が漁業に与える影響は小さいが、ゲームフィッシングの愛好家には歓迎されるだろう。ただし、北海道周辺海域においては100年間にわたる平均海面水温に統計的に有意な長期変化傾向は見出せないことから（気象庁）、この海域の高温化は十年～数十年程度の期間規模の変動が影響している可能性があるため、シイラの分布拡大現象を単純に地球温暖化と結びつけて議論することには注意が必要だろう。

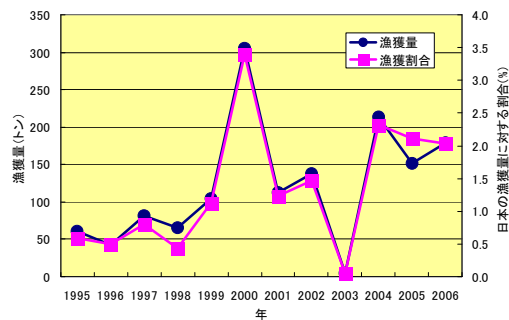
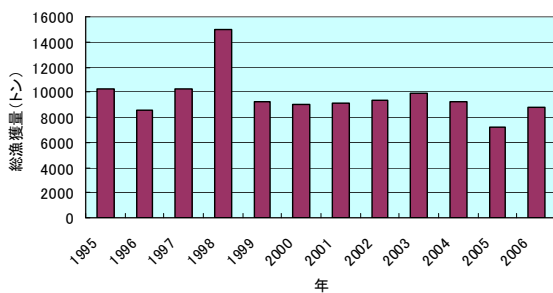


図1. 日本のシイラ類漁獲量の変化（漁業養殖業統計年報）
図2. 北海道におけるシイラ類漁獲量の変化（漁業養殖業統計年報）



写真：シイラ（叉長81.5cm，採集地：五島灘）

<その他関連するトピック>

担当部署・担当者名：西海区水産研究所東シナ海漁業資源部資源評価研究室 担当者：浅野 龍治

<説明文>

日本海沿岸では西部、北部共に 1999 年からサワラの漁獲量が急激に増加した（図 1）。

日本海の水温は、冬季は 1980 年代終わりに、夏季は 1990 年代後半に上昇した（図 2）。サワラは、1990 年代終わりの夏季を中心とした水温上昇が分布回遊生態等の変化を引き起こし、日本海での漁獲量の急増に結びついたと考えられる。

サワラのように東シナ海で再生産される暖水性魚種の資源変動メカニズムの解明のためには、隣接し多くの表層性資源の補給源でもある東シナ海の海洋環境の変化も視野に入れ、今後の研究を展開して行く必要がある。

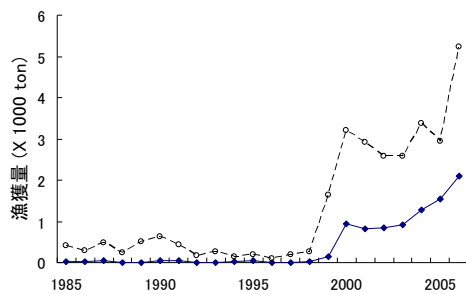


図 1. 日本海におけるサワラ漁獲量。実線：北部（富山～青森）、点線：西部（山口～福井県）。資料：由上龍嗣，大下誠二，平成 19 年度サワラ東シナ海系群の資源評価。「平成 19 年度我が国周辺水域の資源評価調査 第 3 分冊」水産庁増殖推進部・水産総合研究センター，2008；1124-1132。

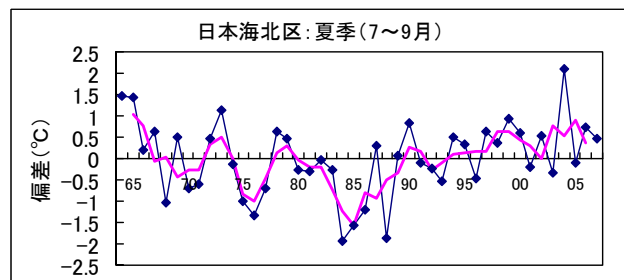
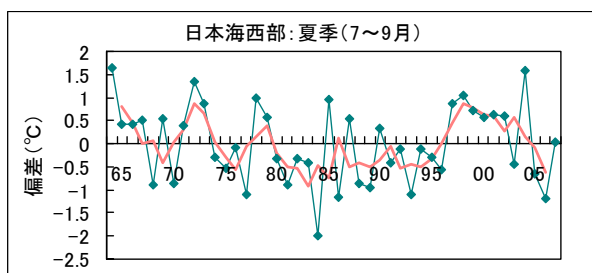


図 2. 日本海北区（ほぼ石川県以北）、西部（ほぼ福井県以西）の冬季 50m 層水温（資料：加藤（日水研））



サワラ（資料：水研センターHP）

<その他関連するトピック>

＜説明文＞

日本海におけるハリセンボンの来遊は、東シナ海など南方海域に再生産の場を持つものが暖流に運ばれて死滅回遊するものとされている（長沼、2000）。この点で同じ位置づけに入るソデイカについて、対馬海峡周辺部における6月の水温とソデイカの主漁期である9～11月の兵庫沖でのCPUEは有意な相関関係が見られることが知られている（ $r^2=0.830$ ；宮原、2004）。つまり、これら南方から日本海へ来遊する生物の来遊量には海洋環境が影響を与えていることが窺える。

ハリセンボンは近年では2006年12月から2007年3月にかけて、山口、島根、兵庫、京都、新潟、山形などの各府県で旋網、定置網への大量入網、海岸への打ち上げなどが観察された。多いところでは定置網に1日数トンも入網するほどの来遊であった（島根県、2008）。2007年（2007年）冬季（1～3月）の50m層水温を見ると（下図）、前年（2006年）は平均値以下であったのに対し、2007年冬季は平均より1.5℃程度高かった。ただしハリセンボン大量来遊との因果関係は不明である。

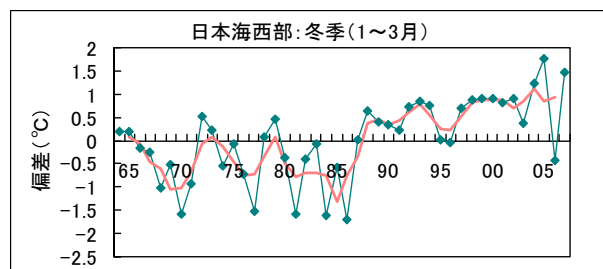
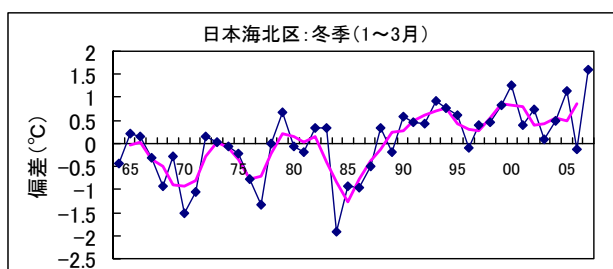
大量入網は操業の邪魔になると思われるが、漁業被害を与えていると言うほどの声はまだ聞かれていない。

文献

宮原一隆. ソデイカの漁況予測モデルの開発、日本海区水産試験研究連絡ニュース、2004；404、7-10.

長沼光亮. 生物の生息環境としての日本海. 日本海区水産研究所研究報告 2000；50：1-42.

島根県. ハリセンボンの大量発生. トビウオ通信号外、とびつくす 2008；27：2



日本海北区（ほぼ石川県以北）、西部（ほぼ福井県以西）の冬季50m層水温（資料：加藤（日水研））

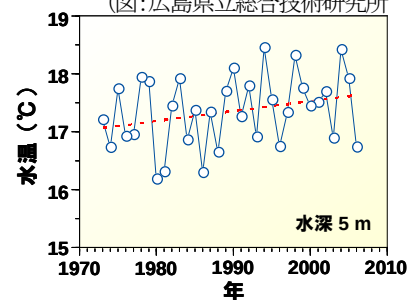


ハリセンボン（水研センターHP）

＜その他関連するトピック＞

山口県沖では近年トラフケボリ、コブセミエビ、オオフトゲヒトデ、ヒロオウミヘビなどの熱帯・亜熱帯性の生物が観察されるようになったが、これは日本海南西部における1997年以降の海水温の高温傾向と関係があると見られている（小林ら、2007）。

小林知吉，堀 成夫，土井啓行，河野光久. 山口県の日本海沿岸域における海洋生物の分布機構と海洋環境の変動との関連. 「平成18年度水産研究成果情報」水産総合研究センター. 2007; 96-97.

整理番号：2-⑤	タイトル：ナルトビエイ
<説明文> ナルトビエイは紅海、インド洋、南シナ海、東シナ海、西部太平洋など、熱帯から温帯の沿岸・汽水域に生息する。日本では1989年に長崎県の五島灘周辺での生息が初めて記録され、1990年代中ごろには有明海や瀬戸内海、日本海での生息が知られるようになった。特に近年、有明海や瀬戸内海などの内海域に大量に来遊しており、また、これまで出没情報のなかった伊勢湾や三河湾でも捕獲されるようになった。 近年、有明海、瀬戸内海とも海水温は上昇傾向にありナルトビエイの大量出現との関連が疑われているが、詳細は不明である。 ナルトビエイは集団で二枚貝類の漁場へやってきて大量に食害するため、西日本において資源が枯渇しているアサリやタイラギの資源回復の大きな阻害要因となっている。有明海においては、佐賀県や福岡県などのタイラギ漁場で4～7月および9～12月にかけてナルトビエイの食害が観察されており、2000年以降に発生しているタイラギの大量死の原因の一つとされる。また、佐賀県では天然カキ礁でのカキの食害が、水質浄化等の機能を持つとされるカキ礁の保全上の問題となっている。瀬戸内海においては、2001年に広島県のアサリ漁場で初めて大規模な食害が確認され、その後、周防灘に面する山口・福岡・大分各県でもアサリ漁場やバカガイ漁場における食害が問題となっている。大分県の中津市沖では2006年に約10年ぶりに大発生したバカガイがナルトビエイによって食べ尽くされ、その被害は約3,600トン、7億円と推定された。また、岡山県では流し刺網漁で1操業あたり多い時には100尾以上のナルトビエイが混獲され、漁具の破損被害などが問題となっている。 現在、ナルトビエイによる二枚貝類食害への対策として、比較的小規模な漁場においては被覆網や立て杭などにより、やや規模の大きい漁場では囲い網などにより防除が実施されており、電磁パルスを用いたナルトビエイ忌避装置も開発されつつある。また、海域によっては刺網などを用いた積極的な駆除も実施されており、瀬戸内海では山口・福岡・大分の3県で平成19年に合計200トン以上を駆除した。 ナルトビエイの防除や駆除には多大な手間と経費を要し、貝類資源の減少によりただでさえ苦しい沿岸漁家の経営をさらに圧迫している。今後は、効果的な防除・駆除方法の開発や、それらを効率的に行うために必要な基本的生態情報（資源量や移動経路、繁殖生態など）の蓄積が必要である。 ナルトビエイ（写真：（独）水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所）  駆除されるナルトビエイ（写真：山口県水産振興課）  広島湾（瀬戸内海）の年平均水温の経年変化 （図：広島県立総合技術研究所） 	
<その他関連するトピック> - ナルトビエイは水槽実験では1日に体重の約半分～体重と同量の殻付きアサリを摂食することが観察されている。 - 駆除されたナルトビエイの一部は、飼肥料に加工して有効利用されている他、学校給食等への利用も検討されている。	
担当部署・担当者名：（独）水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所栽培資源部資源増殖研究室 担当者：薄 浩則	

整理番号：2-⑥	タイトル：ミズクラゲ（増加、越冬クラゲの出現）
<説明文> 世界の冷帯から温帯、熱帯と広い範囲に生息するミズクラゲ類は、我が国沿岸のほぼ全域に生息する。北海道周辺海域にキタミズクラゲが分布するなど種レベルの変異が見られるが、生態的にはほぼ同じと考えて差し支えない。濃密で（10-600 個体／m²）大きな（長径 100-400 m の楕円状）集群を形成し、沿岸漁業（網の損傷、作業遅延）や臨海工業施設（冷却水取水システムの故障）に大きな被害を与えることがある。 我が国周辺で温暖化の影響と考えられる事例はこれまで瀬戸内海の 1 例だけである。上・上田(2004)は、瀬戸内海周辺の漁業者へのアンケートと面接調査により（総回答数 1354）、瀬戸内海の中央部を除く海域で、過去 15 年以内にミズクラゲの発生が長期化しており、その原因の一つとして 1983-1999 年間に瀬戸内海全体で年間最低水温が約 1.5℃上昇したために越冬個体群が増えたのではないかと推察している。しかし、陸奥湾、敦賀湾、東京湾などでは越冬個体群があることが以前から知られており、瀬戸内海の越冬個体群が最近の現象なのか、はっきりした裏付けはない。 また、温暖化の影響について事例が蓄積され、原因究明が行われる可能性がある。例えば、愛知県知多湾では、本年 3 月上旬に既に大規模な集群の形成が目撃され（豊川他未発表データ）、また、岩手県では本年 3 月下旬よりキタミズクラゲの大量発生による漁業被害があるなど（岩手県水産技術センター：http://www.pref.iwate.jp/~hp5507/gyokyou/gougai-08/kurage-1.pdf）、出現時期の早期化が疑われる事例も出て来ている。 写真：若狭湾のミズクラゲ（写真：豊川未発表データ） 	
<その他関連するトピック>	
担当部署・担当者名：水産総合研究センター中央水産研究所海洋生産部低次生産研究室 担当者：豊川雅哉	

<説明文>

大型クラゲ (*Nemopilema nomurai*) は近年、頻繁に日本沿岸に出現し沿岸漁業を中心に大きな被害を与えている。大量出現は1958年、1995年など数十年おきに発生していたが、2002年以降はほぼ毎年発生している。

大型クラゲの発生海域は東シナ海・黄海沿岸と考えられる。同海域で大量に発生する機構及びその要因、大量発生した大型クラゲが東シナ海で大型になるまで成長する要因、など日本沿岸に大量に襲来する原因は不明であるが、現在考えられている仮説として、

A:地球温暖化による東シナ海・黄海沿岸の水温が上昇し（図1、2）、同沿岸に着底している大型クラゲの幼生の生残、増殖、成長を促進した。

B:同沿岸域の富栄養化により、植物プランクトン組成が珪藻類主体から鞭毛藻類主体へ変化し、着底幼生及び、浮遊幼生の餌となる植物プランクトンが増え、生存に有利となった。

C:東シナ海・黄海の漁獲量が増加し、餌生物（動物プランクトン類）を巡る競争に大型クラゲが有利となった。が要因としてあげられる。

仮説Aの検証データとして高度化事業において、水温上昇と着底幼生の無性繁殖速度の相関が明らかになった（表1）。

仮説の検証に飼育実験の他に沿岸調査が必要であるが、これらの検証データは得られていない。B、Cについても検証が必要である。

水温	平均ポドシ スト生産数	平均ポド シスト生 産速度（ポ リプ d ⁻¹ ）	1個の生産 に要する日 数
5℃	0.043	0.001	1387.5
8℃	0.64	0.011	94.3
11℃	0.26	0.004	228
15℃	0.46	0.008	131
19℃	1.38	0.023	43.4
23℃	2.31	0.039	26

表1 水温と大型クラゲの無性繁殖速度の関係
先端技術を活用した農林水産研究高度化事業「大型クラゲの大量出現予測、漁業被害防除及び有効利用技術の開発」事後評価報告書より引用
課題名「大型クラゲ幼生期の生態特性の解明」 担当：広島大学上真一教授
ポドシスト：着底幼生であるポリプが移動したあとに残る細胞塊。ポドシストからポリプが発生し、数個の浮遊幼生が遊離する。この他、浮遊幼生の生産にも水温が影響することが明らかになった。

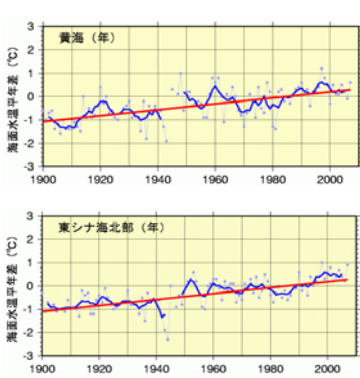


図1 黄海及び東シナ海の表面水温の長期変動
気象庁HP 海洋の健康診断表、海面水温の長期変化傾向（九州・沖縄海域）より引用

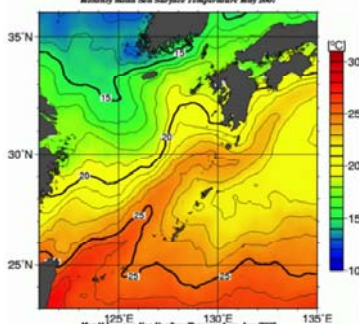


図2 東シナ海の表面水温、2007年5月
長崎海洋気象台HPより引用
5月頃に浮遊幼生が着底幼生から発生すると推定されている。

<その他関連するトピック>

＜説明文＞

水産生物の中には日本列島の南北の規模で回遊するマグロやブリなどもあるが、沿岸浅所や内湾で暮らす水産生物もいる。それらの多くは小型の卵を多数産出し、一定の浮遊期間中に拡散した後に、それぞれの適した環境に漂着したものだけが定着することで、子孫を残すとともに棲息範囲を維持、拡大してきた。残らなかった方に注目すると、海流に乗って不適な環境に流れたものは浮遊期や定着後に死んできた。そのため、南方系水産生物が北方にも時々海流に乗って流れ着き、冬季を越せずに死滅する死滅回遊という現象が古来より知られていた。

一方で、日本周辺の海面水温の中では閉鎖的な日本海で温度上昇がもっとも大きいことが報告されている（気象庁HP、

http://www.data.kishou.go.jp/kaiyou/shindan/a_1/japan_warm/japan_warm.html）。益田(2007)は、日本海の中央部に位置する若狭湾舞鶴の沿岸浅所で2002～06年に潜水調査により出現魚類を調査し、1970～72年の同一地点の調査と比較し、30年の間に南方系魚種が増加し、北方系魚種が減少していることを報告している。この間にこの海域の特に冬季平均水温が上昇しているため、この水温上昇に対応した現象と推察している。（Masuda, R. 2007 Seasonal and interannual variation of subtidal fish assemblages in Wakasa Bay with reference to the warming trend in the Sea of Japan. Environ Biol. Fish.）

また、近年、各地において従来は見かけなかった南方系魚介類の報告（山口県での南方系巻貝マガキガイの漁獲、日本海等での南方系クラゲ類のギンカクラゲやトガリサルパの漂着、山口県でのコンゴウフグ、モヨウフグ、ハタテダイ稚魚の来遊、島根県でコマチクモヒトデの報告、アミダコ、徳島県でタコクラゲ、ヒゼンクラゲ、ユウレイクラゲ、東京湾のサンゴ棲息、南方系ウニ類のガンガゼの北上、等）が相次いでいる。データとして比較できる資料が少ないが、今後の動向に注意が必要である。

さらに、船舶のバラスト水や増養殖目的種に混じって移動した水産生物が遠く離れた地に移動し、根付く事例が世界各地で報告されている。たとえば、アメリカ原産のムラサキイガイ、ミドリガイの日本各地への定着、日本原産のアサリがアメリカ西岸へワカメがオーストラリアへ定着などの事例が知られている。これらの移入種の繁殖に温暖化が結びつくと、はるか遠い南方種が一举に侵入することで、原産の種および生態系への影響が懸念されている。現在、バラスト水による移動対策として船内での殺菌処理が検討されており、移植にも厳重な注意が必要である。

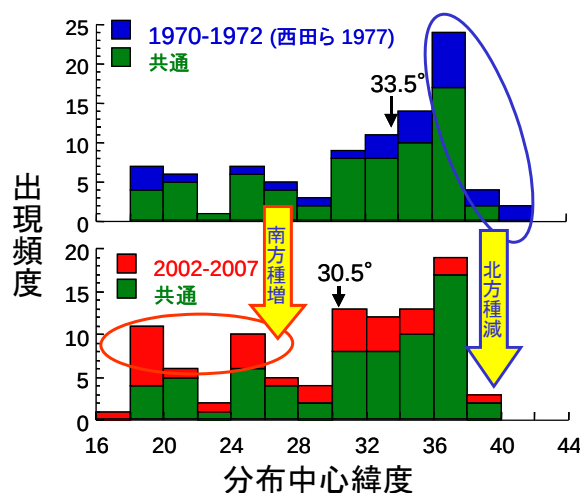


図 1970-72年と2002-2007年に京都府舞鶴での潜水観察で発見された種の平均分布緯度
益田準教授提供：Masuda, R. (2007) より改変

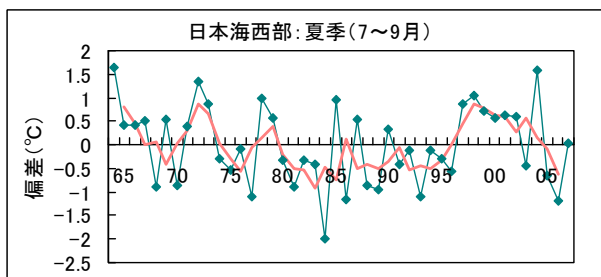
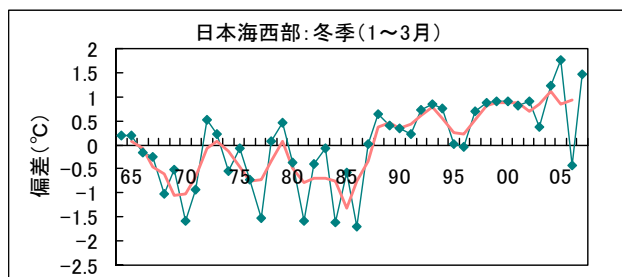


