

「さかな」の変化 Ⅲ スルメイカ

木所英昭（水産総合研究センター）

1. はじめに

スルメイカは日本で最も重要な漁業資源の一つであり、近年は日本のイカ類漁獲量の 7～8 割をスルメイカが占めています。スルメイカは日本周辺域に広く分布しており（図 1）、産卵時期および分布回遊域の違いから、秋季発生系群と冬季発生系群に大きく区分することが出来ます。（木所ほか，2003）。秋季発生系群は秋に山陰から東シナ海で産卵、孵化し、主に初夏～秋に日本海で漁獲対象となるのに対し、冬季発生系群は冬に東シナ海で産卵、孵化し、主に夏～秋に三陸から北海道沿岸域で漁獲されます（図 1）。

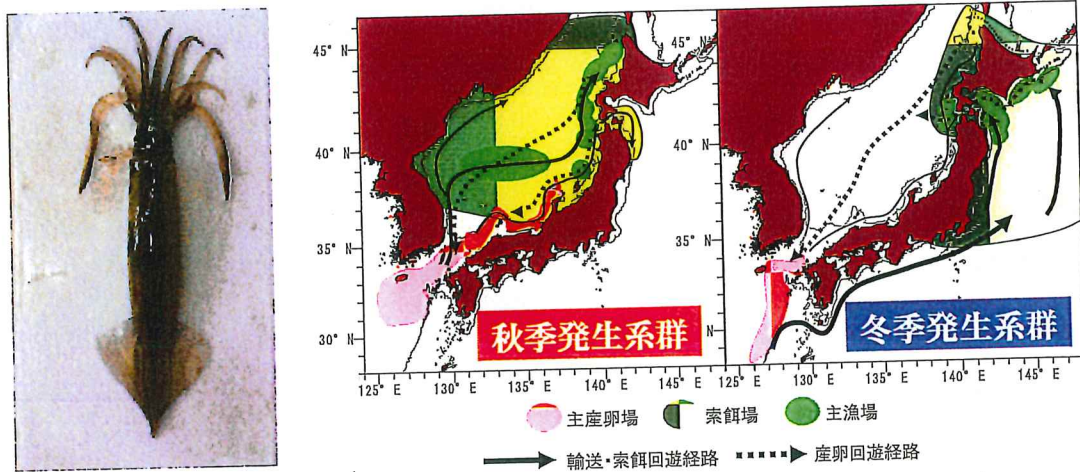


図 1 日本周辺域におけるスルメイカの分布回遊模式図

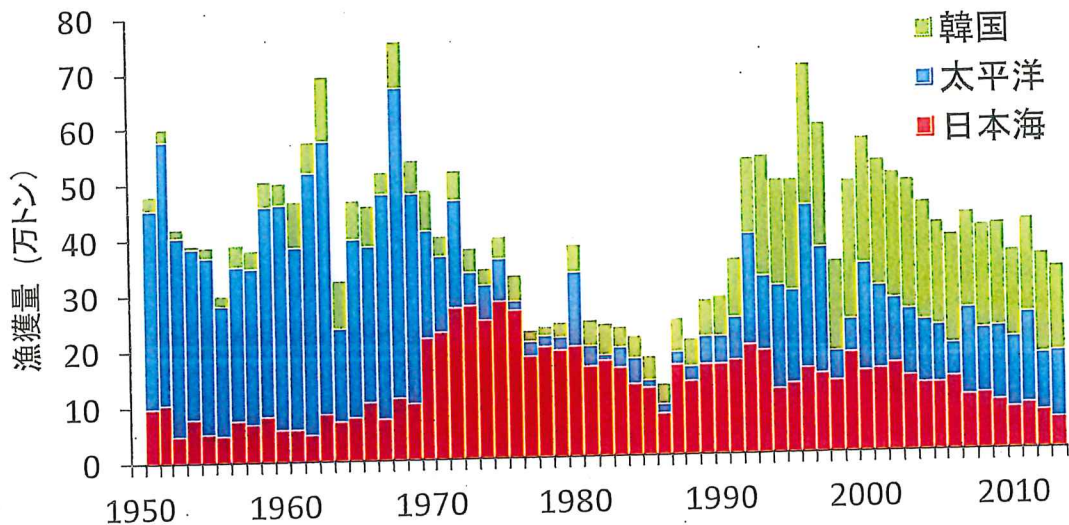


図 2 日本（日本海と太平洋）および韓国におけるスルメイカの年間漁獲量の変化
FAO 統計および水産総合研究センター資料より作成。

スルメイカの資源量は 10～数十年周期の気候変動によって増減すると考えられています(桜井 2014)。これまでの漁獲統計および資源評価結果では、気候が温暖であった 1950～1960年代は漁獲量が 40～60 万トンの高水準を維持しましたが、気候が寒冷化した 1970年代半ば～1980年代後半になると、スルメイカの資源量が減少し、漁獲量も年間 15～20 万トン程度になりました(図 2)。その後、1980年代後半以降に気候が温暖化し、冬季の海水温が上昇すると、スルメイカの資源量および漁獲量は冬季発生系群を中心に増加し(Sakurai et al., 2000; 木所, 2009)、現在までスルメイカの資源量水準は中～高位水準にあると判断されています(木所ほか 2014)。