図 日本海西部（ほぼ福井県以西）の冬季と夏季の50m層水温（資料：加藤（日水研））

＜その他関連するトピック＞

担当部署・担当者名：日本海区水産研究所海区水産業研究部 担当者：桑田 博

太平洋のカタクチイワシ資源は、マイワシ資源が90年代に急減したのと入れ替わるように増加した。漁獲量は1990年以降、年変動は大きいものの増加傾向にあり、2003年に過去最高の42万トンとなった。しかし直近の5年間はやや減少傾向にある（図-2）。

カタクチイワシは、産卵最適水温ではマイワシより6度も高く、マイワシよりもより幅広い水温帯に適応できる生物学的特性を持っている（図-3）。本州太平洋岸では、両種の産卵最適水温特性を反映し、マイワシの産卵は2～3月をピークに冬春季に集中するが、カタクチイワシの産卵は5～8月を中心にほぼ周年見られる（図-4）。

卓越魚種がマイワシからカタクチイワシに入れ替わった要因として気候変動（レジームシフト）との関連が指摘される。産卵最適水温に従えば、気候変動に伴い水温が高くなればマイワシに不利でカタクチイワシに有利になると想像できるが、気候変動と資源変動を結びつけて説明可能とするレベルにまでは海洋生態系の理解が進んでいない。このため、水研センターでは農林水産技術会議委託プロジェクト研究「環境変動に伴う海洋生物大発生の予測・制御技術の開発（魚種交替の予測・利用技術の開発）」において、浮魚類の卵～1歳魚までの成長生残過程に関わる海洋環境変動との関わりを中心に、繁殖生態や回遊経路など、浮魚資源変動のメカニズム解明へ向けた各種の取り組みが実施されている。

以上のように、カタクチイワシ資源の変動は気候変動との関わりの中において議論されており、温暖化との関わりについて議論できるほどの根拠が無いが、気候変動と資源変動とを結びつけて説明できるレベルまで海洋生態系変動の理解が進めば、温暖化予測シナリオの元における資源変動の将来予測が可能となるかもしれない。



図-1. トロールで採集されたカタクチイワシ

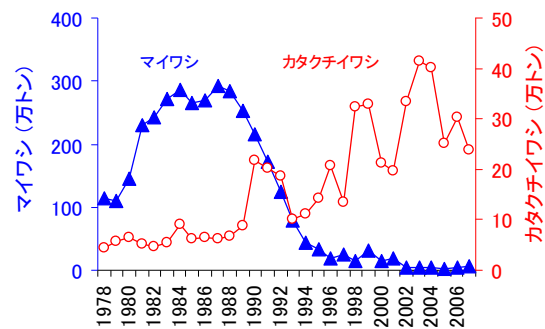


図-2. マイワシ・カタクチイワシ太平洋系群の漁獲量変動

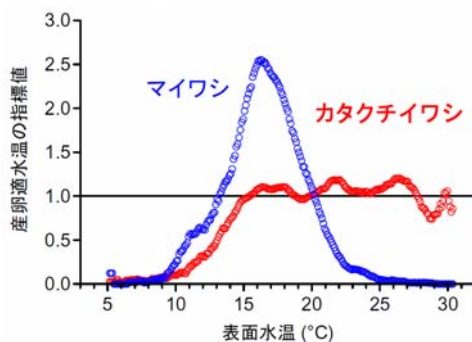


図-3. マイワシとカタクチイワシの産卵最適水温 (Takasuka et al. (2008) Progress in Oceanography 77: 225-232 より一部改変)

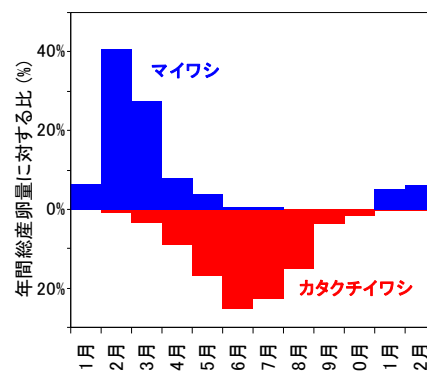


図-4. 本州太平洋岸のマイワシとカタクチイワシの産卵量の月別相対値 (1978～2004年の平均像)

<その他関連するトピック>

＜説明文＞

我が国におけるマダイ漁獲量は 15,000 トン前後で推移しており、日本海西部・東シナ海および瀬戸内海（中西部）で多く、日本海北・中部はこれに次いでいる。なお 2006 年の全国の漁獲量は 15,719 トン（農林水産統計概算値）であり、この約 16%にあたる 2,588 トンが日本海北部から中部にかけての各府県（青森～兵庫）で漁獲されている。

日本海北・中部海域における漁獲量は 1980 年代には 1,500 トン前後と最低水準であったが、1980 年代末以降の海水温の温暖化に伴い増加傾向で推移し、近年では概ね 2,500 トン前後の高い水準にある。また海域別では北部の漁獲割合が高くなってきている。

当海域では 1960 年前後に近年よりもさらに高水準の漁獲が得られており、中長期的な資源変動の存在が伺われるが、1980 年代終盤以降の漁獲量の増加傾向には温暖化の影響も考えられることから今後もその動向を注視していく必要がある。

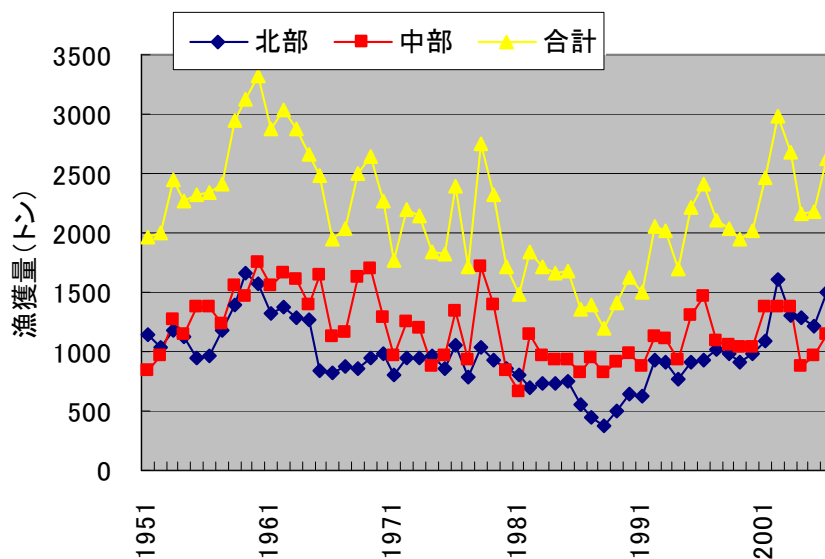


図 1 日本海北部（青森～富山）・中部（石川～兵庫）における漁獲量の推移

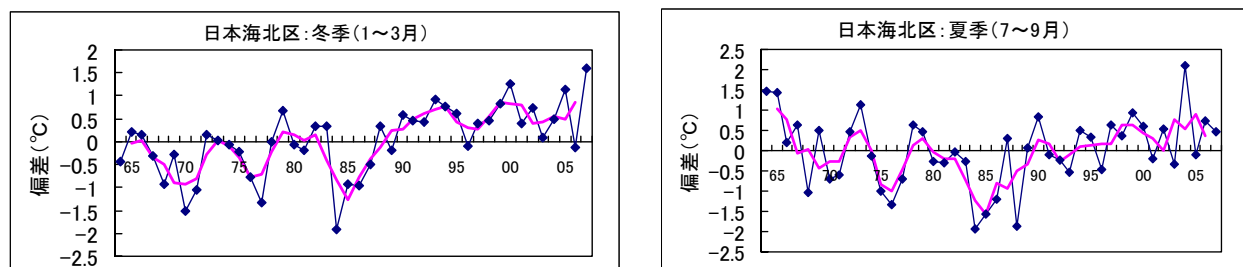


図 2 日本海北区（ほぼ石川県以北）における冬季（左）および夏季（右）の 50m 層水温（平均値からの偏差）
（資料：加藤（日水研））

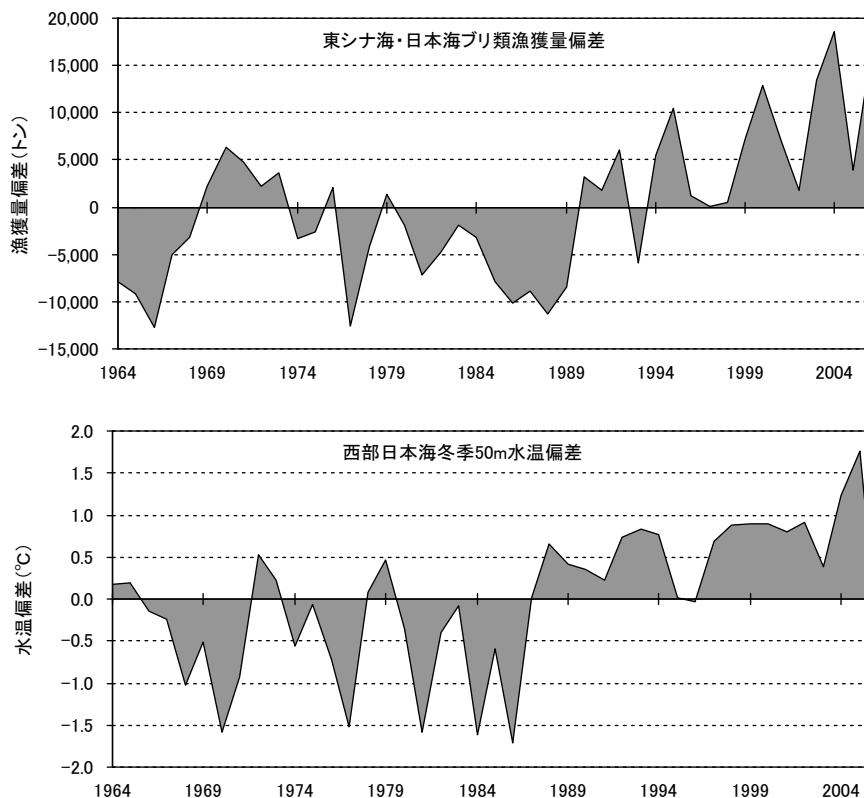
＜その他関連するトピック＞

担当部署・担当者名：水産総合研究センター日本海区水産研究所海区水産業研究部沿岸資源研究室
担当者：井関智明

＜説明文＞

ブリは東シナ海の大陸棚縁辺部を主産卵場として、日本周辺を回遊する沿岸製の回遊魚である。ブリの漁況は古くから海洋環境と密接に関係することが知られている。下図は1964年～2006年における日本海西部冬季の50m深水温偏差と東シナ海・日本海のブリ類漁獲量偏差の時系列を示したものである。ブリは水温が低い(高い)年代に不漁(豊漁)傾向が見られる。対馬暖流域の海洋環境が数年～10年規模の時間スケールで変化し、東シナ海・日本海のブリ類の漁獲量に大きく影響することを強く示唆している。

なお、水温の上昇によって、ブリの産卵場、回遊域及び越冬域、さらに餌生物の分布域も大きく変化することが考えられるため、ブリの漁場・漁期の変化に伴い、既存の産地への量的・質的影響が考えられる。今後、地球温暖化のシナリオを想定して、水温及び餌料環境の変化によるブリの分布回遊及び漁場の変化を予測し、日本海既存産地におけるブリの質的・量的変化を予測する手法を確立する必要がある。



図：東シナイ・日本海におけるブリ類の漁獲量偏差(上)と日本海冬季水温偏差(下)の時系列(出典：水産総合研究センター)

＜その他関連するトピック＞

担当部署・担当者名：水産総合研究センター日本海区水産研究所日本海漁業資源部資源評価研究室
担当者：田 永軍

＜説明文＞

スケトウダラ日本海北部系群の資源量は、1987～1991 年度の間 72～87 万トンと高い水準にあったが、1992 年度以降は減少の一途を辿り、2006 年度当初には 95 千トンにまで減少した。1980 年代後半から 1990 年代前半にかけて当該系群の資源量が増加した理由は、1984 年から 5 年間にわたり高い再生産成功率が継続し、この時期に発生した卓越年級群がその後の資源量を押し上げたことによる。しかし、1989 年以降再生産成功率は急激に低下し、親魚量自体はその後も暫く高い値を保っていたにもかかわらず、卓越年級群が出現することはなかった。そして、それまで資源を支えていた卓越年級群が高齢になり、利用し尽くされて資源から消えるのと同時に親魚量は減少しはじめ、現在は資源量、親魚量共に 1980 年度以降の最低値を毎年更新している。

北水研資源評価研究室の経常研究課題として、本系群の加入量予測モデル研究が行われている。その成果として、加入量は親魚量と表面水温および対馬暖流の北上流量の関数として示すことが出来た。その中で、過去に高い再生産成功率を示した 1984・1988 年については、表面水温ならびに対馬暖流の北上流量ともにそれ以前ならびにそれ以降に比べて低いことが示されている。この結果から、対馬暖流が強く、暖かい年には、再生産成功率が下がることが予想される。

一方で、1981 年以降、再生産成功率の高かった年は上述の 5 年間だけであり、それ以降のみならずそれ以前の再生産成功率も低く留まっていたことから、単純に 1989 年以降の再生産成功率の低迷を、近年話題となっている「温暖化」の結果と結論づけるのは適切ではない。

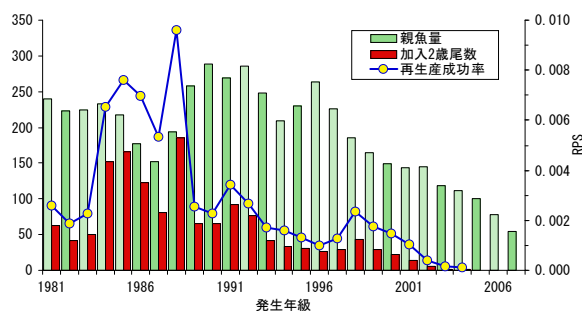


図1. スケトウダラ日本海北部系群の親魚量と加入量、再生産成功率の経年変化 (H19 年度我が国周辺水域の漁業資源評価、第1分冊)

横軸は加入の年度（発生年級）を示し、親魚量はその年級群を産出した親魚量、RPS はそれらから計算された値を示している。

$$\ln(\text{加入量}) = a + \ln(\text{親魚量}) + b \cdot \text{表面水温} + c \cdot \text{北上流量}$$

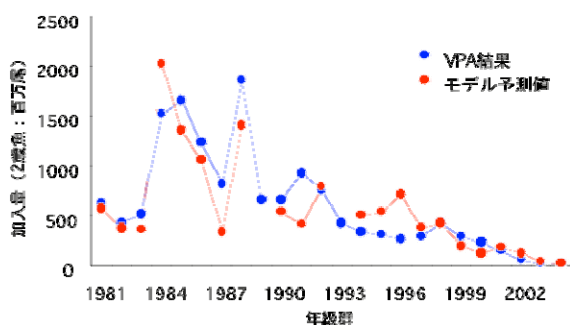


図2. スケトウダラ日本海北部系群の再生産成功率と、上述のモデルにて予測した値の推移 (H19 年度北水研研究評価会議における説明資料より抜粋、未刊行)



写真. スケトウダラ (平成 19 年度資源評価票 (ダイジェスト版、<http://abchan.job.affrc.go.jp/digests19/html/1910.html>))

＜その他関連するトピック＞

担当部署・担当者名：水産総合研究センター亜寒帯漁業部資源評価研究室 担当者：本田聡

整理番号：3-⑤

タイトル：北海道のマダラ

＜説明文＞

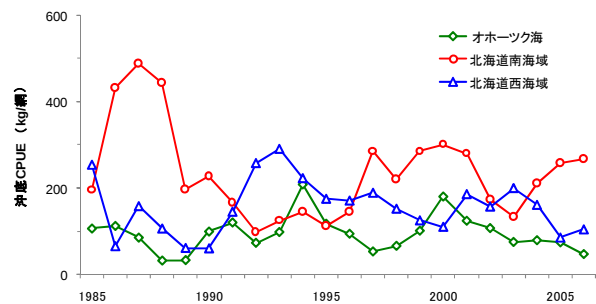
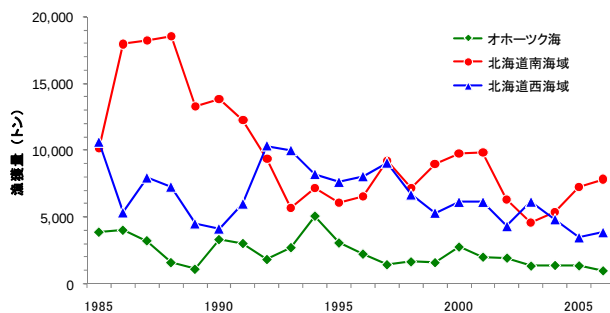
マダラは北太平洋沿岸に広くみられ、本邦周辺では日本海から東シナ海北部、東北地方以北の太平洋岸およびオホーツク海に分布するとされる。なお、本州太平洋側における分布の南限は茨城県沖であり、同日本海側では山陰地方まで分布する。生息水深は季節的な浅深移動を行うため変化が大きく、産卵期以外では 100～550m とされている。マダラにはアジア周辺だけでも 10 以上の系群が存在するが、個々の系群の移動範囲は限られており、これら系群間の交流は少ないとされている。北海道の系群構造は未解明であるが、複数の系群の存在が示唆されている。



写真：北海道区水産研究所

北海道周辺海域におけるマダラの海域別漁獲量ならびに CPUE を下図に示した。漁獲量は北海道全海域では 1980 年代後半以降減少傾向にあるが、2002 年以降はほぼ横ばい傾向である。各海域別ではオホーツク海および北海道西海域で 1990 年代前半以降、減少傾向となっている。一方、北海道南海域では 2003 年以降、漁獲量の増加がみられる。資源水準を表すと考えられる沖底 CPUE をみると、漁獲量と同様に海域によって増減の傾向は異なり、近年では北海道南海域が増加傾向を示していた。

今までのところ北海道周辺海域におけるマダラと地球温暖化の関係を解析した研究例は無く、因果関係は不明である。北海道周辺の資源状況は減少傾向を示す海域も見られるが、近年漁獲が増加している海域もある。加えて、温暖化の影響をより強く受けると考えられる本州北部日本海および本州北部太平洋の系群ではいずれも資源水準は高位で増加傾向である。また、マダラの生息水深が深いことから、生息海域の水温上昇も小さいことが推測される。以上のことから、現時点でマダラ資源に地球温暖化による影響が顕在化しているとは考えにくい。しかし、周辺海域の水温上昇が今以上に進んだ場合、生活史初期の浮遊生活期に、高水温化した水温環境にさらされる事による減耗率の上昇などが予測されるため、今後も影響がないとは断言できない。



北海道周辺海域におけるマダラの漁獲量 (左図) および沖底船 CPUE の経年変化 (右図)

資料：北海道区水産研究所

＜その他関連するトピック＞

担当部署・担当者名：北海道区水産研究所亜寒帯漁業資源部資源評価研究室室 担当者：森 賢

<説明文>

茨城県および対馬海峡以北の本州沿岸から北海道周辺、ユーラシア大陸東岸に生息するホッケは、海域によって漁獲動向が異なる。北海道北部（道北）の漁獲量は、1985年から1998年にかけて増加し、その後は若干減少したものの安定して推移している。一方、本州沿岸から道南にかけて（道南）の漁獲量は1990年以降減少し、さらに2000年以降は急激に減少している。2000年代以降、北海道南部における漁獲努力量が大きく変化したという情報は得られていない。



日本海北東部の水温環境は、1980年代後半から2000年代後半にかけて上昇する傾向が見られている。北海道南部に生息するホッケは日本海側南部の檜山沿岸や奥尻沿岸の岩礁域で秋季に産卵を行うことが知られているが、これらの海域では夏季から秋季にかけて海水温が上昇する傾向が認められている。秋季の水温上昇は、ホッケの分布様式の変化をもたらすとともに、産卵期の縮小、産卵場の縮小など繁殖生態にも影響することが懸念される。

図1：北海道北部および南部におけるホッケの漁獲量推移

(資料：水産総合研究センター)

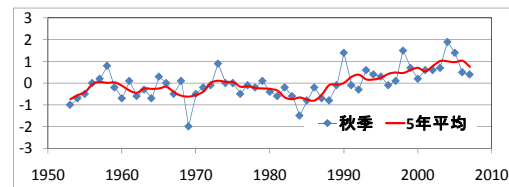
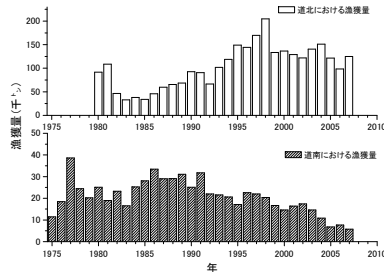


図2：日本海北東部の水温環境（資料：気象庁公表値）

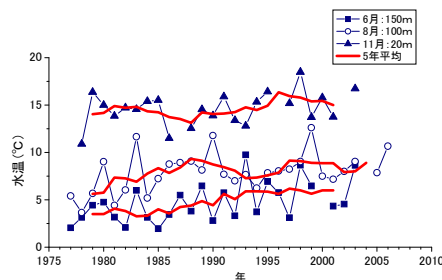


図3：北海道南部日本海側のホッケ分布水深帯における水温の推移（資料：水産総合研究センター）

<その他関連するトピック>

<説明文>

我が国のズワイガニ（写真1）の漁獲量の大半は日本海西部海域で漁獲される。日本海西部海域における漁獲量（図1）は、1960年代に約1.4万トン記録していたが1970年代に急激に減少し、1990年代始めには2,000トンを下回るまで減少した。その後、徐々にではあるが漁獲量は増加し、現在の漁獲量は5,000トン弱にまで回復している。



写真1 ズワイガニ

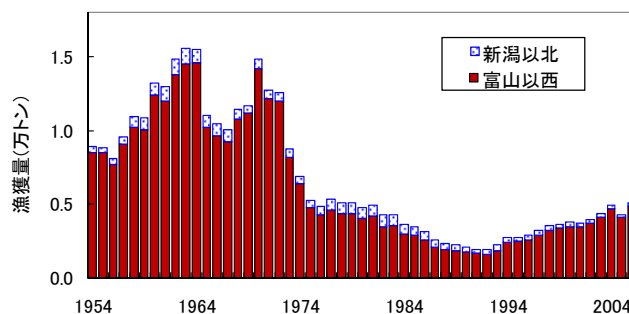


図1 日本海におけるズワイガニの漁獲量

日本海西部海域ではズワイガニ漁獲量の殆どは沖合底びき網漁業によって漁獲される。沖合底びき網漁業の漁獲統計に基づいて細かい海域毎の漁獲密度の経年変化（図2）をみると、大規模な密度変化は隠岐諸島周辺の海域で生じており、雌雄で同様な傾向を示している。

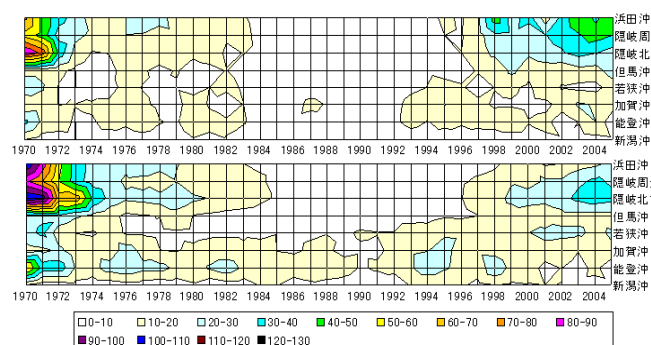


図2 ズワイガニの海区別漁獲密度（上図雌，下図雄）

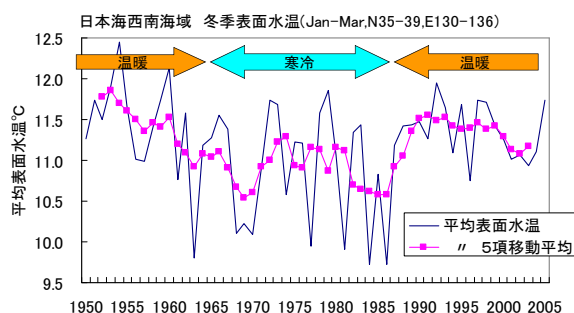


図3 日本海西南海域の冬季表面水温

一方、海洋環境の変化をズワイガニの浮遊幼生期の水温（図3）と対比すると、高水温期にはズワイガニ資源の高水準期、低水温には低水準期みられる。さらに水温の変化と資源量の変化までには、およそ5～8年のタイムラグが生じており、このタイムラグがズワイガニの浮遊幼生期から漁獲加入までの期間とほぼ一致することから、浮遊幼生期における何らかの海洋環境の変化が、ズワイガニ資源に影響を与えていることが考えられる。

<その他関連するトピック>

水産庁の委託事業である「資源動向要因分析調査」により、日本海におけるズワイガニの資源変動に及ぼす海洋環境の影響の検討を行っている。現在の仮説を列記すると、①ズワイガニの浮遊幼生期における対馬海流の輸送環境は、浮遊幼生の着底海域に大きな影響を与える。②特にズワイガニの産卵場の中心と考えられる隠岐諸島西部に、対馬暖流沖合分枝が接岸するか否かが重要な要因である。③日本海が寒冷化した時代は、沖合分枝の流軸が産卵場の直上を流去するので、ズワイガニの浮遊幼生の多くは生残が困難な日本海沖合域へ輸送され、資源に悪影響を及ぼす。④一方温暖期には、沖合分枝の流軸は産卵場から外れるので、浮遊幼生は沖合域に流されにくく生残率が向上し、資源に良い環境となる。これらの仮説を検証するために現在調査を行っている。

担当部署・担当者名：水産総合研究センター日本海区水産研究所 木下貴裕，加藤修

＜説明文＞

クルマエビは北海道と沖縄を除く全国に分布する。親エビは水深100mまで分布し、春から秋まで分離浮性卵を産卵する。ふ化幼生は1ヶ月の浮遊期を経て、体長約7～9mmに育って平均潮位から上部に位置する干潟等の浅海に着底する。その後成長に伴って徐々に深部に移動する。当歳秋には約10cmに成長し、水深20mまでの深みに移動して越冬する。翌年の春から夏にかけて成熟して産卵する。

漁獲量は、1965年に2915トンであったが、1970年には過去最低の1263トンまで減少した後に、反転上昇して1985年に3741トンに達したが、それ以後は右肩下がりに減少している。海区毎の漁獲量では、干潟の発達した伊勢・三河湾を有する太平洋中区、有明海を有する東シナ海区および瀬戸内海が多い。各海区とも漁獲量の近年の減少傾向は類似しているが、瀬戸内海区の減少はややゆるやかである。

一方、イセエビとクルマエビを除く「その他のエビ類」の漁獲量も、直線的に減少しており、近年では1965年頃の約半分に減少している。アカエビやトラエビ等の小型クルマエビ類の漁獲が多い瀬戸内海の統計値においても、1960年代後半に一旦減少した後に上昇して1980年代に高くなったが、その後直線的に減少し、現在は過去最低レベルにある。おおまかには、クルマエビと類似した傾向を示しており、単一種だけに起きた現象ではないことから、これらの浅海に棲息場をもつエビ類の環境の悪化の影響が示唆される。

これらの変動傾向は、干潟の温度を反映すると考えられる気温の上昇傾向と対応しているようにも見受けられる。一方で、瀬戸内海では、1958～1968年の干潟消失面積とクルマエビ漁獲量には負の相関関係が認められ、1km²の干潟が消失すると、漁獲量は約6トン減少することが指摘されており、その影響もうかがえる。

最近20年間のクルマエビおよびその他エビ類の漁獲量の減少傾向には、水温上昇および干潟環境の悪化に加えて、内湾底層の夏季低酸素化の影響が伺える。今後も水温上昇と海面水位の上昇による干潟の減少および浅所の水温上昇に伴う成層の顕在化が続く可能性が高いため、干潟、内湾環境の保全の努力とともに、有効な場合には大型人工種苗の放流も必要である。

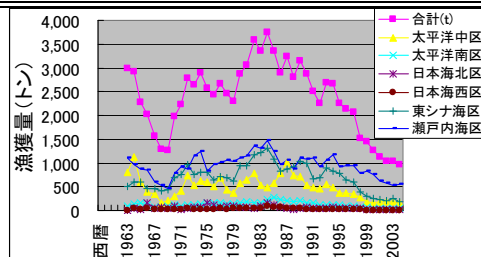


図 クルマエビの漁獲量推移

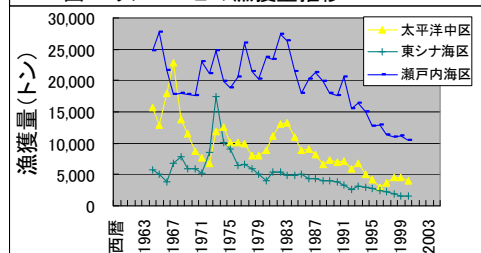


図 その他のエビ類の漁獲量推移

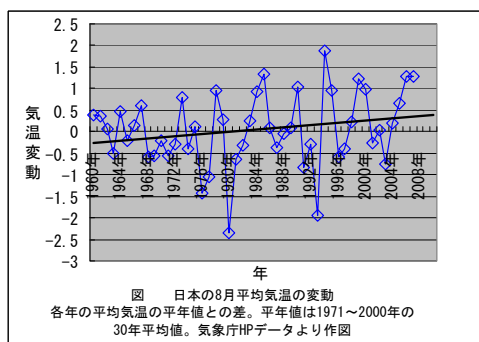
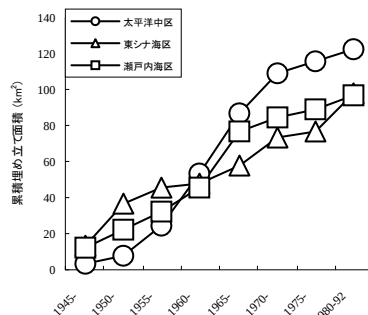
図 日本の8月平均気温の変動
各年の平均気温の平年値との差。平年値は1971～2000年の30年平均値。気象庁HPデータより作成

図 消失浅海の推移、環境省HPデータより濱崎作図

出典K. Hamasaki a; S. Kitada : Potential of Stock Enhancement for Decapod Crustaceans. Reviews in Fisheries Science(2008) 16(1-3):164-174.

K. Hamasaki a; S. Kitada : A review of kuruma prawn *Penaeus japonicus* stock enhancement in Japan. Fisheries Research 80 (2006) 80-90

濱崎、北田：クルマエビの放流効果—現状と課題—栽培技研(2005)33(1),27-43.

＜その他関連するトピック＞

担当部署・担当者名：日本海区水産研究所海区水産業研究部 担当者：桑田 博

＜説明文＞

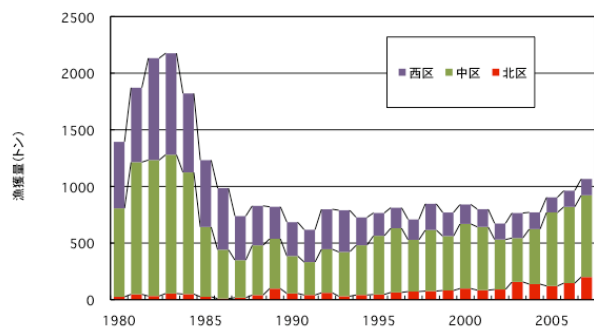
ホッコクアカエビは、日本海における主要なエビ資源で、水深 300-500m を中心とした海域で主に底曳き網で漁獲されている。ホッコクアカエビの主漁場は、1980 年代前半までは日本海中区から西区（能登半島周辺以西）にあったが、その後、日本海西区では漁獲量、資源量指数ともに減少傾向にある。一方、1980 年代では漁獲量が少なかった日本海北区（新潟沖以北）において 1990 年代前半頃から現在まで漁獲量、資源量指数ともに増加傾向にあり、本種の分布の中心が次第に北上していることが示唆される。

ホッコクアカエビは比較的深海性の種であることから温暖化の影響を受けにくいと考えられるが、上記のような分布の変化が温暖化によるものであるとすれば、従来想定されている以上の広範囲の種にわたって温暖化の影響が及んでいることが懸念される。

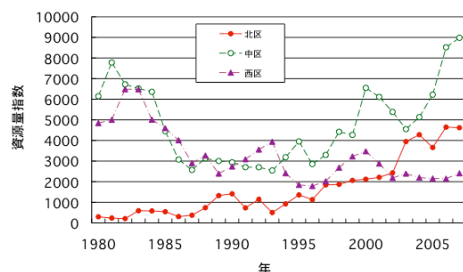
写真：ホッコクアカエビ（写真：水産総合研究センター）



図表：沖合底曳き網漁業によるホッコクアカエビの漁場別漁獲量（資料：水産総合研究センター）



図表：沖合底曳き網漁業によるホッコクアカエビの漁場別資源量指数（資料：水産総合研究センター）



＜その他関連するトピック＞

日本海本州沿岸におけるホッコクアカエビ資源は、近年、水源水準が高位で増加傾向にあるものの、主要な漁場において分布水深が変化している様子がうかがえる。今後、分布水深と水温の関係をモニターしていく必要がある。

担当部署・担当者名：水産総合研究センター日本海区水産研究所 日本海漁業資源部資源生態研究室 担当者：養松郁子

＜説明文＞

瀬戸内海のアサリ漁獲量は平成 60 年には 45,023 トンであり、その年の全国のアサリ漁獲量の 1/3 を占めていたが、そのうち 93%程度は周防灘で漁獲されていた。したがって、周防灘は瀬戸内海のなかで最も重要なアサリ漁場であったが、現在、周防灘のアサリ漁獲量は平成 17 年度の漁業・水産業漁獲統計（農林水産省）によると 94 トンにまで激減している。アサリ漁獲量は全国的に減少しているが、周防灘の減少率は全国でも屈指である。

周防灘のアサリ漁獲量の減少原因を調べる一環として、浅海定線調査によって得られた海洋環境データとアサリ漁獲量を解析してみると、周防灘沿岸の山口県、福岡県、大分県すべての海域で冬季水温と各県のアサリの漁獲量はいずれも強い負の相関を示し、冬季の水温が高いとアサリの漁獲量が減少する傾向を示した。温暖化の影響は冬季水温の上昇として現れやすい。瀬戸内海の海水温は 1980 年代からそれ以前の 10 年間と比較して上昇する傾向があり、なかでも冬季水温の上昇は顕著である。

したがって、冬季の水温の上昇が周防灘アサリ資源の減少に関与している可能性があるが、そのメカニズムについては不明である。今後は、冬季水温の上昇がアサリに及ぼす生理的、生態的要因について調べる必要がある。

写真：アサリ



図 1.周防灘の冬季水温の変遷（5 年移動平均）

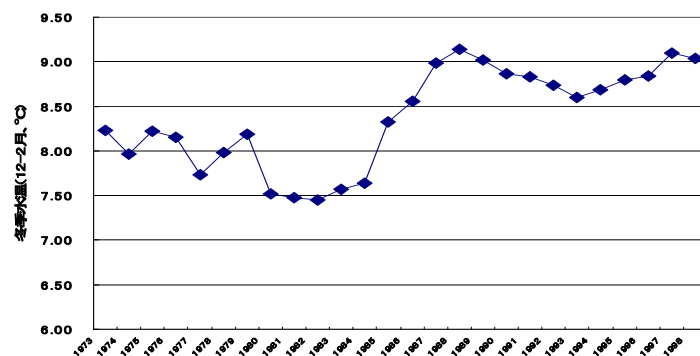
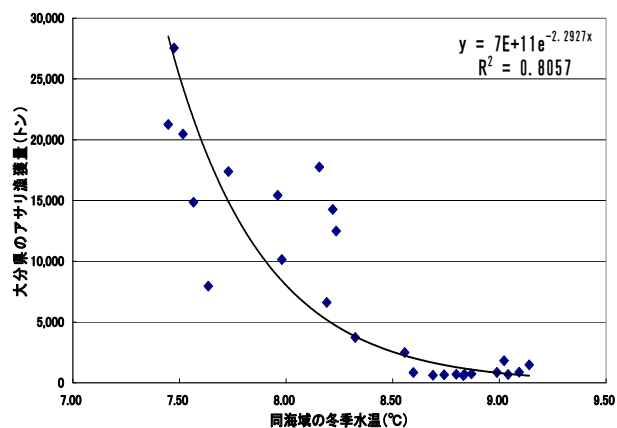


図 2.：周防灘の主要アサリ漁場である中津干潟周辺の冬季水温と漁獲量の関係



＜その他関連するトピック＞

- ・周防灘のアサリ漁獲量の減少には水温以外にも様々な要因が考えられているが、ここでは海水温にのみ焦点を絞って資料を作成した。
- ・周防灘の海水温は、地球温暖化以外にも様々な要因の影響を受けることが知られている。例えば、黒潮の離接岸状況によっても海水温が変動するという報告があり、上記で述べた冬季水温の上昇も単純に地球温暖化によるものとは断定できない。

整理番号：3-⑪	タイトル：エゾアワビ
＜説明文＞ エゾアワビは、親潮など寒流の影響を受ける場所に生息する唯一の日本産アワビ類である。2000 年代に入って、商品価値の低いいわゆる身入りの悪いエゾアワビが目立つようになり、また、成長が悪化し漁獲され始める年齢が高齢化していることが問題となっている。 エゾアワビの主要漁場である三陸沿岸では、表面水温が上昇傾向にあり、大型海藻群落が衰退するいわゆる「磯焼け」域が拡大・持続している。海水温の上昇は、大型海藻類の成長を抑制し、ウニ類等植食動物の海藻類に対する食害を助長するため、磯焼けの発生・持続と密接な関係がある。磯焼けが長期間持続することによって、エゾアワビの主要な餌となる大型海藻が慢性的に不足するため、アワビの肥満度や成長に悪影響が生じていると考えられている。 現在、対策としてウニ類の食害を低減することによって海藻群落の修復を目指す試みが行われている。しかし、磯焼け進行の一因として、大洋規模の気候変動や地球温暖化が影響しているものと考えられており、これらの回避が困難な問題に対してエゾアワビの漁業生産を維持するためには、海藻群落の修復といった一元的な取り組みでは限界がある。限られた餌環境のなかで持続的にアワビの生産が保証される資源管理方策を目指す必要がある。  写真1：エゾアワビ（水産総合研究センター）   写真2：アラメ海中林と磯焼け海底（水産総合研究センター）	
＜その他関連するトピック＞	
担当部署・担当者名：水産総合研究センター東北区水産研究所 担当者：高見秀輝	

＜説明文＞

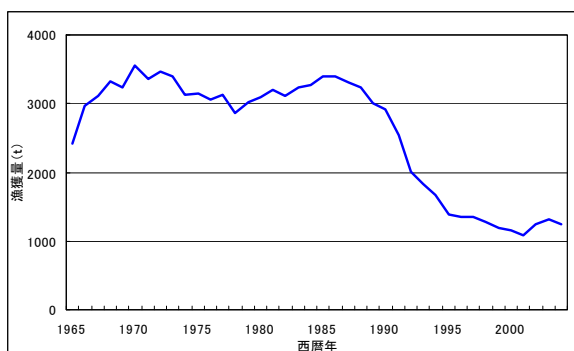
暖流系アワビ類（クロアワビ、メガイアワビ、マダカアワビ）の漁獲量は1985～1995年にかけて全国的に減少し、その後、ほぼ横ばい状態にある。1995年から2004年にかけての、各府県の漁獲量の経年変化を相関係数で見ると、1995年以降も漁獲量が減少傾向にある（相関係数が負）のは東シナ海側では鹿児島、熊本、長崎など、太平洋側では宮崎、大分、愛媛、高知、和歌山、三重などで、九州、および、四国、紀伊半島南部など、日本列島の南側に位置し、比較的水温が高い県で減少傾向が著しい。

暖流系アワビ類のうち、クロアワビの成長に適した水温は15～20℃、分布域の水温はほぼ10～28℃とされ、九州を南限としている。近年では長崎県においても夏季の水温が28℃を超えることが珍しくなく、高水温域で近年の水温上昇が特に悪影響を与えている可能性が示唆される。また、1995年以降、漁獲量の減少している県は磯焼けが問題となっている県が多く、水温上昇が一因とされる磯焼けがさらに悪影響を与えている可能性は高い。水温が暖流系アワビ類に与える影響については解明されておらず、今後、水温と餌料との両面からどのような影響を与えるのかを明らかにする必要がある。