一方、スルメイカの資源量が 1990 年代以降、中～高位水準にあると判断されているにもかかわらず、日本海の本州沿岸域におけるスルメイカ漁獲量(主にスルメイカ秋季発生系群が対象)は 1990 年代後半から大きく減少しました(図 3)。特に、水温の高い夏～秋季に漁獲量が大きく減少したのが特徴です。その要因の一つとして、日本海(対馬暖流域)では、夏～秋季の水温が 1990 年代終わりに上昇(加藤ほか, 2006)し、夏～秋季には、日本海の本州沿岸域がスルメイカの分布・漁場形成に不適な環境になったことが指摘されています(木所, 2011)。夏～秋季の漁獲量の急減によって、5月から冬季まで続いていた日本海沿岸域(秋田県～山口県)におけるスルメイカの主漁期は、近年は 5月と 6月のほぼ 2ヶ月間のみとなり(図 4)、この地域におけるスルメイカ漁獲量も減少しました。

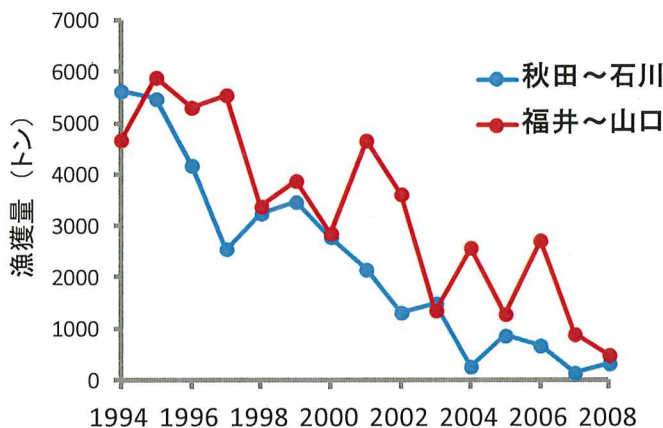


図 3 日本海沿岸域の 8～11 月におけるスルメイカ漁獲量の変化
各府県試験研究機関集計値(木所 2011)をもとに作成。

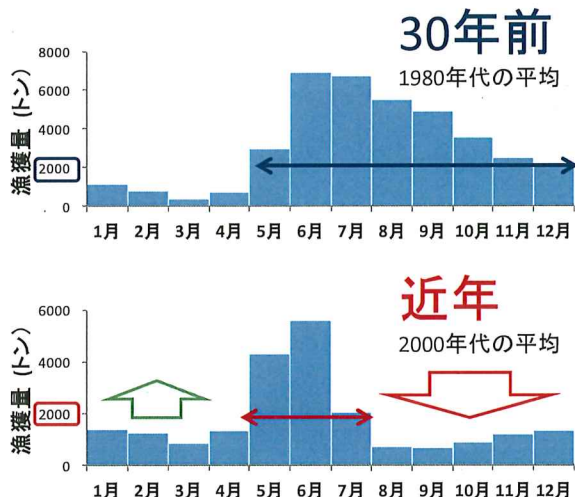


図 4 日本海沿岸域(秋田県～山口県)における 1980 年代と 2000 年代の月別漁獲量の平均値の比較
各府県試験研究機関集計値より作成。

スルメイカの資源量および漁獲量は 10～数十年周期の気候変動と共に、今後も同様の変化を繰り返すことが想定されています。しかし、近年は地球温暖化による上昇トレンドによって、日本海（対馬暖流域）の水温は、過去 100 年間で最も高い水準となっています。その結果、水温の高い海域（日本海南西部）・季節（夏～秋季）では、これまでは見られなかった変化が生じ、図 3 に示すような漁獲量の現象を引き起こしたと考えられています(木所, 2011)。では、実際、水温の変化がスルメイカの漁期・漁場にどの程度の影響を与えるのでしょうか？また、今後、地球温暖化によって海水温がさらに上昇することで、どのように変化するのでしょうか？ここでは、過去の調査結果を用いてスルメイカの分布と海水温の関係を解析すると共に、その解析結果を用いて水温が与える日本海沿岸域の漁期・漁場への影響、および今後の地球温暖化による影響を予測してみました。