写真：クロアワビ（写真：水産総合研究センター）

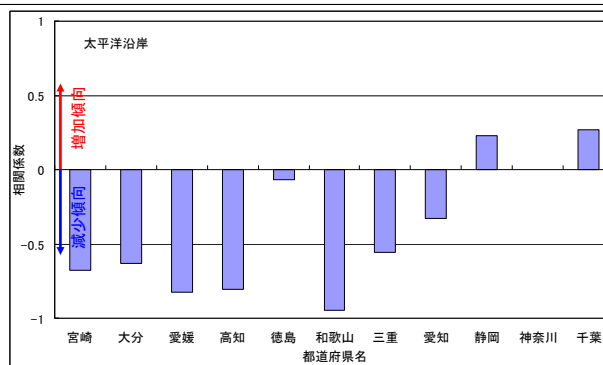
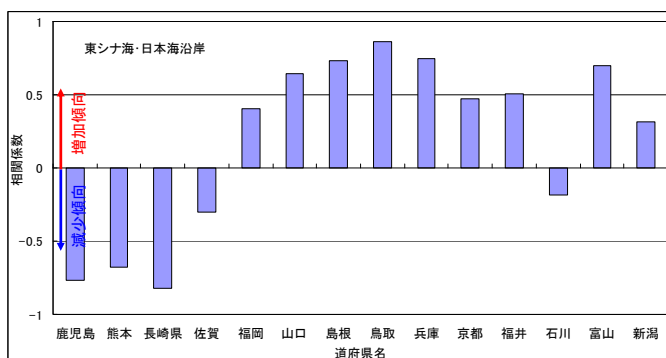


図表：暖流系アワビ類の漁獲量（資料：農林水産省）
アワビ類の漁獲統計のうち、千葉県、新潟県以南を集計した。



資料：各府県における1995年から2004年の漁獲量の変動傾向（資料：水産総合研究センター）

農林水産省の漁獲統計と西暦年との相関係数を求めた。0より大きい値は増加傾向を、0より小さい値は減少傾向を示す。



＜その他関連するトピック＞

北方種であるエゾアワビでは成熟の進行が温度により制御できることが明らかにされている。一方、暖流系アワビ類では研究が不十分であり、未解明である。過去に、クロアワビで通常の産卵期である10月に放卵した個体を12月から20℃で飼育した結果、4月に成熟した例がある。2007年冬は東シナ海・日本海で記録的な高水温となり、山口県、京都府などでは種苗生産用の親貝が5月でも成熟しているのが観察された。今後、水温の変動がアワビ類の成熟周期を乱し、資源に悪影響を与えることが懸念される。

担当部署・担当者名：西海区水産研究所海区水産業研究部沿岸資源研究室 担当者：清本節夫

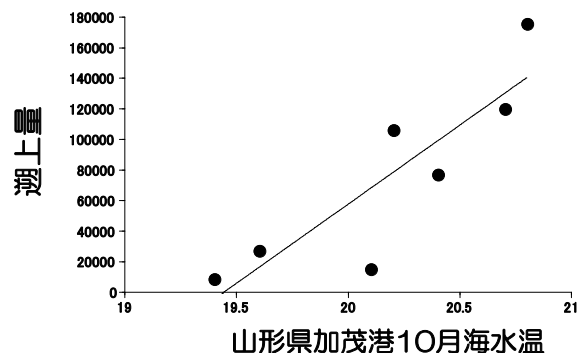
＜説明文＞

アユの資源量は年変動が大きいことが知られているが、近年の漁獲量については全国的な減少傾向にある。とくに、日本海沿岸の河川では平成 15～16 年にかけて海から川に遡るアユの数（遡上量）が激減し、内水面漁業の経営や地域産業に深刻な影響を与えた。

アユの遡上量は、日本海沿岸の広域にわたり、集団間で同調しながら変動する傾向が認められる。近年、日本海沿岸のいくつかの集団において、10 月の沿岸海水温が高い年ほど翌年の遡上が多いという関係が見出され(山本、2008)、アユの資源量は海水温と連動しながら変動することが示された。今後、日本海沿岸で高水温化がすすめば、広域でアユの遡上量が増加することが予想される。一方、海水飼育試験によると、23℃以上で仔魚の生存率が低下する事例が報告されており、実際に和歌山県の日高川では、高水温の年ほど翌年の遡上が少なくなる傾向がみられる(吉本・高橋、2006)。分布の南方では、逆に、高温化がアユの生存に負の影響を与える可能性がある。

遡上量が極端に多い年には、河川での成長が停滞し、平均体サイズが小型化することが知られている。本種の適切な資源管理や種苗放流量の決定には、遡上量を事前に予測する技術開発が必要とされる。

写真：海洋生活期のアユ（写真：中央水産研究所） 資料：山形県鼠ヶ関川のアユ遡上量(2001-2007)と 10 月の平均沿岸海水温との関係（資料：中央水産研究所）



＜その他関連するトピック＞

北海道ではアユの分布域が拡大しているという報告があるが、温暖化との関連は不明である。

＜説明文＞

この約40年間に東北海域（黒潮・親潮移行域）の主要な動物プランクトンであるネオカラヌス属カイアシ類3種（*N. cristatus*, *N. flemingeri*, *N. plumchrus*, 図1）の現存量は大きく減少している（図2）。同様にリン酸塩濃度も低下していることから（図2）、表層への栄養塩類の供給量が減少したことで一次生産量が減少したことがネオカラヌスの減少の原因と推測される。リン酸塩の減少の原因としては地球温暖化に関連した表層塩分の低下によって成層化が進み、中層からの供給量が減少したためと考えられる。ネオカラヌスはサンマやスケトウダラ等の重要な餌であることから、地球温暖化の進行に伴ってその生産量が減少することで、将来水産資源にも影響を及ぼすことが懸念される。水産資源への影響を評価していくために、今後も継続的にモニタリングを行うことでその動向を注視していくことが重要である。

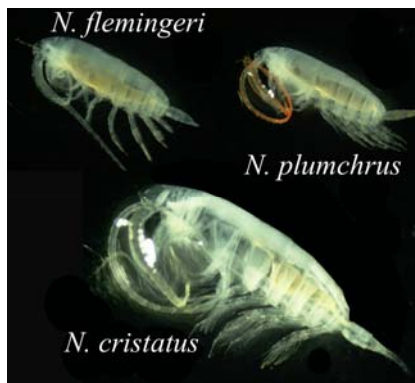


図1 ネオカラヌス3種。 *Neocalanus flemingeri*（フレミンジェリ）および *N. plumchrus*（プルンクルス）の体長は約4mm、*N. cristatus*（クリスタータス）の体長は約

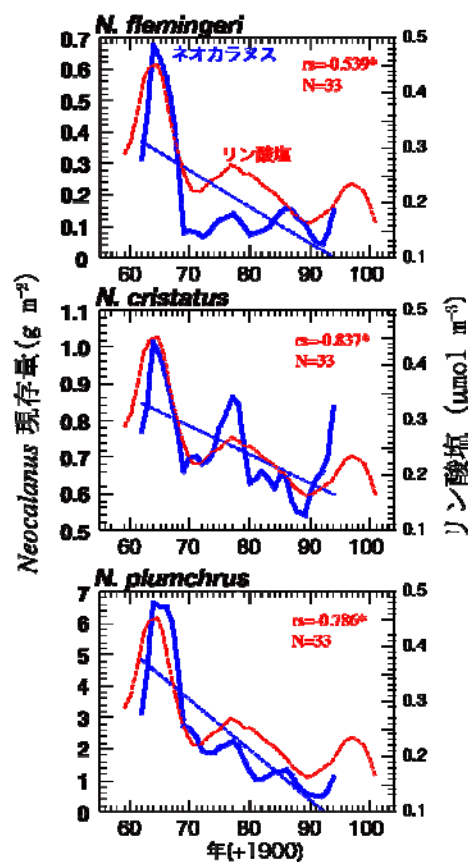


図2 ネオカラヌス3種の現存量（青）および表面のリン酸塩濃度（赤）の年平均値（4-9月）の5年移動平均値。青点線は有意な減少トレンドを示す。Spearmanの順位相関を用いてネオカラヌスとリン酸塩の相関関係を調べた。
*有意：rs < 0.05
（出典：田所, 2007）

＜本予測の研究事例の出典＞

出典：田所和明（2007）：小さなプランクトンの大きな変動，東北水産研究レター, 3, 3.

＜その他関連するトピック＞

北太平洋では西部および中部亜寒帯水域を除く広い水域で地球温暖化が原因と推測される表層水温の上昇が観測されている。さらに塩分でも広い範囲で塩化の低下が観測されている。塩分の低下の原因についてはよく分かっていない。しかし同様の変動が観測されている北部北大西洋では地球温暖化に関係して 1) 極域から風で輸送される氷の量の増加、2) 降水量の増加、3) 融氷に伴う河川流量の増加が原因と推測されており、北太平洋でもこれらの関与が疑われる。このような海洋環境の変化に伴って成層化が進むことで、北太平洋の広い範囲で表層への栄養塩の供給量が減少し、低次生物生産が減少していると考えられている。

出典：田所和明・杉本隆成・岸道郎(2008)：海洋生態系に対する地球温暖化の影響，海の研究，印刷中。

担当部署・担当者名：東北区水産研究所混合域海洋環境部高次生産研究室 担当者：田所和明

＜説明文＞

二酸化炭素の大量排出、オゾン層の破壊などにより、地球の温暖化が進行し、瀬戸内海においても冬季の水温上昇が指摘されている。地球の温暖化が直接的な原因かどうか不明であるが、1990年代後半に入り、瀬戸内海で熱帯性の有毒プランクトンの出現が新たに確認されるようになった。アレキサンドリウム タミヤバニッチ（写真上）は、麻痺性貝毒の原因渦鞭毛藻で、日本では1988年に初めて、相模湾油壺において、ネット曳きのプランクトンサンプルから確認された。その後、1997、1998年に沖縄県国頭郡塩屋湾で増殖し、これを摂食したミドリイガイが毒化した。これはタミヤバニッチの出現により日本で初めて確認された食用貝類の毒化事例である。瀬戸内海でも1997年に初めてその出現が記録され、1999年に、徳島県内の海においてカキ可食部から6.6 MU/g、香川県津田町においてムラサキイガイおよびアカガイ可食部からそれぞれ8.8 MU/g、5.0 MU/gの麻痺性貝毒が検出された。これは瀬戸内海における本種による初めての麻痺性貝毒の記録である。2001年には、瀬戸内海のほぼ全域で出現し、やはり内の海でアサリから2.4 MU/gの貝毒が検出された。以後、瀬戸内海では、ほぼ毎年のように、本種の出現が確認されている。

本種は、20～32.5℃の範囲で増殖し、27.5～30℃付近で最も良い増殖を示す一方、15℃以下まで低下すると死滅する典型的な熱帯性種である。本種は、球状に近い形の耐久性シスト（写真下）を作る。室内培養条件下でのシストの形成は20～32.5℃で見られ、25℃で最も多く形成する。本種のシストの発芽は15～25℃で暗所で4ヶ月間保存した場合、20℃以上の温度で培養した時に初めて、高い発芽率を示すが、5～10℃で保存すると発芽率は低く、特に5℃で保存するといかなる温度で発芽実験を行っても全く発芽しない。

瀬戸内海では水温が28℃前後の8月中・下旬頃から海水中に確認され始め、水温が15℃以下となる12月中旬頃に水中から見られなくなる（図）。これまで最大数十個/mLまで増殖が確認されている。本種は、15℃以下に温度が下がると死滅するため、水中で遊泳細胞として増殖している時にシストを形成し、遊泳細胞としては生存できない低水温期（<15℃）12月～翌年の6月上旬頃までは、海底泥中にシストとして生存し越冬していると考えられている。底層水温が20℃を上回る6月中旬頃に発芽し（図2）、水中に遊泳細胞として出現すると考えられている。今後、冬季の水温上昇に伴い、出現の頻度が増加することが懸念される。本種は、猛毒成分を産生するため、高密度で増殖するとマガキなど食用貝類の深刻な毒化の生じる可能性があり、注意を要する種としてモニタリングを継続する必要がある。



写真：アレキサンドリウム タミヤバニッチ
上、栄養細胞； 下、耐久性シスト

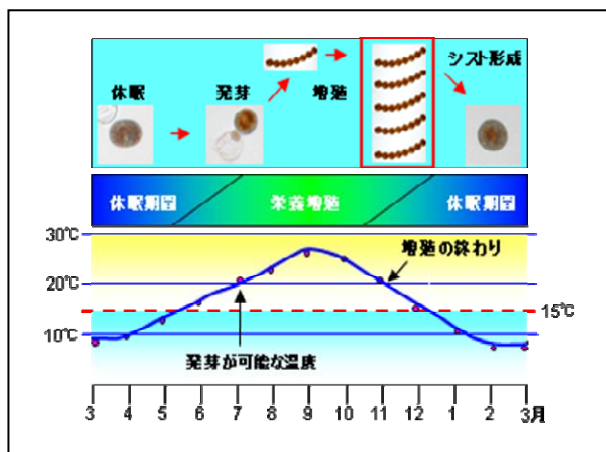


図 広島湾におけるアレキサンドリウム タミヤバニッチの発生機構と底層水温の関係

＜その他関連するトピック＞

担当部署・担当者名：瀬戸内海区水産研究所赤潮環境部有毒プランクトン研究室 担当者：長井 敏

＜説明文＞

ホンダワラ類のうち、熱帯から亜熱帯域を中心に分布するものを、南方系（暖海性）ホンダワラ類と呼んでいる。以前より沖縄県や九州に自生することは知られていたが、近年になって長崎県や宮崎県などで群落規模での確認例が相次いでいる。過去数年間に、1970年代と同様の場所と方法で行った九州各地の藻場調査から、南方系ホンダワラ類の藻場が西岸域では北上、東岸域でも宮崎県内の各地で顕在化していることが判明した（図1）。

長崎市では、1990年代の終わり頃までは「四季藻場*」が広がっていたが、2000年代に入ってからこれらが縮小し始め、代わって「春藻場*」が増えている。つまり、かつて年中あった藻場が短期間しか存在しなくなっており、季節的な磯焼けが拡大したと言い換えることもできる。昨年、春藻場が見られる長崎市の五島灘沿岸では、水深10mで29℃を超える日が2週間続いたが、同じ市内でも四季藻場の見られる橘湾側では、29℃を超えることはなかった（図2）。このような高水温が藻体を維持する障害になっているとの説と、当地では秋以降に藻食魚の採食が顕著に見られることから、これらの食害が原因とする説が考えられる。

磯焼けの拡大や見慣れない海藻の繁茂に対して、沿岸漁業者の危機感や警戒感は強く、その将来予測や影響評価が強く求められている。半年以上に渡って磯焼けになる環境は、アワビなど海藻を餌とする動物にとっては餌不足を、稚仔が藻場に着底するイセエビ等にとっては着底場や育成場の機能低下をもたらしている可能性が高い。これらの変化が九州以外に拡大していくのかどうか等の将来予測に加え、在来種の藻場と比較してイセエビやアワビなどの磯根資源を育む機能はどの程度なのか、九州で磯根資源の漁獲量が回復しないこととの関連性の有無など、様々な視点に立った調査研究が必要である。

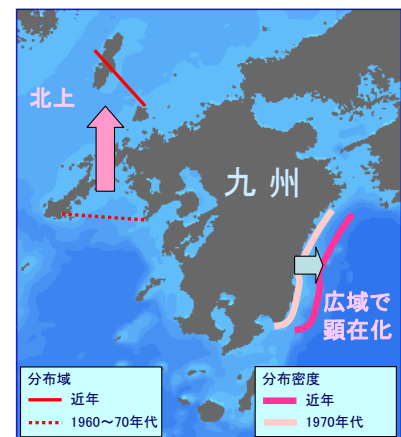


図1. 九州東西両沿岸における、南方系ホンダワラ類の群落規模での分布変化のイメージ

＊用語 いずれも九州の藻場の現状を端的に表すために提案された新語

- ・春藻場：晩冬から初夏の数ヶ月間に限って形成される藻場。多年生ホンダワラ類が主要な構成種であるが、極めて短い状態で夏を過ごすため、夏以降はほぼ磯焼けの景観に急激に転ずる。
- ・四季藻場：年中大型海藻が茂り、四季を通じて形成される藻場。

写真1. 季節によって大きく変わる春藻場の景観

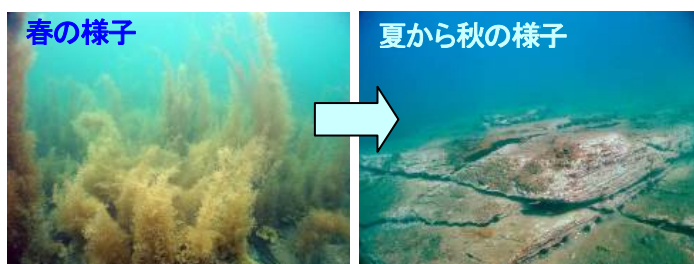
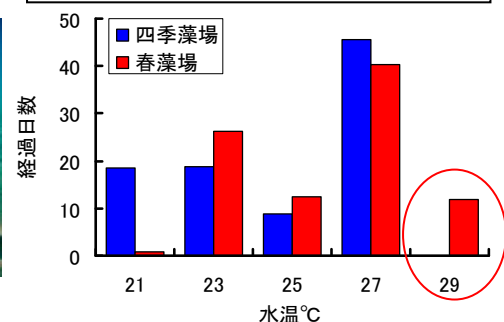


図2. 長崎市内の2つの藻場における7～9月の水温別経過日数



＜その他関連するトピック＞

南方系ホンダワラ類の分類学的検討は遅れており、長崎市周辺で確認された南方系ホンダワラ類には、複数種の特徴を併せ持つなどの理由で種の査定が困難なものが多く、現状ではそれらを“タイプ”として識別している。これまでに3種5タイプが確認されており、詳細は西水研HPにて公開中である。

担当部署・担当者名：西海区水産研究所海区水産業研究部沿岸資源研究室 担当者：吉村 拓

<説明文>

干潟域はアサリ等の二枚貝の漁場、稚仔魚の育成や餌場、水質浄化などの人類にとって有用な機能（生態系サービスという）を有している（図1）。干潟域を含む河口域の生態系サービスを金額に換算すると、地球上のあらゆる生態系の中では最も高いと試算されており、水産業にとっても重要な場と言える（図2）。

いっぽう、地球温暖化の影響による海の変化で懸念されるのが、海水位の上昇である（図3）。海水位の上昇は大規模に起こると海岸線の後退や島の水没などの要因となるが、そのような現象の前には干潟域の後退や消失が生じると考えられている。広大な干潟域が自然の状態に残されていれば、海水位が徐々に上昇したとしても、そこにすむ生物のすみ場所を少しずつ変えることによって適応可能である。しかし、現在では干潟域を含む河口域は埋め立てられて都市が発達し、また、堤防等の構築物によって狭くなっている。したがって、今後海水位が上昇すると、干潟に生息する生物のすみ場所の消失に直接的に結びつくことが予想される。

生態系サービスは様々な生物で構成される生態系によってもたらされるものであり、それを構成する生物の消失により大きな影響を受ける。具体的には、干潟を餌場、生息場、稚仔の生育場として活用している海洋生物の生活史サイクルが乱れ、生産性が低下することが懸念される。

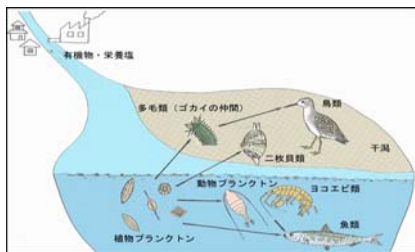


図1：干潟域の食物連鎖（瀬戸内ネット HP より）



写真：干潟

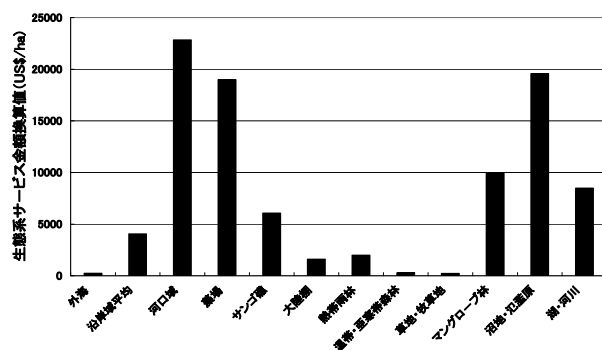
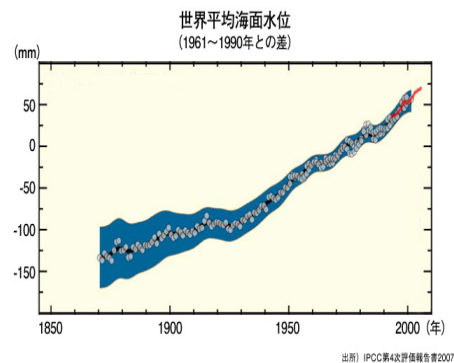
図2：各生態系の生態系サービスの金額換算値
(Costanza et al, 1997 を改変)

図3：今後予想される世界海水面の水位

<その他関連するトピック>

・干潟の消失を開発によるものではなく、地球温暖化による海水位の上昇により現在の干潟域の消失した場合を想定して資料を作成した。

・文中にもあるように、東京をはじめとする海岸にある都市部のほとんどが干潟域の埋立地の上に成り立っているといっても過言ではない。したがって、現在、有明海等の一部の海域にしか残されていない広大な干潟域が残されている場合と海岸開発が進んだ地域では、海水位の上昇の影響は異なる。本文で述べた事項は開発が進んだ地域でより顕著に現れると推測される。