2. スルメイカの水温と分布密度の関係

スルメイカは、図 1 で示したように、春以降、水温の上昇と共に北に移動し、日本周辺海域を広く回遊します。漁場も魚群の北上と共に北に移動し、日本海沿岸域では、石川県は 5 月、新潟県は 6 月、青森県では 7 月に漁獲量がピークに達します(図 5)。なお、近年の石川県・新潟県沿岸域では、漁獲量がピークに達した後は、漁獲量が急速に減少するのに対し、青森県沿岸域では、漁獲量がピークに達した後でも、漁獲量の減少が新潟県や石川県と比べて顕著ではないのが特徴です。このようなスルメイカの季節的な漁期・漁場の変化に、スルメイカの適水温域の季節的な変化がどれくらい関与しているのでしょうか？今後、温暖化が進むと、どのように変化するのでしょうか？これらの疑問に答えるべく、スルメイカの分布密度の定量的な解析を行うと共に、水温の変化をもとに漁期・漁場の変化を予測し、近年の漁期・漁場の変化および温暖化に伴う今後の影響評価を試みました。

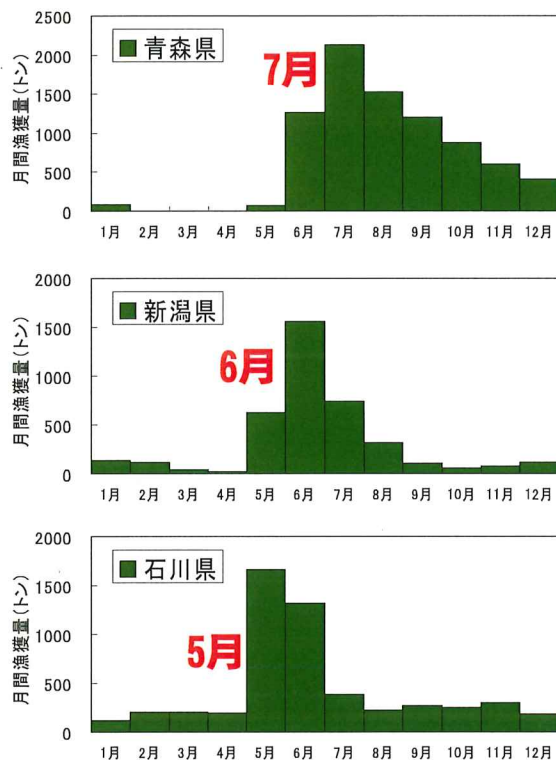


図 5 石川県、新潟県、青森県におけるスルメイカの月別漁獲量（近年 15 年平均）
各府県試験研究機関集計値より作成。

スルメイカの生息水温は発育段階によって異なりますが、未成体期には 4~27℃の広い水温範囲に分布するとされています(為石, 2002)。また、北上期には水温 13℃~14℃が漁場形成の指標になる(為石, 2002)ほか、南下期には水温 10℃が分布範囲の指標に用いられています(坂口, 2014)。しかし、生息水温の範囲内において、どの水温域にスルメイカがどれくらい多く分布するかは、あまり検討が進んでいません。そこで、水温とスルメイカの分布密度の関係について、過去(1973~2000)に日本海で実施された調査船によるスルメイカの採集調査結果を用いて以下のように解析してみました。

1) 解析方法

スルメイカの採集調査結果で得られた「釣り機 1 台 1 時間あたりの採集尾数 (CPUE)」を分布密度の指標値に用い、水温との関係を解析しました。なお、スルメイカは昼と夜では分布する水深が異なることから、最も浅い表面の水温(通常、最も水温が高い)と、分布水深域と想定される水深 100m の水温を用いて CPUE との関係を解析しました。なお、スルメイカの分布密度には、水温以外にも調査年の資源量や、平均サイズ、および調査月日も調査結果 (CPUE) に影響を与えると想定されます。そのため、これらも合わせて解析(一般加法モデル、統計ソフト R、mgcv パッケージを利用して解析)しました。ただし、影響評価・予測にあたっては、水温のみを変化させて、その影響のみを検討することとしました。