・干潟の消失を引き起こすような大規模な海水位の上昇ではなく、小規模な変動であっても沿岸生態系は影響を受ける。例えば、周防灘のアサリの漁獲量は海水位が上昇すると減少するという報告もある。

担当部署・担当者名：(独) 水産総合研究センター生産環境部藻場・干潟環境研究室 担当者：浜口昌巳

＜説明文＞

サンゴ礁は「海の熱帯林」と呼ばれる豊かな生態系であり、東南アジアの発展途上国をはじめとして多くの人々に食糧と健康な生活を供給する場である。

日平均海水温度が 30℃を越える日が続くと造礁サンゴから共生藻が抜け出し、やがてサンゴに死をもたらす「サンゴの白化現象」が起こる。1998 年 7 月から 9 月にかけて、我が国の南西諸島全域でこの「サンゴの白化現象」が認められた。この時、琉球列島から本州南部にかけての各地でサンゴが壊滅的な被害を受け、南西諸島の 40-60%のサンゴが死滅したと報告された。

沖縄県の沿岸漁業の中心的な漁場として、また、観光資源としても重要な石垣島と西表島の間広がる石西礁湖では、2001 年と 2003 年に一部の場所でサンゴの白化が報告されたが、2007 年夏には 1998 年以來の大規模なサンゴの白化が起こった。石西礁湖 26 地点での調査では、場所によって白化の程度は異なったものの全地点で白化がみられ、白化したサンゴの割合は 63-100%であった。この内、重度の白化がみられたサンゴは 12 月の調査時ではほとんどが死亡していた(写真、図表)。

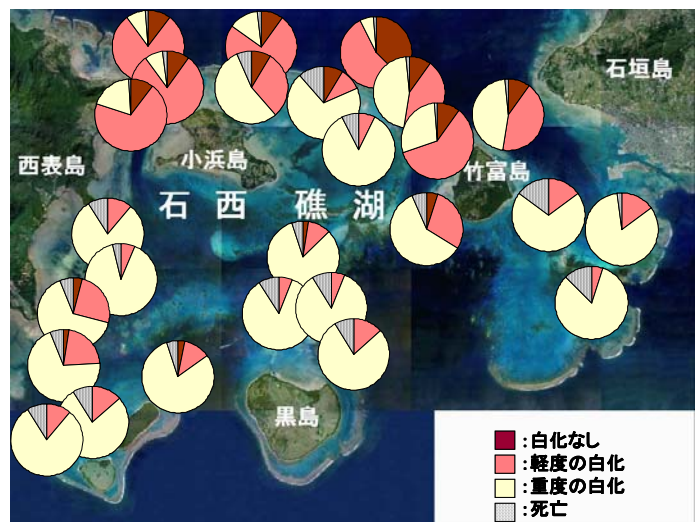
サンゴ礁生態系の特徴は、サンゴ群集を中心にして様々な生物が複雑に関係を持ちながら極めて高い生物多様性を保持していることにある。そのため、サンゴの白化は生態系の中心に位置するサンゴ群集だけでなく、そこに生息する底生生物や魚類などの水産資源へも大きな影響を及ぼす。

地球温暖化に伴って海水温が上昇すると、今後サンゴの白化は頻発することが予想される。しかしながら、現在のところサンゴの白化を止める手だてはない。人間の活動によって陸域からサンゴ礁へもたらされる栄養塩、赤土などの環境負荷を少しでも軽減し、サンゴが回復しやすい環境を整える必要がある。

写真：黒島北部離礁のサンゴ群集の変遷。上：白化中のサンゴ群集(2007 年 8 月撮影)。下：その後サンゴは死亡し表面は藻で覆われた。サンゴの一部は 9 月以降の台風で破壊された(2007 年 12 月撮影) (写真：水産総合研究センター)



図表：2007 年夏の石西礁湖 26 地点のサンゴ白化状況。(資料：水産総合研究センター)



＜その他関連するトピック＞

<説明文>

はじめに：リュウキュウキッカサンゴ (*Echinopora lamellosa*) は、キクメイシ科に属する造礁サンゴの一種で、西部太平洋からインド洋にかけて広く分布する（沖縄では普通種）。造礁サンゴとは、サンゴ礁を作るサンゴという意味であるが、具体的には体内に褐虫藻を共生させているイシサンゴ類を指している。基本的には熱帯性の生物で、移動性がないため、冬季の低水温が分布域を規定する主要因となる。

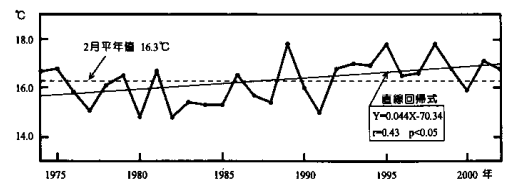


具体的な現象：平成19年2月、串本海中公園センター（和歌山県串本町）が、同町潮岬沖の海底で、リュウキュウキッカサンゴを本州で初めて発見したと発表した。それ以前の、同種の国内での分布北限は高知県とされていたことから、分布北限が北上したと地球温暖化を関連づけるような報道がなされた。

<http://www.asahi.com/science/news/OSK200702220007.html>

関連する報道によれば、串本では本種以外にも、以前には確認されていなかった「南方系サンゴ」の発見が20種以上にのぼっており、同地の冬季の平均水温は過去35年間に1.2℃上昇したと報じている。

<http://www.asahi.com/special/070110/TKY200707180428.html>



図：串本町錆浦の2月の月平均海面水温の変化（野村2002:マリンバビロン vol. 31）

考えられる要因：かつては数年あるいは十数年に一度は冬季に海水温が大きく低下し、「南方系サンゴ」が越冬できずに死滅していたと考えられる。こうした寒波が比較的長期間にわたって到来していないことが主要因であろう。このことは温暖化と言うことができるかもしれない。具体的には、夏季の平均水温に大きな変化はないが、冬季の平均を比較すると過去数十年で明らかな上昇傾向が見られることが指摘されている（図）。

考えられる影響：南方系造礁サンゴ類の分布北限の北上は、温帯岩礁域における造礁サンゴ類の被度の増大を必ずしも意味するわけではない。しかし、そうなる可能性は高く、相対的に藻場が減少し磯焼けが常態化すれば、岩礁生態系が大きく変化してしまい、アワビ・サザエ等の磯根資源の漁獲が減少するなどの影響も予想される。

温帯域にのみ分布するような造礁サンゴの種がいくつか存在するが、その一部は本邦の固有種の可能性もある。しかし、「南方系サンゴ」が同所的に棲息するようになると、それらと交雑する事態も予想され、固有種あるいは遺伝的にある程度分化してきた個体群が消滅する可能性がある。

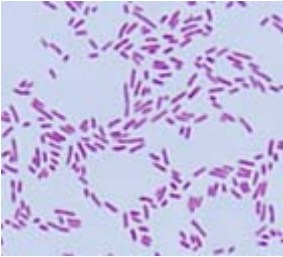
<その他関連するトピック>

他にも、瀬戸内海でのニホンアワサンゴ群落の発見など、ローカルニュースで取り上げられる類似例は多いようである（http://www.chugoku-np.co.jp/kikaku/ikimono_hendo/editorial/）。

九州天草沿岸でも造礁サンゴの北上が指摘されているが（http://www.kumamoto-kankyo.jp/pdf/k_40.pdf）、内容は、藻場の減少とサンゴ生息域の拡大で、分布北限の北上を意味しているわけではない。造礁サンゴ類と藻類は岩礁表面の空間や光を巡り競争関係にあることから、南日本で進行している磯焼け（温暖化による熱帯性藻食魚類の分布域拡大と食害が原因という指摘がある）が、サンゴの生息域の拡大をもたらしている可能性もある。

串本町は平成3年にサンゴの町宣言をし、平成17年には世界最北のサンゴ群生地としてラムサール条約湿地に登録された。こうした動きと相次ぐ南方系サンゴの発見は関係しているかもしれない。サンゴ群集の多様性や景観が向上すれば、少なくとも観光などの面では良い影響をもたらすであろう。一方で、同町ではサンゴを食害するオニヒトデの増加が大きな問題となっている。

担当部署・担当者名：水産総合研究センター西海区水産研究所石垣支所生態系保全研究室 担当者：林原 毅

整理番号：5－①	タイトル：魚病
＜説明文＞ 魚病は、宿主である魚と病原体との相互作用によって引き起こされるものである。水温は、魚にとっても、また病原体にとっても大きく影響することから、水温は魚病の発生にとって大きな要因となっており、近年の地球温暖化が魚病発生に与える影響が懸念されている（参考文献 1,2）。特に、マダイイリドウイルス病や細菌性疾患であるレンサ球菌症など高水温期に発生する多くの疾病では、疾病発生水温がより長く続くため、長期化が懸念される。マダイイリドウイルス病では、平成 18 年度に診断件数が例年の倍近く多かった県があり、今後この傾向が続くのか、注意が必要である。本疾病ではワクチンが市販されており、ワクチン接種による予防を心がけることが重要である。また、平成 19 年、細菌の一種エドワジエラ・イクタルリが河川のアユに感染した事例が日本で初めて、しかも 3 県で相次いで発見された。本病は米国や東南アジアの養殖ナマズの病原体であり、高水温期に発生する。平成 19 年夏は、雨が少なく、気温が高かったことが発生の引き金となったと推測されることから、今後の注意が必要な感染症である。またブリのアマミクドア症やベコ病などの中間宿主を持つと考えられる寄生虫病では、温暖化により中間宿主の分布範囲が広がれば、発生地域も拡大する恐れがある。 今後、高水温期に発生する魚病については、温暖化のもとでの適切な飼育管理手法の確立を行うとともに、ワクチンなどの予防手段を開発していくことが重要である。さらに、その疾病にかかりにくい性質を有する魚（耐病性系統）を作り出していくことも必要である。また、生きた魚の輸入に伴って、高水温期に発生する海外の新たな伝染病が侵入しないよう防疫することも重要である。  マダイイリドウイルス病魚（脾臓が著しく肥大）  エドワジエラ・イクタルリ（染色像）  アユのエドワジエラ・イクタルリ感染病魚（生殖腺の出血）	
＜その他関連するトピック＞ 参考文献 1： The effects of climate change on diseases of marine fish and shellfish, ICES WGPDMO, 2006. 参考文献 2： Climate-related transboundary pests and diseases, FAO, 2008.	
担当部署・担当者名：水産総合研究センター養殖研究所病害防除部 担当者：佐野元彦	

整理番号：5－②	タイトル：カンパチ（ハダムシの増加）
＜説明文＞ ハダムシは、1960年代にわが国の海産魚養殖が盛んになるにつれて産業的にも問題となってきた。本虫は主にブリ属魚類の体表に寄生する。繁殖可能な水温は13～29℃（最適水温20℃）とされているが、寄生は周年認められ、特に5～7月の水温上昇期には大量の寄生が認められる。養殖期間中には、稚魚から成魚に至るあらゆるステージにおいて寄生する。本虫の寄生が直接の死亡原因となることはほとんどないが、寄生を受けた魚は、網地に体を擦りつけるので症状が悪化し、新たな病原体の感染を受けやすくなる。ブリ属の中でもカンパチが最も本虫の寄生を受けやすく、飼育過程での駆虫には大変な労力が払われている。 近年、海水温の高水温化に伴い、本虫の繁殖可能期間が長期に及ぶため、カンパチでは本虫の寄生が長期にわたるとともに、寄生虫数の増加が養殖現場等でみられるようになってきている。 現在、対策として毎月2回程度の頻繁な淡水浴と網替えによる駆虫処理が行われている。しかし、本虫は生活環を養殖場内で完結させている、すなわち、本虫は養殖場内に定着している。そのため、養殖場内での感染レベルを下げるためには、駆虫処理を養殖場内で一斉に実施しなければ効果は半減する。今後、本虫の寄生を防除できるようなシステムを導入する必要がある。 写真：ハダムシ（写真：水産総合研究センター） 写真：カンパチ（写真：水産総合研究センター）   写真：カンパチに寄生したハダムシ（写真：水産総合研究センター） 	
＜その他関連するトピック＞	
担当部署・担当者名： 養殖研究所栽培技術開発センター・虫明敬一	

整理番号：5－③	タイトル：クロマグロ養殖への水温上昇の影響
<説明文> 国内のクロマグロ養殖は、周年 20℃以上の水温が維持されることで、高い成長が期待される沖縄、奄美大島を中心として盛んに行われるようになってきました。一方で、冬場の水温が 10℃以下となる九州西部から北部、日本海沿岸の漁場においても、市場との利便性、低水温飼育による肉質向上を目的として、成長が低いもののクロマグロ養殖が行われるようになってきています。昨年、山口県のクロマグロ養殖漁場では、これまで冬季に 10℃以下となっていた時期に、11℃程度の水温が維持されるようになってきています。 このような水温上昇はクロマグロの成長を促進することから、これまで南日本を中心として行われていたクロマグロ養殖漁場が北の海域へ広まってくることが予想されます。 しかし、水温の上昇は、成長を促進する一方で、高水温期に発症するイリドウイルス等の疾病による大量死亡や身ヤケによる品質低下を引き起こすことが懸念されます。 写真：クロマグロ（写真：水研センター） 	
<その他関連するトピック>	
担当部署・担当者名：水産総合研究センター宮津栽培漁業センター 担当者：升間主計	

＜説明文＞

近年の養殖マダイの年間国内生産量は概ね7－8万トンで推移している。一方、天然マダイの漁獲量は1.5万トンほどであり、市場においては養殖マダイが80%以上を占めている。魚類の中でマダイは特に養殖魚に依存する市場形態を特徴とする。

マダイの養殖において、海水温の高温化が直接的原因と考えられる被害報告は少ない。これは、マダイの成長適温が、現在、主に養殖が行われている海域の温度よりも高温側であるため（図1）であると考えられる。また、高温化と魚病発生などの各問題との相関関係は今後の課題となっている。理由として、マダイの養殖漁場が内湾に多く漁場ごとに海洋環境が多様であることに加え、密度や給餌法等などの飼育状況が養殖漁家ごとに異なり情報が整理しにくいことが上げられる。

高温化に対する具体的なかつ長期的な対策が取られている例は少ない。しかしながら、養殖漁場付近における高温化は起こっていると考えられ（トピック1）、今後、高温化による影響が表面化することが懸念される。

水温を上昇させた水槽におけるマダイの飼育実験では、マダイの餌料転換効率（給餌量に対する体重増加量）は24度付近で最大であった。したがって、夏期の高温化は生産コストの増大を招くと考えられる。また、高水温では各個体のなわばり闘争が活発化し、スレが生じた個体（図2）が増加し、生残率が低下した。これらのことから、高水温化は生産効率を低下させることのみならず、生残した個体の商品価値を著しく低下させることが予測される。また、スレは体表での雑菌数を増加させる原因にもなりうるため、間接的に魚病被害の発生を誘導することも懸念される。

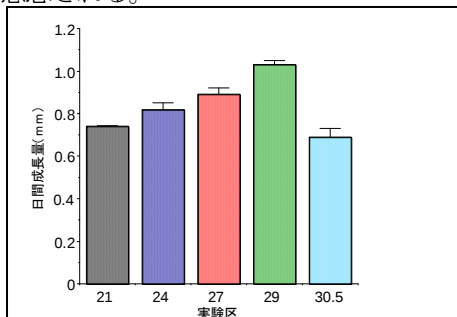


図1 マダイ稚魚の温度ごとの成長
29度が最もよく成長する。
(北海道区水産研究所 安藤 忠)



図2 個体間闘争でスレが生じたマダイ
(養殖研究所 奥 宏海)

さらに、冬期間の水温上昇は産卵に影響を与えることも考えられる。産卵期中に水温を上昇させると産卵が早期に終了することは飼育実験で示されている（八重山栽培漁業センター 奥澤公一）。

マダイの養殖漁場は主に沖縄県から静岡県までの暖海に広がっており、マダイの温度適応能力は広いと考えられる。また、南方海域には地域性個体群が存在する可能性も指摘されている。したがって、長期的な高温化対策には、高温耐性系統の育種を視野に入れた新品種の作出が有効と考えられる。

また、高水温化とは異なる地球温暖化によると考えられる被害報告があり（トピック2）、マダイ養殖における温暖化対策は夏期に限らず生産効率、魚病対策、種苗生産などに対して多方面から行われることが重要である。

＜関連するトピック＞

1. 岸川大蔵(2005)養殖産地における漁場水温の上昇傾向？月刊アクアネット 2005年7月号33ページ
養殖漁場における年ごとの水温変化を断片的ながら整理したもの。

2. 共同通信 2003年12月13日 2003年和歌山で白点病発生により30万匹の養殖マダイが斃死。
黒潮の北上により内湾が「ふた」をされた状態になり海流停滞したことが原因と考えられている。水温上昇以外の地球温暖化の影響の一例と考えられる。

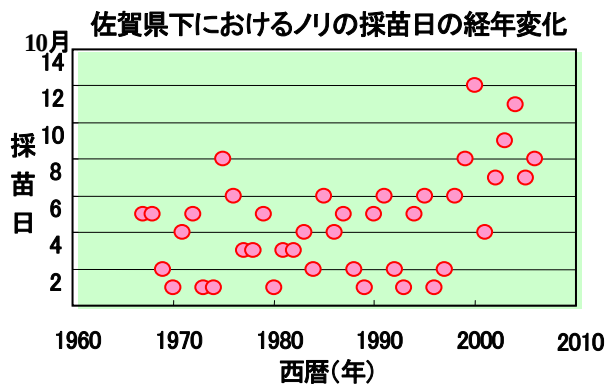
担当部署・担当者名：北海道区水産研究所 海区水産業研究部 資源培養研究室 担当者：安藤 忠

ノリは1983年以降全国で概ね100億枚、1,000億円の生産を維持していたが、近年生産枚数の減少と低単価傾向が続いている。有明海は全国有数ののりの産地であるが、近年秋口の水温低下がなかなか進まず、採苗が遅れる傾向が認められている。佐賀県におけるノリの採苗期日は1998年までは概ね10月1日～7日(平均3.8日)であったが、1999年以降は10月4日～12日(平均8.3日)と5日弱遅くなった。

佐賀県下における秋芽網の生産量と水温との関係については、負の相関が示唆され、秋～冬季の高水温化が秋芽網期におけるノリの生産に影響を及ぼす要因の一つである可能性が指摘されている。

この他、ノリが成長の早い段階で網からとれてしまう“芽流れ”や疾病の蔓延・長期化が秋の水温低下の遅れや降水量の増加により、引き起こされる懸念がある。

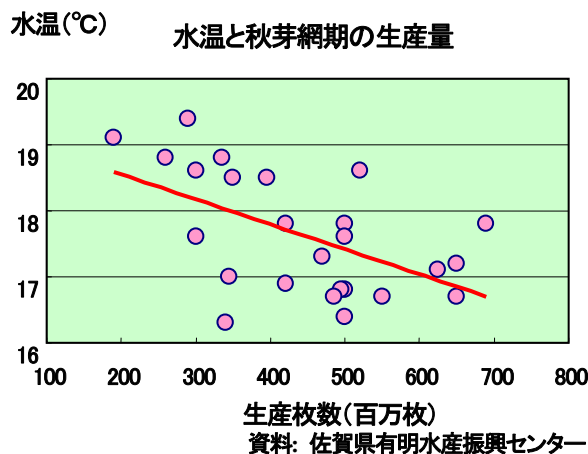
高温化の対策としては、漁期を遅らせる以外に有効な方法がないのが現状である。



資料:佐賀県有明水産振興センター



ノリの収穫風景: 佐賀県有明水産振興センター提供



<その他関連するトピック>

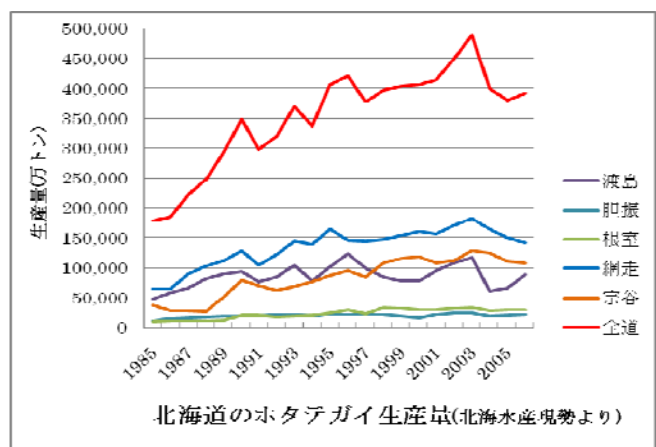
水産総合研究センターが主催する全国のノリ研究者を対象とした研究会(全国ノリ研究会)では多くの県から温暖化に伴う高水温化への対策として、高水温に強い品種を作出する育種技術の開発が研究ニーズとして出されている。これを受け、西海区水産研究所などで高温に強い品種を作出するための細胞を融合させたり、細胞壁を除く技術を効率的に行える研究開発に取り組み始めたところである。

＜説明文＞

北海道のホタテガイ生産は、天然採苗稚貝の地蒔き放流が軌道に乗ってから順調に生産を伸ばし、平成15年には海面漁業・養殖を合わせて489千トンに達した。その主要な生産地であるオホーツク沿岸（宗谷、網走、根室）では、345千トン（H15）と70%以上の生産を上げている。