2) 解析結果

今回の解析で得られたスルメイカの水温と CPUE (分布密度の指標) の関係を図 6 に示します。図 6 では、表面水温が 15~20℃、水深 100m の水温が 5℃前後の海域にスルメイカが多く分布することを示しています。また、解析に用いた観測データの範囲内では、表面水温が 15℃より低い場合は水深 100m の水温が高いほうが CPUE は高く、逆に、表面水温が 20℃よりも高い場合は、水深 100m の水温が低いほうが概ね CPUE は高くなっています。つまり、スルメイカの分布には複数の水深の水温が関連していました。

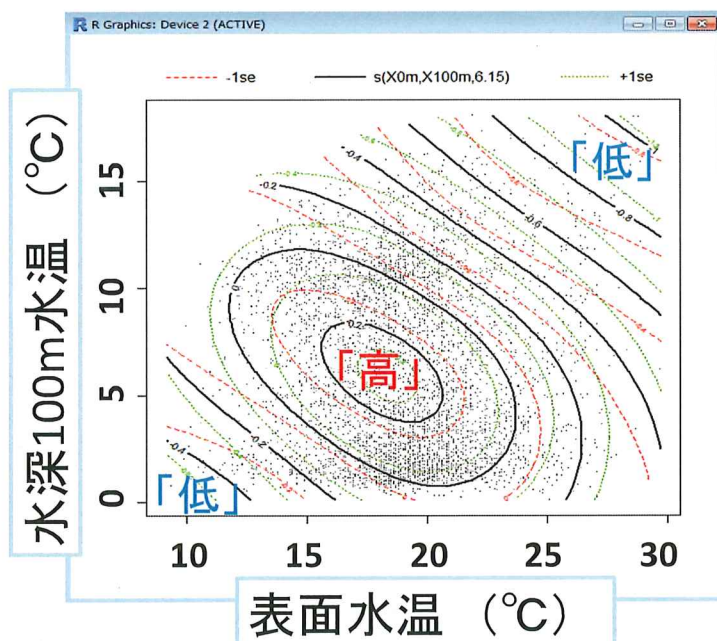


図 6 スルメイカの CPUE (釣り機 1 台 1 時間あたりの採集尾数: 分布密度の指標値) と水温の関係解析の結果、表面水温 15~20℃、水深 100m の水温 5℃前後の海域が最も CPUE を高める効果があることを示している。

3. 水温の変化から近年の漁期・漁場を予測する

過去の調査船による採集調査結果を用いた解析の結果、水温（表面と水深 100m）とスルメイカの CPUE（分布密度を指標）との関係を図 6 のように示すことが出来ました。次に、この関係と近年の水温データを用いて、日本海沿岸各地（石川県、新潟県、青森県）の漁期の変化を予測してみました。その結果、図 5 にある日本海沿岸各地の漁期の変化がうまく予測出来れば、漁期・漁場の変化に与える水温の影響が大きいこととなります。

水温のデータには、近年 5 年（2009～2013 年）の 5 月 1 日～7 月 31 日の日本海沿岸域の水温データ（図 7、日本海漁海況システム（JADE）の二次解析データ）を用いました。このデータを用いて、石川県、新潟県および青森県沿岸域のスルメイカの想定漁場（図 8 右）における水温の近年 5 年の日別平均値（図 8 左）を求め、図 6 で示される水温とスルメイカの CPUE の関係をもとに、CPUE の日別変化を予測しました。