近年、平成16年と18年の二回にわたり同地域では急速に発達した低気圧による大時化によって大きな被害を受けた。ホタテガイ生産に及ぼした影響は深刻で、平成16年の全道のホタテガイ生産は399千トンと前年比で9万トンの減産を記録した。特に網走管内では未だに回復傾向になく、地域産業に大きな影を落としている。

このような現象に対応するため、これまであまり利用されていなかった50m以深の大深度において新たな漁場を開発する等、関係機関の努力が続いている。



＜その他関連するトピック＞

2. 今後の影響予測	
(1) 海洋環境の影響予測	
・海洋環境の予測（水温上昇、成層化、黒潮）	1－①
・プランクトン（親潮・黒潮域の組成、量の変化）	1－②
(2) 水産資源の分布域等の変化	
・サンマ(9月の漁場形成饒辺か、小型化、回遊経路変化、産卵量変化)	2－①
・ヒラメ生息分布域の変化	2－②
・マダイ生息分布域の変化	2－③
・サケ類の分布域の変化	2－④
・スルメイカ（主産卵期・回遊経路の変化）	2－⑤
・アイゴの初期生態に及ぼす水温の影響	2－⑥
(3) 養殖適地の変化	
・ブリ養殖	3－①
・ヒラメ養殖	3－②
・トラフグ養殖	3－③
・ホタテガイ養殖	3－④
・マガキ養殖	3－⑤
・スサビノリ養殖	3－⑥

整理番号：1-①	タイトル：海洋環境の予測（水温上昇、成層化、黒潮）
<説明文> ○海面水温の上昇 気象庁(2008)により IPCC の温室効果ガス排出シナリオ A1B と B1 に基づく、日本周辺海域の年平均の海洋状態に関する予測が出された。A1B シナリオでは 100 年後の日本周辺海域での海面水温の上昇は+2.0℃～+3.1℃の範囲にあり、特に日本海での水温上昇量が大きい。B1 シナリオでは、+0.6℃～+2.1℃の範囲にあり、やはり日本海での上昇が相対的に大きい。ただし、B1 シナリオでは三陸沖の水温上昇の程度は小さく、亜寒帯循環（親潮）・亜熱帯循環（黒潮）の変動との関係により温暖化のシグナルが打ち消される可能性があることが示唆されている。 ○海洋表層の成層構造の強化 IPCC(2007)では、日本を含む東アジアの気温は A1B シナリオで 100 年後に+3.3℃上昇し、これには冬季の寄与が若干大きいこと、また降水量は増加することなどが予測されている。グローバルには、日本の気候にも大きな影響を与えている熱帯太平洋の気候状態が、エルニーニョ側に若干偏った状態がベースになることが予測されており、冬季の気温上昇は季節風の弱化の影響があるものと推測される。このため、日本周辺海域では海水温の上昇とともに冬季の冷却と風によるかき混ぜが弱まることが予想され、これに降水量の増加とそれともなう河川水の流出量増加による表層の塩分低下も加わり、海洋表層の成層状態が強化され、表層混合層の発達が弱くなることが想定される。 ○黒潮の変化 モデルにより、日本周辺の海流系を再現し、予測するために、高解像度の海洋大循環モデルの開発が進められ、海洋研究開発機構・東京大学・国立環境研究所、気象庁、気象研究所にて予測が行われている。気象庁(2008)では、黒潮と黒潮続流の A1B シナリオ、B1 シナリオによる予測を行っているが、どちらも黒潮の流軸位置や流量には数年～数十年の時間の変動が卓越し、温暖化の進行に関係するようなトレンドは見いだせないことを述べている。しかし、黒潮続流の流速・流量増加を示す結果を示すモデル計算結果、黒潮流軸位置の北上を示すモデル計算結果もあり、黒潮の将来予測については不確実性が大きいことを併せて指摘している。 *A1B：すべてのエネルギー源のバランスを重視しつつ、高い経済成長を維持する社会の排出シナリオ *B1：環境の保全と経済の発展が地球規模で両立する社会の排出シナリオ	
<本予測研究事例の出典> IPCC(2007)：Climate Change 2007 - The Physical Science Basis 気象庁(2008)：地球温暖化予測情報、第7巻	
<本予測の前提条件、注意点など（簡潔に）> ・黒潮や親潮などの動向予測には、高解像度の海洋モデルを利用した計算が必要であるが、まだ事例は少なく、結果についてもモデルに依存する部分が大きく、不確実性が大きい。	
担当部署・担当者名：水産総合研究センター 中央水産研究所 海洋データ解析センター 渡邊朝生	

<説明文>

地球温暖化により我が国周辺海域において冬季の 대기による冷却が弱まると、冷却によって海洋上層の密度が下層の密度よりも重くなり発生する鉛直対流（図2）が弱まり、結果的に下層からの栄養塩の供給が減少することが予想される。この効果により、植物プランクトンの生産は減少する傾向にある。黒潮域ではこの効果が最も大きく寄与すると予想される（図3）。

一方、高緯度側にあたる親潮域では、これ加えて降水量の増加が予想されることから、海洋上層の密度がさらに軽くなり、栄養塩の下層からの供給を制限し、植物プランクトンの生産が減少する可能性がある。しかし、この効果とは逆に、水温が上昇することによって、植物プランクトンの増殖活性が上がり、生産力が増大する効果もある。従って、親潮域での植物プランクトンの生産の減少は、年平均でみればそれほど大きくないと予想される（図3）。

但し、どちらの海域においても、春季ブルームとよばれる春先の植物プランクトンの大増殖が起きる時期が早まり（図3）、また植物プランクトンの組成としては栄養塩が豊富な海域に優先する珪藻類よりも貧栄養な海域でも増殖が可能な珪藻類以外の種の割合が増えることが予想される。

動物プランクトンは植物プランクトンなどを捕食して増殖するため、基本的には減少することが予想される。しかし、様々な魚種の直接の餌となる動物プランクトンにおいては、魚類などの高次捕食者からの捕食圧の予想が困難なため、その応答を予測するのは現段階では難しい。



図1. 珪藻類の代表種 *Thalassiosira nordenskiöldii*.

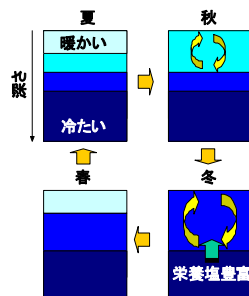


図2. 季節に伴う海洋の上下層の混合と栄養塩取り込みの様子。

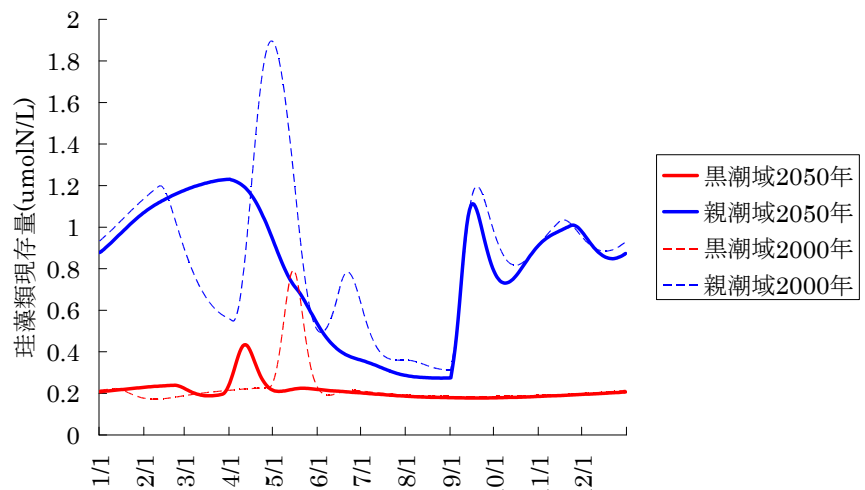


図3. 現在と将来の水温条件における珪藻類植物プランクトン現存量の季節変動予測値。

<本予測研究事例の出典>

伊藤進一, 2008, 温暖化による海洋生態系への影響とその予測の現状 (GLOBEC Synthesis より), 平成19年度東北ブロック水産海洋連絡会報, 38, 4-8.

伊藤進一, 2007, 温暖化シナリオにおいて推定されるサンマおよびニシンの応答, 月刊海洋, 39, 303-308.

<本予測の前提条件、注意点など（簡潔に）>

・図3の将来の予測値についてはIPCCのA2シナリオをもとにCCSR/NIES/FRCGCモデルで予測した海表面水温を外力として与えて計算した結果。

・植物プランクトンの増殖を制限するもう一つの大きな要因である鉄律速については、まだ考慮されていない。また、植物プランクトンの増殖水温依存性については培養実験などによる精査が必要。

担当部署・担当者名：水産総合研究センター東北水産研究所混合域海洋環境部 伊藤進一・桑田晃

整理番号：2-①	タイトル：サンマ（9月の漁場形成の変化、小型化、回遊経路変化、産卵量変化）
<説明文> 地球温暖化により我が国周辺海域においてサンマが生息する海洋上層の水温が上昇することが予想される。また、海洋上層が暖まり軽くなることによって下層との密度差が大きくなり、下層からの栄養塩供給が制限され、植物プランクトンの生産さらにはそれを餌とする動物プランクトンの生産が低くなることが予想される。このため、サンマの餌料となるプランクトンも減少すると予想される。 地球温暖化によるサンマの成長への影響を考えると、1)水温上昇による代謝作用の増大による減少、2)水温上昇による摂餌行動の活発化による増大、3)餌料プランクトン現存量の低下による減少、の3つの要素が考えられるが、数値モデルを用いた計算から3)の効果が支配的となり、体重にして約10gの減少、体長にして1cmの減少が予測された。 同数値モデルの中では、サンマが小型化することにより産卵のために南に向かう回遊時期が遅れるとともに、水温が高いために産卵時期に現在の主産卵場である亜熱帯海域まで南下する必要がなくなることが予想された。このため、サンマは産卵期に餌の少ない亜熱帯海域ではなく、餌の多い混合域（本州東方海域）に留まり、その結果、産卵期の餌条件が良くなり、産卵量が増大することが予想された。 従って、サンマは小型化するものの、数としては増大することが予想された。	
図1. 現在と2050年における環境条件でシミュレーションしたサンマの成長（体重変化）。	図2. 現在と2050年における環境条件でシミュレーションしたサンマの回遊経路の模式図。
<本予測研究事例の出典> 伊藤進一, 2007, 温暖化シナリオにおいて推定されるサンマおよびニシンの応答, 月刊海洋, 39, 303-308.	
<本予測の前提条件、注意点など（簡潔に）> ・将来の予測についてはIPCCのA2シナリオをもとにCCSR/NIES/FRCGCモデルで予測した海表面水温を外力として与えて計算した結果。 ・サンマの高水温化に対する生物的な適応性などはまだ考慮していない。また、サンマの代謝活性などの水温依存性については飼育実験を行い、検討を重ねており、その結果によって予測結果もかわる可能性がある。さらに、他魚種との餌の競合や、他魚種からの捕食圧なども今後考慮していく必要がある。 担当部署・担当者名：水産総合研究センター東北区水産研究所混合域海洋環境部 伊藤進一	

ヒラメ成魚期の（低温側、高温側）生息限界水温係から、地球温暖化（水温上昇）した場合の生息分布域の変化を推定した。

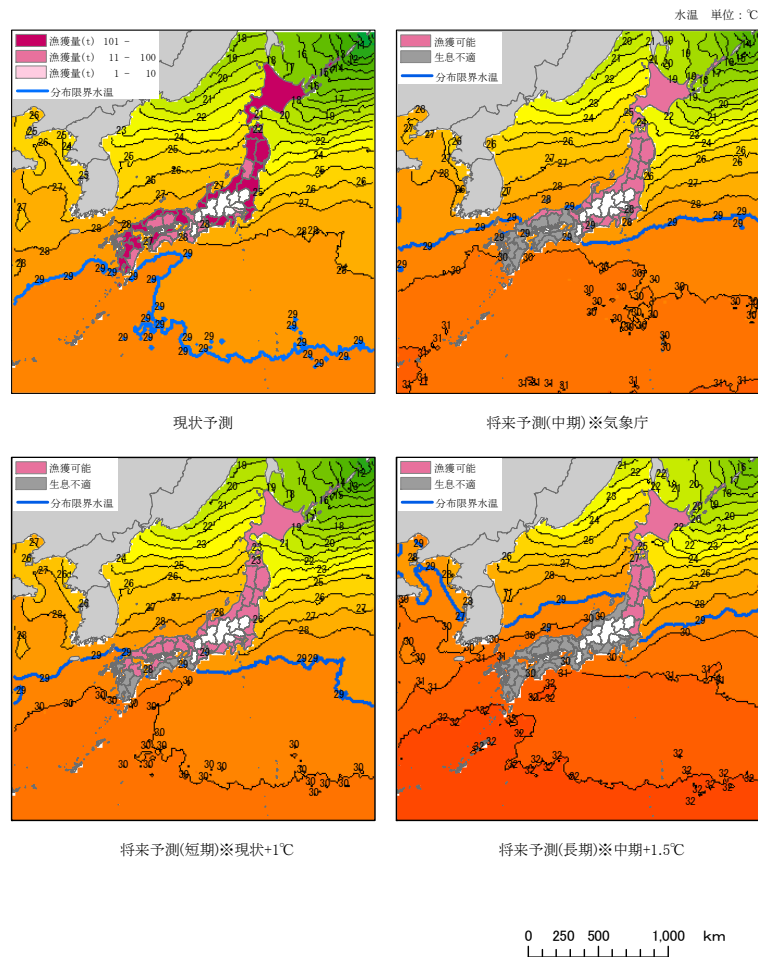
ヒラメの生物特性値として、既往文献等から、低温側限界水温 5℃、高温側限界水温 27.5℃と設定した。



[現状]

ヒラメの生息水深である水深 10～50m帯の水温が、MIRC データベースによると、夏季（8月）表層水温に対して約 2℃程度低いことを考慮すると、九州南端に位置する夏季表層水温 29℃は、ヒラメ生息水深帯では水温 27℃程度となり、高温側生息限界水温とほぼ一致することから、ヒラメ生息分布域の南限は、夏季表層水温 29℃以下とした。同様にして、ヒラメ生息域の北限は冬季表層水温 5℃以上とした。

ヒラメは日本海沿岸域では九州西部から北海道宗谷地方、太平洋沿岸域では九州南部から襟裳岬に至る海域に生息しており、北海道から九州南部まで幅広い海域で漁獲されている。



[将来]

短期的（現状＋1.0℃上昇時）には、太平洋沿岸域の和歌山県以西、日本海沿岸域の佐賀県以西で生息不適となるが、北海道を含む北日本での漁獲の増加が見込まれる。

中期的（現状＋1.4℃上昇時）には、太平洋沿岸域の和歌山県以西、日本海沿岸域の山口県以西及び瀬戸内海沿岸で生息不適となるが、北海道を含む北日本での漁獲の増加が見込まれる。

長期的（現状＋2.9℃上昇時）には、太平洋沿岸域の千葉県以西、日本海沿岸域の新潟県以西で生息不適となるが、北海道を含む北日本での漁獲の増加が見込まれる。

<本予測研究事例の出典>

平成 14・15 年度地球温暖化に対応した漁場、漁港漁村対策調査総合報告書、水産工学研究所、平成 16 年 3 月

<本予測の前提条件、注意点など（簡潔に）>

（前提）

地球温暖化の予測は、地球温暖化予測情報第 5 報（気象庁、H15.3）、IPCC 第 3 次報告 A2 シナリオに準拠。海表面水温の上昇は、現状、短期：現状＋1.0℃、中期：現状＋1.4℃、長期：現状＋2.9℃の 4 段階で検討した。地球温暖化情報第 5 報では、海表面水温の上昇は 2071～2100 年の 30 年平均として、概ね現状＋1.4℃と想定している。現状＋2.9℃は、IPCC 第 3 次報告 A2 シナリオによる 2100 年海表面水温の最小値にほぼ等しい。短期予測とは現状＋1.0℃上昇時の予測である。以下、中期予測とは現状＋1.4℃上昇時、長期予測とは現状＋2.9℃上昇時の予測である。

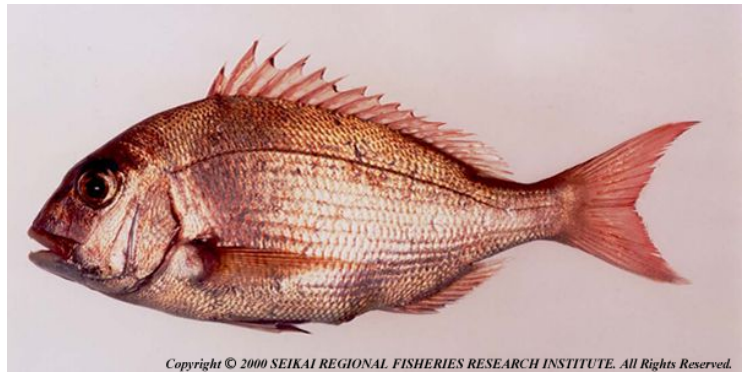
（注意点）

地球温暖化に伴う生息分布域の影響予測に当たり、ヒラメの生物学的な生息限界水温と表層水温（予測値）の関係以外は考慮していない。

担当部署・担当者名：水産総合研究センター 水産工学研究所 水産土木工学部 環境分析研究室 桑原久実・明田定満

マダイ成魚期の（低温側、高温側）生息限界水温から、地球温暖化（水温上昇）した場合の生息分布域の変化を推定した。

マダイの生物特性値として、既往文献等から、低温側限界水温 7℃、高温側限界水温 28℃と設定した。

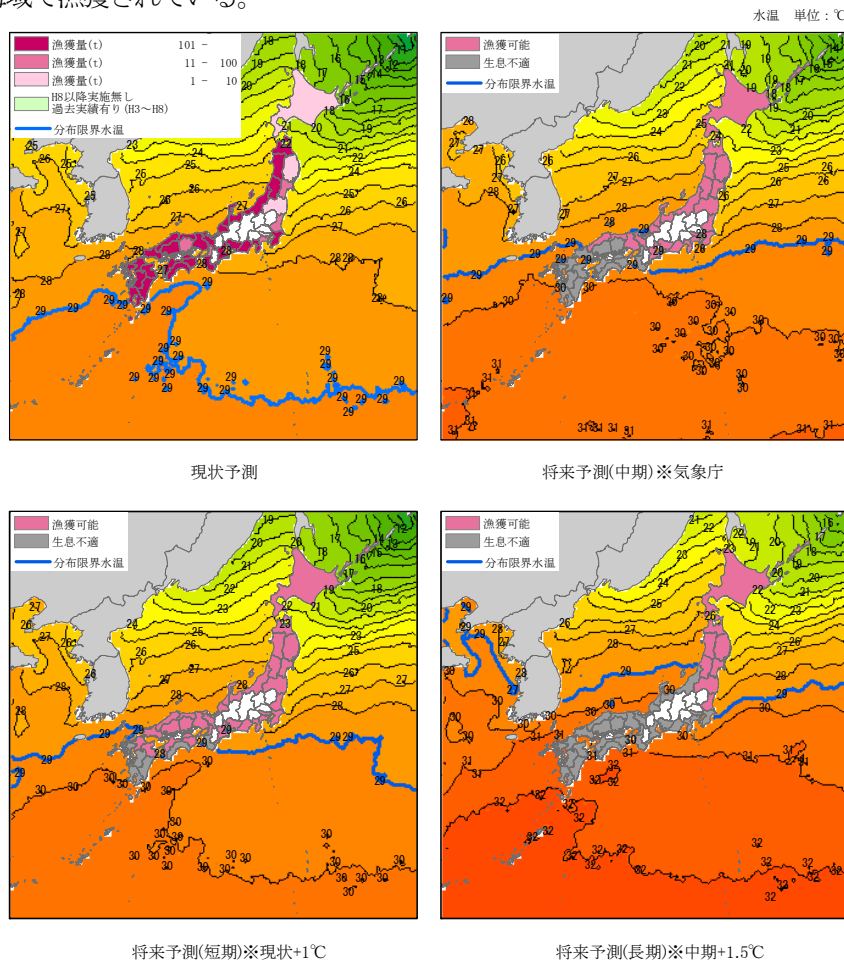


[現状]

マダイの生息水深である水深 10～50m 帯の水温が、MIRC データベースによると、

夏季（8月）表層水温に対して約 2℃程度低いことを考慮すると、九州南端に位置する夏季表層水温 29℃は、マダイ生息水深帯では水温 27℃程度となり、高温側生息限界水温より低いことから、マダイ生息分布域の南限は、夏季表層水温 29℃以下とした。日本海沿岸域の生息範囲北限は北海道南西部（渡島半島）にあり、生物特性値（冬季表層水温 7℃）と概ね一致している。

マダイは日本海沿岸域では青森県以西、太平洋沿岸域では茨城県以西、瀬戸内海に生息しており、西日本を中心に全国で幅広い海域で漁獲されている。



0 250 500 1,000 km

[将来]