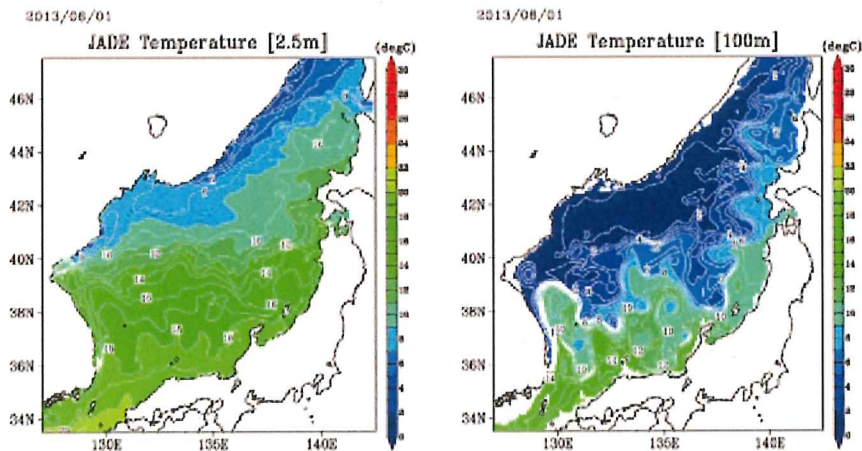


図 7 日本海海況予測システムの水温データ（2013 年 6 月 1 日の例）

<http://jade.dc.affrc.go.jp/jade/>より

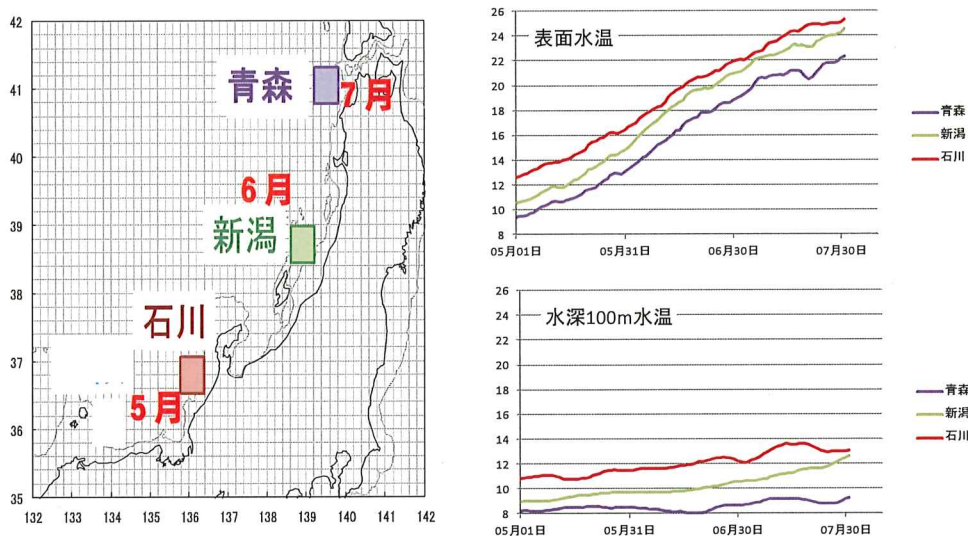


図 8 今回の解析で設定した石川県、新潟県、青森県沿岸域におけるスルメイカの想定漁場位置（口の範囲）および各想定漁場における表面及び水深 100m 水温の近年（2009～2013 年）平均値の推移

予測結果によると、石川県の想定漁場では、5月のCPUEが新潟県や青森県の想定漁場よりも高い値で経過していました。しかし、ピーク値になった6月以降は、CPUEの予測値が急速に低下しました(図9)。新潟県の想定漁場では、CPUEの予測値が5月は石川県よりも低い値で経過しましたが、5月下旬~6月上旬は石川県や青森県の想定漁場よりも高くなりました。しかし、石川県同様、新潟県の想定漁場でも6月上旬にピーク値に達した後は急速にCPUEの予測値が低下しました。一方、青森県の想定漁場では、6月中旬にCPUEの予測値がピーク値に達しましたが、ピーク値に達した後も他の海域とは異なり、大きく低下せず高い値を維持していました(図9)。

水温を用いて予測した各地の想定漁場における漁期の経過(図9)と、近年の日本海沿岸各地における月別漁獲量の変化(図5)を比べてみると、石川県では5月の漁獲量のピーク及びその後の漁獲量の急速な減少が水温を用いた予測結果でも示されています。また、新潟県でも同様に、6月の漁獲量のピーク及びその後の漁獲量の急速な減少が予測結果でも示されています。一方、青森県では、CPUEの予測値が6月中旬にピーク値となった以降も、高い値を維持しており(図9)、漁獲量が急激に減少しない特徴が示されていました。

以上の様に、近年の水温データを用いたCPUEの予測値は、日本海沿岸各地の漁期・漁場の特徴うまく示していました。このことは、スルメイカの漁期・漁場の変化に水温が深く関連していることを示しています。また、同様の予測方法に、水温の将来予測結果(地球温暖化による予測水温)を用いることで、日本海沿岸域におけるスルメイカの漁期・漁場の変化を精度良く予測することが期待されます。