短期的（現状＋1.0℃上昇時）には、太平洋沿岸域の和歌山県以西、日本海沿岸域の佐賀県以西で生息不適となる。一方で、東北太平洋沿岸域では太平洋中部系群の北上に伴い、漁獲の増加が見込まれる。

中期的（現状＋1.4℃上昇時）には、太平洋沿岸域の和歌山県以西、日本海沿岸域の山口県以西で生息不適となる。一方で、東北太平洋沿岸域では太平洋中部系群の北上に伴い、漁獲の増加が見込まれる。

長期的（現状＋2.9℃上昇時）には、太平洋沿岸域では千葉県以西、日本海沿岸域では新潟県以西で生息不適となるが、東北太平洋沿岸域では、太平洋中部系群の北上に伴い、漁獲の増加が見込まれる。

<本予測研究事例の出典>

平成 14・15 年度地球温暖化に対応した漁場、漁港漁村対策調査総合報告書、水産工学研究所、平成 16 年 3 月（マダイ）

地球温暖化に対応した漁場、漁港漁村対策調査、平成 14 年度会議資料（未発表）

<本予測の前提条件、注意点など（簡潔に）>

（前提）

地球温暖化の予測は、地球温暖化予測情報第 5 報（気象庁、H15.3）、IPCC 第 3 次報告 A2 シナリオに準拠。海表面水温の上昇は、現状、短期：現状＋1.0℃、中期：現状＋1.4℃、長期：現状＋2.9℃の 4 段階で検討した。地球温暖化情報第 5 報では、海表面水温の上昇は 2071～2100 年の 30 年平均として、概ね現状＋1.4℃と想定している。現状＋2.9℃は、IPCC 第 3 次報告 A2 シナリオによる 2100 年海表面水温の最小値にほぼ等しい。短期予測とは現状＋1.0℃上昇時の予測である。以下、中期予測とは現状＋1.4℃上昇時、長期予測とは現状＋2.9℃上昇時の予測である。

（注意点）

地球温暖化に伴う生息分布域の影響予測に当たり、マダイの生物学的な生息限界水温と表層水温（予測値）の関係以外は考慮していない。

担当部署・担当者名：水産総合研究センター 水産工学研究所 水産土木工学部 環境分析研究室 桑原久実・明田定満

＜説明文＞

地球温暖化により海水温が上昇すると、サケ類の分布域は大きく影響される可能性がある。

図1は二酸化炭素の濃度が2倍になり温暖化した場合に予測されるベニザケの沖合分布の変化を示しており、冬季の分布南限は、現在の北部太平洋やアラスカ湾からベーリング海やカムチャッカ半島沿岸に、夏季の分布南限も、ベーリング海やオホーツク海の北部にまで北上すると予測されている。

産卵地の分布については、6000年前の温暖な時代、現在の北海道 釧路湿原は古釧路湾と呼ばれる湾であり、湿原から発掘される巻貝や二枚貝の化石から、当時の古釧路湾の海水温は現在より約5℃高く、現在の陸奥湾に相当すると考えられる。

この頃のサケの分布域は、サケ遺骸の出土状況から青森北部が南限であったと推定されるが、この後の縄文時代の寒冷化にともない青森から岩手、宮城へと徐々に南下し、現在のような太平洋側では銚子、日本海側では経ヶ岬付近を南限とする分布になったと推定される（図2）。

近年の二酸化炭素の増大にともなう温暖化と6000年前から縄文時代に至る間の寒冷化とはその変化速度や波及効果が大きく異なると考えられ、単純に温度だけを根拠として類推することには論議があろうが、海水温が約5℃上昇したとすると、6000年前とは逆の経過を辿り、サケの分布南限は太平洋側では尻屋崎、日本海側では白神岬付近にまで北上する可能性は十分考えられる（図3）。

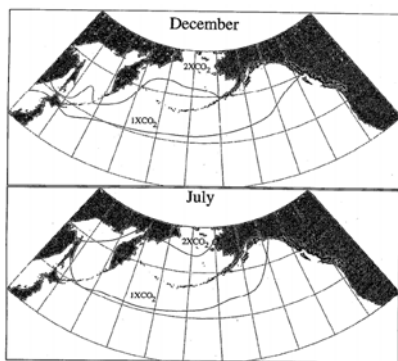


図1 ベニザケの分布の変化
1XCO₂：現在、2XCO₂：CO₂倍増の温暖化時



図2 縄文時代のシロザケの分布の変化

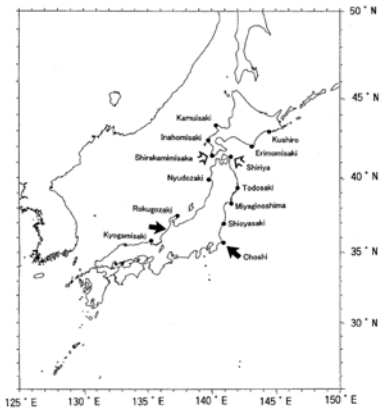


図3 シロザケの南限の変化

黒矢印：現在、白矢印：6000年前

＜本予測研究事例の出典＞

- 1) Welch, D. W., Ishida, Y., Nagasawa, K. 1998. Thermal limits and ocean migrations of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*): long-term consequences of global warming. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 55: 937-948.
- 2) Ishida, Y., Hariu, T., Yamashiro, J., McKinnell, S., Matsuda, T., and Kaneko, H. 2001. Archeological evidence of Pacific salmon distribution in northern Japan and implications for future global warming. Progress in Oceanography 49: 539-550.
- 3) 山田晃弘 2005. 縄文時代のサケ三陸沿岸から仙台湾周辺地域における検討一. 東北歴史博物館研究紀要 6: 9-15.

＜本予測の前提条件、注意点など＞

サケ類の生物種としての分布水温は地球温暖化にかかわらず安定していることを前提条件としている。

担当部署・担当者名：東北区水産研究所・石田行正・安達宏泰

＜説明文＞

地球温暖化によって我が国周辺海域の水温が上昇すると、スルメイカ（写真1）の主産卵期や回遊経路および成長率が変化すると予測されている。その結果、西日本を中心に主漁期・主漁場が大きく変化する可能性がある。

スルメイカでは、水温 18℃以上（特に 19.5℃以上）でふ化幼生の生残率が高く、再生産に適した海域と推定されている。その結果、再生産に適した海域は季節によって変化し、秋には山陰沿岸から対馬海峡、冬には東シナ海に形成されている。再生産海域によって、その後の輸送環境および分布回遊は異なり、秋（10～12月）にふ化したスルメイカ（秋季発生系群）は主に日本海に分布回遊し、冬（1月～3月）にふ化したスルメイカ（冬季発生系群）は主に太平洋に分布回遊する（図1）。ところが、地球温暖化による水温上昇によって現在のスルメイカの再生産海域および分布回遊が変化することが予想されている。

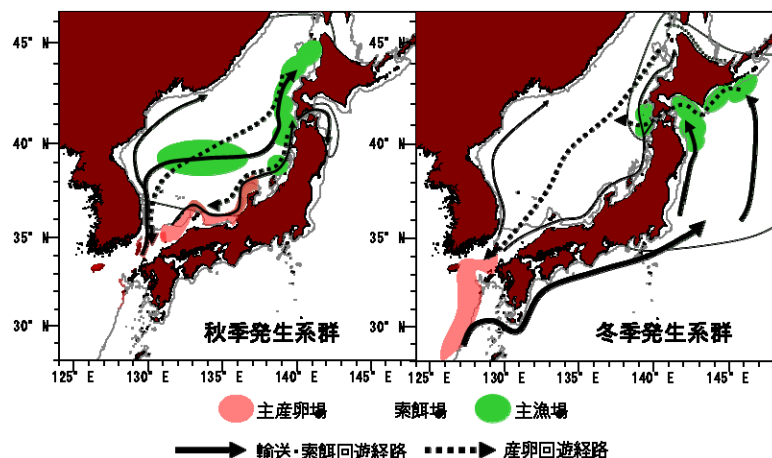
桜井ら（2008）の試算によると、水温上昇（2～4℃上昇）によって山陰沿岸域では秋は再生産が困難となり、冬に再生産が行われる。その結果、現在の主発生時期（10月～2月）も、100年後には12月～4月に変化し、分布回遊も太平洋から日本海を経由する冬季発生系群の回遊パターンが中心になると推察されている。水温上昇による影響は分布回遊ばかりでなく、スルメイカの成長にも影響を与える。特に日本海では水温の高い対馬暖流域では、代謝率の増大による成長率の低下が生態系モデルを用いた解析（岸ら 2008）で指摘されている。

以上の温暖化のスルメイカへの影響予測は、限られた情報をもとにした試算結果であるが、特に、現在のスルメイカの主産地の一つである山陰から九州北部において影響が大きい。しかし、現状では資源の量的変化も含めた影響予測は困難である。今後、資源量も含めた地球温暖化の影響を高精度に予測するには、スルメイカの分布回遊や資源量のモニタリング調査（検証データの蓄積）を継続することに加え、スルメイカの生理生態と水温の関係、および生態系モデルも含めた影響予測技術の高度化が重要である。

写真1 スルメイカ



図1 現在のスルメイカの分布回遊模式図



＜本予測研究事例の出典＞

桜井泰憲ら 2008 スケトウダラ・スルメイカ. 月刊海洋, 39: 323-330.

岸道郎ら 2008 地球温暖化による海洋生態系の変化予測とモデル. 月刊海洋, 39: 343-348.

＜本予測の前提条件、注意点など（簡潔に）＞

桜井ら（2008）では、50年後に SST で平均 2℃、100 年後に平均で 4℃上昇することを条件に試算している。表面水温をもとに回遊経路の変化が予測されているが、資源量の変化等の影響は試算されていない。

岸ら（2008）の予測では、NEMURO による動物プランクトン量の変化を餌環境として試算している。

＜説明文＞

植食性魚類のアイゴは、西日本周辺海域で頻発している磯焼け（海藻群落の縮小）の原因生物の一つとして位置づけられている。また、アイゴは熱帯地方を主たる分布域とする魚種であるため、本種による食害が温暖化に伴って拡大することが懸念されている。このアイゴの初期生態を調べるため、石垣島と長崎とで稚魚を採集し、耳石日周輪から産卵盛期を推定した。その結果、石垣島では5～6月頃、長崎では7～9月頃であり、産卵盛期が明瞭に異なっていた。しかし、産卵が活発になり始める時期の水温はおよそ25℃に達する頃で、両海域で共通していた。同じ長崎でも、水温上昇が早い年は、産卵も早い時期に始まる傾向があった。また、25℃を超える期間は成長速度も高い傾向があり、水温が高い年には、当歳魚のサイズが大型化し被食が少なくなると推察された。さらに水温が上昇すると、産卵開始年齢も早期化すると考えられた。

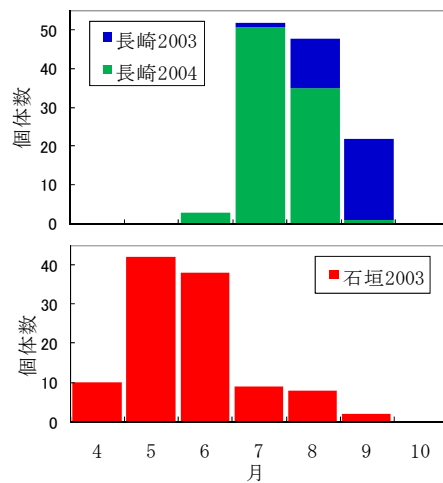
地球温暖化によって黒潮の流速が増大すると考えられているため、沿岸魚類の分布域の変化を予測するためには、仔魚期の分布・拡散機構の解明も重要な課題である。石垣島と長崎とでは、それぞれの海域で採集された稚魚のふ化時期が明らかに異なっており、現時点では、沖縄～九州という大規模なスケールでの移動は、少なくとも個体群レベルでは生じていないと考えられる。また、石垣島で詳しく調べたところ、アイゴの浮遊期仔魚は産卵場所の周辺海域に留まっている可能性が示唆されている。さらに、水温が高くなるとアイゴの浮遊期間が短くなる傾向があるため、温暖化に伴う黒潮勢力の増大の効果は相殺される可能性がある。

以上のことから、最高水温25℃ラインの北上に伴って、近隣海域から回遊してきたアイゴが地先で再生産するようになり、結果として分布域の北限が延長すると考えられる。

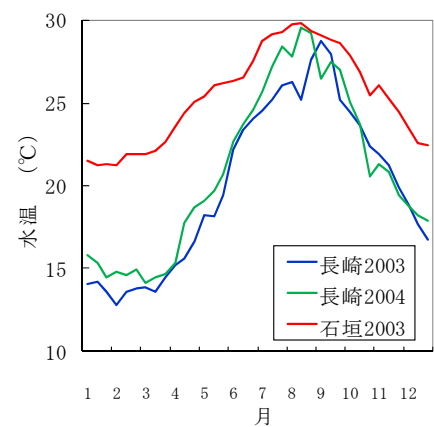
写真：石垣島で多量に漁獲される
アイゴ



図：アイゴの産卵期の海域間比較
(出典：山田ほか2006)



図：沿岸水温の海域間比較
(出典：山田ほか2006)



＜本予測研究事例の出典＞

山田秀秋ほか 2006 アイゴの初期生態の南北差. 水産工学 43(1), 35-39

＜本予測の前提条件、注意点など（簡潔に）＞九州・沖縄以外ではアイゴの初期生態に関する知見が全くないが、ここでは、産卵生態や成長速度における水温応答はアイゴの地域集団間で相違がないことを仮定している。また、環境汚染等により藻場が極端に減少した海域では、アイゴの産卵場がなくなり、水温が上昇してもアイゴが増えなくなることも考えられる。

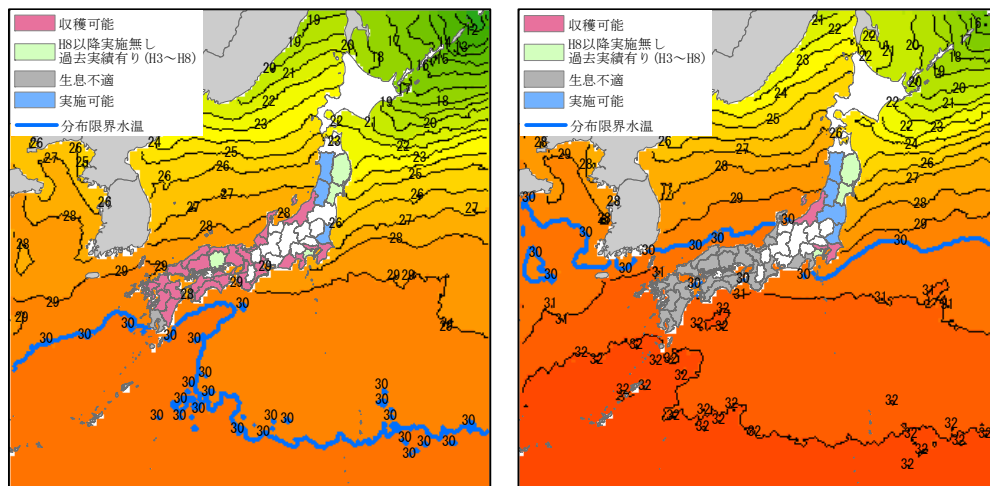
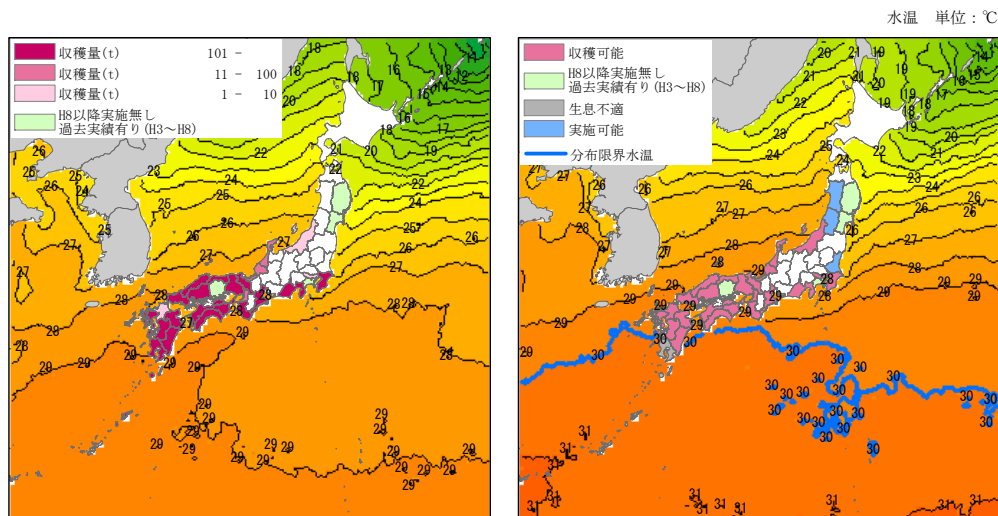
担当部署・担当者名：水産総合研究センター西海区水産研究所石垣支所漁業資源研究室 担当者：山田秀秋

ブリの生物特性値から、成魚の適正水温を冬季9℃以上、夏季30℃以下とした。未成年の沖出し期（6-9月）の適正水温を21℃以上、27℃以下とした。



[現状]

ブリ養殖は、太平洋沿岸域では千葉県以西、日本海沿岸では石川県以西で行われており、養殖可能な水温域は、夏季（8月）表層水温27℃以上、30℃以下となる海域とした。



8月 高水温期

0 250 500 1,000 km

[将来] 短期的（現状+1.0℃上昇時）には、日本海沿岸域では新潟県から山形県の沿岸まで養殖可能となる。太平洋沿岸域では千葉県から茨城県の沿岸まで養殖可能となる。一方、鹿児島県以南で夏季表層水温が 30℃以上となり、養殖不適となる。 中期的（現状+1.4℃上昇時）には、日本海沿岸域では秋田県の沿岸まで養殖可能となる。太平洋沿岸域では茨城県の沿岸まで養殖可能となる。一方、南西諸島（沖縄県）から九州南部（鹿児島県）沿岸の夏季表層水温が 30℃以上となり、養殖不適となる。 長期的（現状+2.9℃上昇時）には、日本海沿岸域では青森県から北海道の沿岸まで養殖可能となる。太平洋沿岸域では宮城県の沿岸までが養殖可能となる。一方、日本海沿岸域では石川県以西、太平洋沿岸域では静岡県以西が夏季表層水温が 30℃以上となり、養殖不適となる。
＜本予測研究事例の出典＞ 平成 14・15 年度地球温暖化に対応した漁場、漁港漁村対策調査総合報告書、水産工学研究所、平成 16 年 3 月（ブリ） 地球温暖化に対応した漁場、漁港漁村対策調査、平成 14 年度会議資料（未発表）
＜本予測の前提条件、注意点など（簡潔に）＞ （前提） 地球温暖化の予測は、地球温暖化予測情報第 5 報（気象庁、H15.3）、IPCC 第 3 次報告 A2 シナリオに準拠。海表面水温の上昇は、現状、短期：現状+1.0℃、中期：現状+1.4℃、長期：現状+2.9℃の 4 段階で検討した。地球温暖化情報第 5 報では、海表面水温の上昇は 2071～2100 年の 30 年平均として、概ね現状+1.4℃と想定している。現状+2.9℃は、IPCC 第 3 次報告 A2 シナリオによる 2100 年海表面水温の最小値にほぼ等しい。短期予測とは現状+1.0℃上昇時の予測である。以下、中期予測とは現状+1.4℃上昇時、長期予測とは現状+2.9℃上昇時の予測である。 （注意点） 地球温暖化に伴う生息分布域の影響予測に当たり、ブリの生物学的な生息限界水温と表層水温（予測値）の関係以外は考慮していない。
担当部署・担当者名：水産総合研究センター 水産工学研究所 水産土木工学部 環境分析研究室 桑原久実

ひらめ養殖は大分県、愛媛県、鹿児島県、三重県、長崎県中心に主に陸上養殖で行われている。ひらめ養殖は1985年頃から急増し、1990年以降6000～7000トン台で推移してきたが、2004年以降5000トン台あるいはそれ以下となっている。

ひらめ陸上養殖としての立地条件の中で、最も重要な点は、良質な海水を低コストで取水できることである。すなわち、飼育適水温範囲の海水を年間通じてできるだけ長期間入手でき、加えて溶存酸素濃度が高く、赤潮や懸濁物質等が少なく、清浄であることなどが条件となる。海面養殖の場合、さらに海面ができるだけ静穏で台風などの自然災害を受けにくく、潮通しのよいところといった条件が付け加わる（村田、2005）。



適水温範囲の水温が得られるかどうかが重要であることから、地球温暖化により我が国周辺海域の水温が上昇するとひらめ養殖適地に大きな影響を及ぼす可能性がある。

ひらめの成長適温は20～25℃の範囲(Iwata et al., 1994)にあり、餌料効率は18～24℃で高い（村田ら、2005）。生後満1年目には夏季高水温期の斃死魚が少ないが、2年目からは、26℃を越えると摂餌が不活発になり、27℃以上で斃死する魚が増加する場合が多く、また、高温限界は32～33℃にあると推定されている（村田、2005）。一方、ひらめは飼育水槽内では水底に重なり静止していることから病気が発生すると蔓延しやすく、複数の疾病が複合して発生する場合が多いため、大きな被害を受けることが多い。中でもエドワジエラ症は周年にわたって発症するが、その病原菌 *Edwardsiella tarda* の増殖至適温度は30℃付近にある。ひらめが高水温に弱いことから、夏～秋季にかけてエドワジエラ症による被害が多いと指摘されている（村田、2005）。

ひらめ養殖の中心である、九州、四国沖を含む関東以南の太平洋岸における夏季表面水温の平年値は、斃死が増えるとされる27℃あるいは摂餌が不活発になるとされる26℃を越えている（表1）。短中期的（2010～2030年）にはこうした水温帯の海域はそれほど大きく変化しないとみられるが、長期的には（2100年）、太平洋側の関東東部海域（H）、日本海側でも日本海南部海域（K）にまで広がる可能性がある。

なお、陸上養殖では、夏季であっても適当な水深から取水することで温度上昇の影響をある程度緩和できる可能性がある。

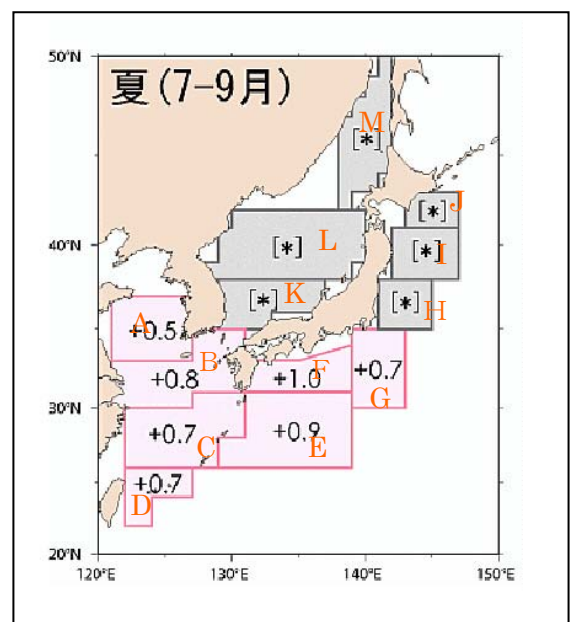


図1 日本周辺の海域区分と気象庁が算出した過去の日本近海の夏季における海域平均水温の長期変化傾向 (°C/100年)

*で示す水域は長期変化傾向が統計的に有意でないことを示す。

表1 海域別夏季表層水温の平年値と
短中期および長期予測値（℃）

海 域	表層水温 平年値	短中期 (2010 ～2030)	長期予測 (2100)
A	24.5	25	27.4
B	26.4	26.9	28.8
C	28.1	28.6	30.2
D	28.9	29.4	30.9
E	28.4	28.9	30.5
F	27.8	28.3	29.9
G	27.2	27.7	29.3
H	24.5	25	26.8
I	20.8	21.3	22.8
J	16.8	17.3	19.4
K	24.4	24.9	26.8
L	22.4	22.9	25.2
M	17.7	18.2	20.8

<本予測研究事例の出典>

・村田修（2005）ヒラメ。海水魚（熊井永水編、恒星社厚生閣、pp83-109）等に記載された適水温等に関する情報をもとに、水温上昇の予測値から推定。

<本予測の前提条件、注意点など（簡潔に）>

（前提）

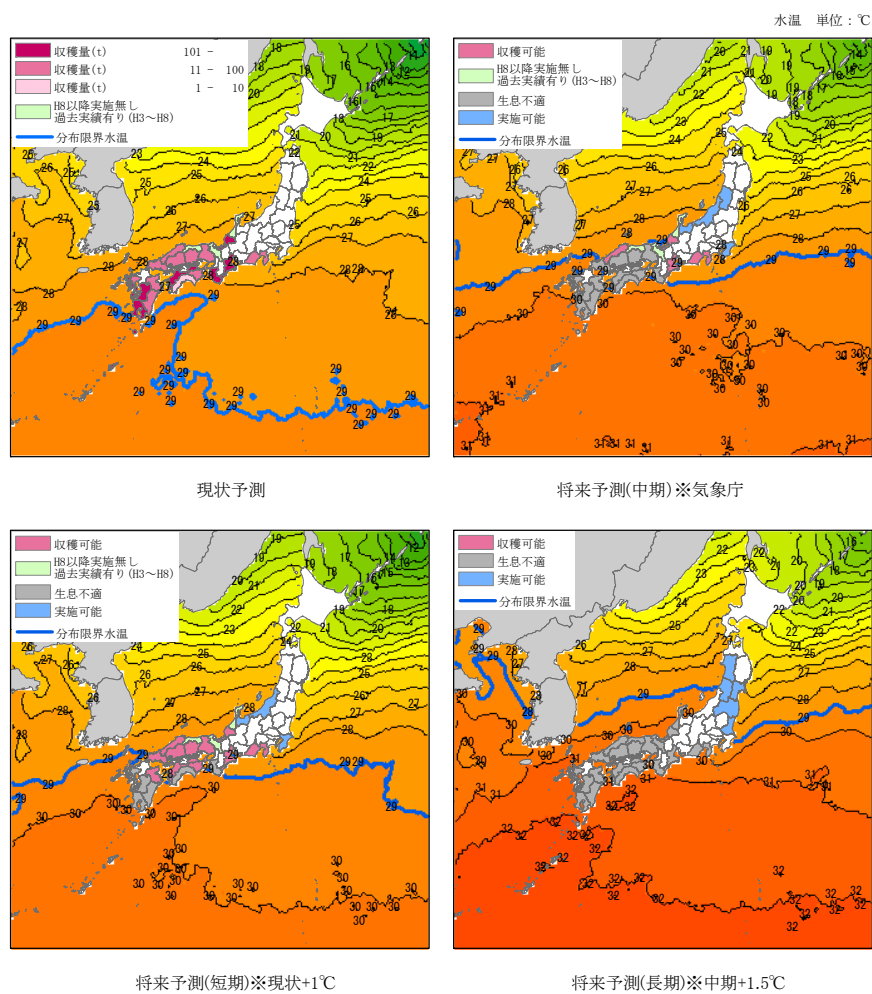
- ・ 予測シナリオはA1Bを選択
- ・ 気象庁が発表した「日本周辺海域表層水温の長期変化」における平年値（表1：海洋の健康診断表）をベースに予測
- ・ 短中期予測は、IPCC第4次評価報告書における予測結果のうち、2010～2030年における北緯30～40度付近表層における変化予測（0.5℃上昇）を前提とした（表1）。
- ・ 長期予測は気象庁が発表した予測結果のうち海域別表層水温の変化予測を前提とした（表1）。

担当部署・担当者名：水産総合研究センター 業務企画部 中田 薫

トラフグの生物特性値から、下限側限界水温 4℃、上限側限界水温 28℃と設定した。但し、トラフグ養殖海域の南限は 29℃以下、北限は 27℃以上とした。

[現状]

トラフグ養殖は、日本海沿岸域では福井県以西、太平洋沿岸域では静岡県以西で行われている。養殖南限は 29℃は九州南部（鹿児島県）、養殖北限 27℃は日本海沿岸域では石川県、太平洋沿岸域では静岡県である。



0 250 500 1,000 km

[将来]
短期的（現状＋1.0℃上昇時）には、養殖南限 29℃は日本海沿岸域では九州北部，太平洋沿岸域では四国南岸、紀伊半島に至る海域で養殖不適となる。一方、養殖北限 27℃は北上し、日本海沿岸域では新潟県から山形県，太平洋沿岸域では千葉県に至る海域で養殖可能となる。 中期的（現状＋1.4℃上昇時）には、養殖南限 29℃は日本海沿岸域では山口県，瀬戸内海、太平洋沿岸域では紀伊半島に至る海域で養殖不適となる。一方、養殖北限 27℃は北上し、日本海沿岸域では秋田県，太平洋沿岸域では千葉県沿岸に至る海域で養殖可能となる。 長期的（現状＋2.9℃上昇時）には、養殖南限 29℃は日本海沿岸域では新潟県まで、太平洋沿岸域では九州から千葉県に至る海域で養殖不適となる。一方、養殖北限 27℃は北上し、日本海沿岸域では青森県，太平洋沿岸域では宮城県沿岸に至る海域で養殖可能となる。
＜本予測研究事例の出典＞ 平成 14・15 年度地球温暖化に対応した漁場、漁港漁村対策調査総合報告書、水産工学研究所、平成 16 年 3 月（トラフグ） 地球温暖化に対応した漁場、漁港漁村対策調査、平成 14 年度会議資料（未発表）
＜本予測の前提条件、注意点など（簡潔に）＞ （前提） 地球温暖化の予測は、地球温暖化予測情報第 5 報（気象庁、H15.3）、IPCC 第 3 次報告 A2 シナリオに準拠。海表面水温の上昇は、現状、短期：現状＋1.0℃、中期：現状＋1.4℃、長期：現状＋2.9℃の 4 段階で検討した。地球温暖化情報第 5 報では、海表面水温の上昇は 2071～2100 年の 30 年平均として、概ね現状＋1.4℃と想定している。現状＋2.9℃は、IPCC 第 3 次報告 A2 シナリオによる 2100 年海表面水温の最小値にほぼ等しい。短期予測とは現状＋1.0℃上昇時の予測である。以下、中期予測とは現状＋1.4℃上昇時、長期予測とは現状＋2.9℃上昇時の予測である。 （注意点） 地球温暖化に伴う生息分布域の影響予測に当たり、トラフグの生物学的な生息限界水温と表層水温（予測値）の関係以外は考慮していない。
担当部署・担当者名：水産総合研究センター 水産工学研究所 水産土木工学部 環境分析研究室 桑原久実・明田定満

マガキの生物特性値から、成貝期の適正水温を冬季-1℃以上、夏季31℃以下とした。稚貝期の適正水温を15℃以上、25℃以下とした。

[現状]

マガキは、成貝期の適正水温を年間を通して満足しているため、マガキ養殖は、日本沿岸各地で行われている。

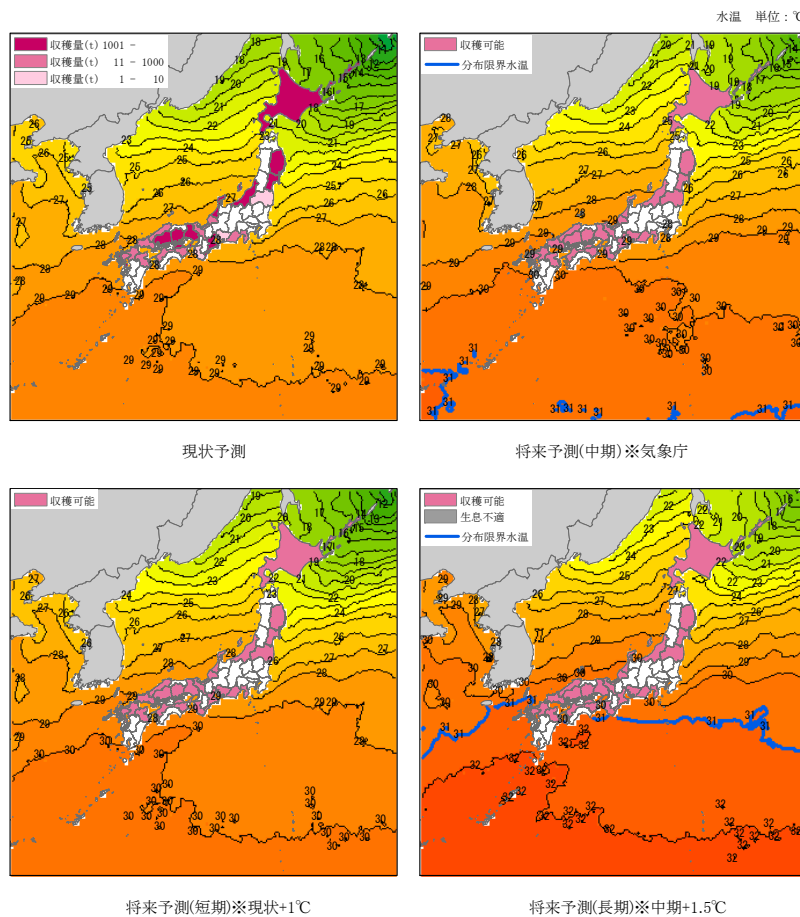


[将来]

短期的（現状+1.0℃上昇時）には、温暖化（水温上昇）における影響はないと考えられる。

中期的（現状+1.4℃上昇時）には、温暖化（水温上昇）における影響はないと考えられる。

長期的（現状+2.9℃上昇時）には、成貝期の適正水温を超える 31℃の水温域の北上に伴い、九州南部、四国南部で養殖不適となる。



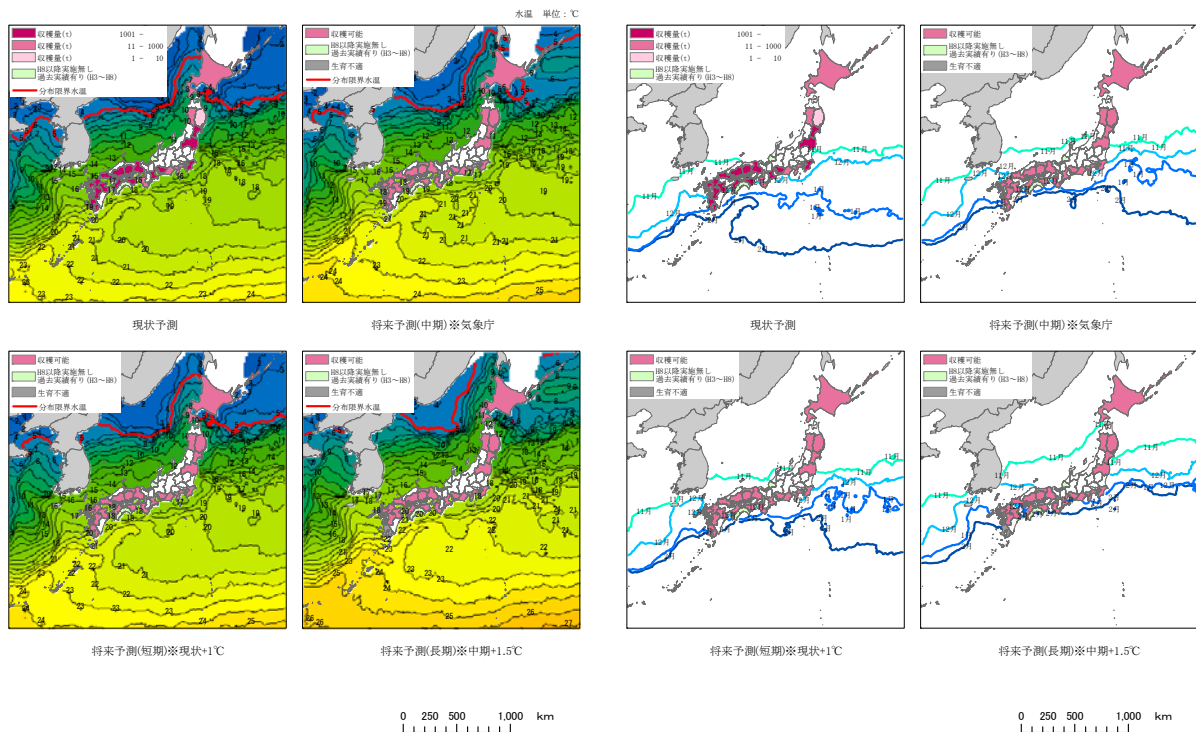
＜本予測研究事例の出典＞ 平成 14-15 年度地球温暖化に対応した漁場、漁港漁村対策調査総合報告書、水産工学研究所、平成 16 年 3 月
＜本予測の前提条件、注意点など（簡潔に）＞ （前提） 地球温暖化の予測は、地球温暖化予測情報第 5 報（気象庁、H15.3）、IPCC 第 3 次報告 A2 シナリオに準拠。海表面水温の上昇は、現状、短期：現状+1.0℃、中期：現状+1.4℃、長期：現状+2.9℃の 4 段階で検討した。地球温暖化情報第 5 報では、海表面水温の上昇は 2071～2100 年の 30 年平均として、概ね現状+1.4℃と想定している。現状+2.9℃は、IPCC 第 3 次報告 A2 シナリオによる 2100 年海表面水温の最小値にほぼ等しい。短期予測とは現状+1.0℃上昇時の予測である。以下、中期予測とは現状+1.4℃上昇時、長期予測とは現状+2.9℃上昇時の予測である。 （注意点） 地球温暖化に伴う生物生息分布域の影響予測に当たり、マガキの生物学的な生息限界水温と表層水温（予測値）の関係以外は考慮していない。
担当部署・担当者名：水産総合研究センター 水産工学研究所 水産土木工学部 環境分析研究室 桑原久実・明田 定満

スサビノリの 生物学的特性値から、葉体期の適正水温は5℃以上、20℃以下、採苗（殻孢子）期の適正水温は10℃以上、25℃以下とした。

[現状]

スサビノリ養殖は、仙台湾（松島湾）、東京湾、伊勢湾、三河湾、瀬戸内海、有明海で行われている。

日本海沿岸の宗谷地方からオホーツク海沿岸、北海道東部沿岸を経て、太平洋沿岸の襟裳岬に至る海域は、冬季、葉体期の生息下限水温5℃以下となる。一方、冬季（遅くとも1月には）、有明海を含む我が国の主要養殖漁場で水温20℃以下となり養殖可能となる。また、我が国の主要養殖漁場では、10月以降、採苗（殻孢子）期の適正水温の上限水温25℃以下となり、採苗可能となる。



スサビノリ 低温期・2月

スサビノリ 葉体期 (20℃)

[将来]

短期的（現状+1.0℃上昇時）には、葉体期の生育下限水温5℃以下となる海域は、日本海沿岸の宗谷地方からオホーツク海沿岸、北海道東部沿岸を経て、太平洋沿岸の襟裳岬まで、現状と余り変わらない。12月に有明海を除く我が国の主要養殖漁場で、水温20℃以下となり養殖可能となる。有明海では1月以降水温20℃以下となり養殖可能となる。東京湾から有明海に至る養殖漁場では、養殖時期が1ヶ月程度遅れる。また、長崎県以南及び関東以西の太平洋岸では採苗時期が1ヶ月程度遅れる。

中期的（現状+1.4℃上昇時）には、葉体期の生育下限水温5℃以下となる海域は、北海道東部沿岸（日高、十

勝、根室)のみとなる。最低水温期である冬季(2月)においても、九州南部(鹿児島県)で生息上限水温 20℃以上となり、養殖不適となる。一方、水温上昇に伴い、北海道日本海沿岸域からオホーツク海沿岸域において養殖可能となるため、北日本での養殖生産の増加が期待できる。長崎県以南、関東以西の太平洋沿岸域では採苗時期が1ヶ月程度遅れる。

長期的(現状+2.9℃上昇時)には、葉体期の生育下限水温 5℃以下となる海域は無くなり、北海道全域で生育可能となる。一方、最低水温期である冬季(2月)においても、鹿児島県から和歌山県に至る太平洋沿岸域南岸で生息上限水温 20℃以上となり、養殖不適となる。一方、水温上昇に伴い、北海道全域が養殖可能域となり、北日本での養殖生産の増加が期待できる。有明海の養殖可能期間は1ヶ月程度となる。採苗時期は全国的に1ヶ月程度遅れる。

<本予測研究事例の出典>

平成 14-15 年度地球温暖化に対応した漁場、漁港漁村対策調査総合報告書、水産工学研究所、平成 16 年 3 月(スサビノリ)
地球温暖化に対応した漁場、漁港漁村対策調査、平成 14 年度会議資料(未発表)

<本予測の前提条件、注意点など(簡潔に)>

(前提)
地球温暖化の予測は、地球温暖化予測情報第5報(気象庁、H15.3)、IPCC 第3次報告 A2 シナリオに準拠。海表面水温の上昇は、現状、短期：現状+1.0℃、中期：現状+1.4℃、長期：現状+2.9℃の4段階で検討した。地球温暖化情報第5報では、海表面水温の上昇は2071~2100年の30年平均として、概ね現状+1.4℃と想定している。現状+2.9℃は、IPCC 第3次報告 A2 シナリオによる2100年海表面水温の最小値にほぼ等しい。短期予測とは現状+1.0℃上昇時の予測である。以下、中期予測とは現状+1.4℃上昇時、長期予測とは現状+2.9℃上昇時の予測である。

(注意点)
地球温暖化に伴う生息分布域の影響予測に当たり、スサビノリの生物学的な生息限界水温と表層水温(予測値)の関係以外は考慮していない。

スサビノリ写真：原色日本海藻図鑑(保育社、1956)より抜粋

担当部署・担当者名：水産総合研究センター 水産工学研究所 水産土木工学部 環境分析研究室 桑原久実・明田定満