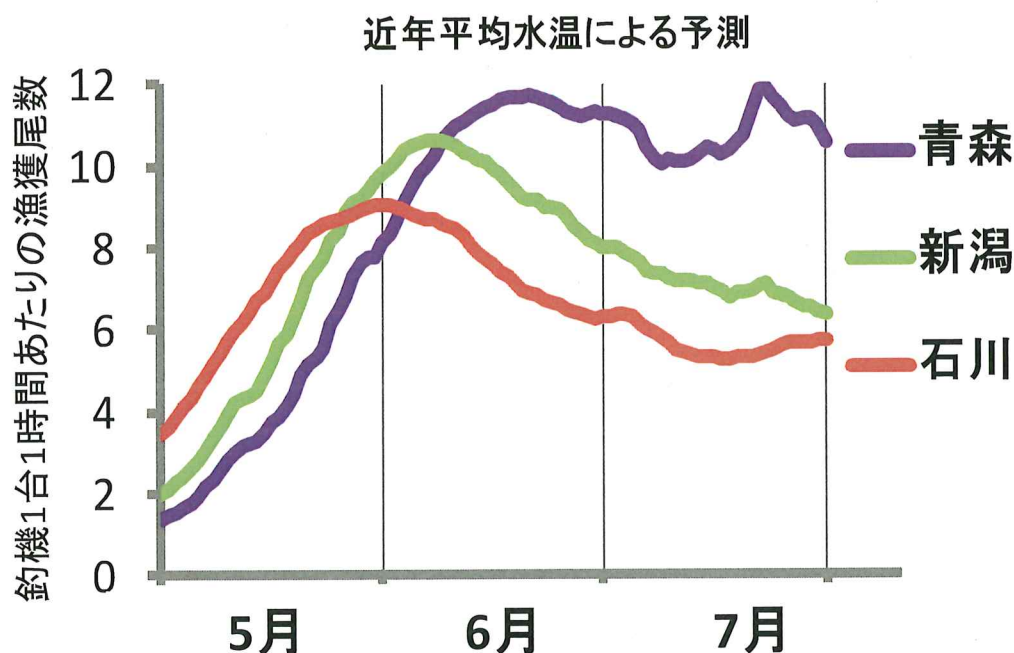


図9 石川県、新潟県、青森県の想定漁場(□の範囲)および想定漁場内の水温変化を元に計算した5月1日~7月31日までのCPUEの日別経過

4. 温暖化による影響評価・将来予測

次に、同様の手順を用いて、近年の日本海沿岸域における漁期の短縮化に及ぼす水温の影響の評価、および今後、温暖化の進行によって海水温が上昇した際の漁期・漁場の変化を、新潟県沿岸域の想定漁場を対象に予測してみました。

日本海（対馬暖流域）の水温は、1990年代後半にスルメイカの漁期にあたる夏秋季の水温が上昇し、周年にわたり高い状態となっています（加藤ほか, 2006）。この際、対馬暖流域の水深 50m 水温は約 1°C 上昇していました。そこで、近年の水温より 1°C 低い水温を、漁期が短期化する（1990年代前半）以前の水温環境として用い、当時の漁期・漁場を予測し、近年の予測値と比較することで水温が及ぼした影響を評価しました。もし、予測値間にほとんど差化がないようでしたら、近年の漁期短縮に及ぼす水温の影響は小さいと判断できます。さらに、地球温暖化による影響の一例として、現在よりも水温が 2°C 上昇した場合の漁期の変化も予測してみました。

1990年代前半以前の水温を想定した近年平均値よりも 1°C 低い水温では、5月の新潟県の想定漁場内における CPUE の予測値は、ピーク値となった 6月上旬以降、近年の CPUE の予測値（図 9）と異なり、大きく低下しないと予測されました（図 10）。このことは、1990年代後半に水温が 1°C 上昇したことと、本州沿岸域の漁期が短くなったことが深く関連していると評価できます。

一方、近年平均値よりも水温が 2°C 上昇した場合、新潟県の想定漁場における 5月の CPUE は近年平均で予測した場合よりも高くなっています（図 10）。しかし、5月下旬にピーク値となった以降は急速に低下していました。この CPUE の予測値の日別経過は、近年の石川県の想定漁場の水温を用いて予測した経過と同様です。つまり、今後水温が 2°C 上昇した場合、新潟県沿岸域におけるスルメイカの漁期は、近年の石川県沿岸域（図 9）と同様に推移することになると予測されます。

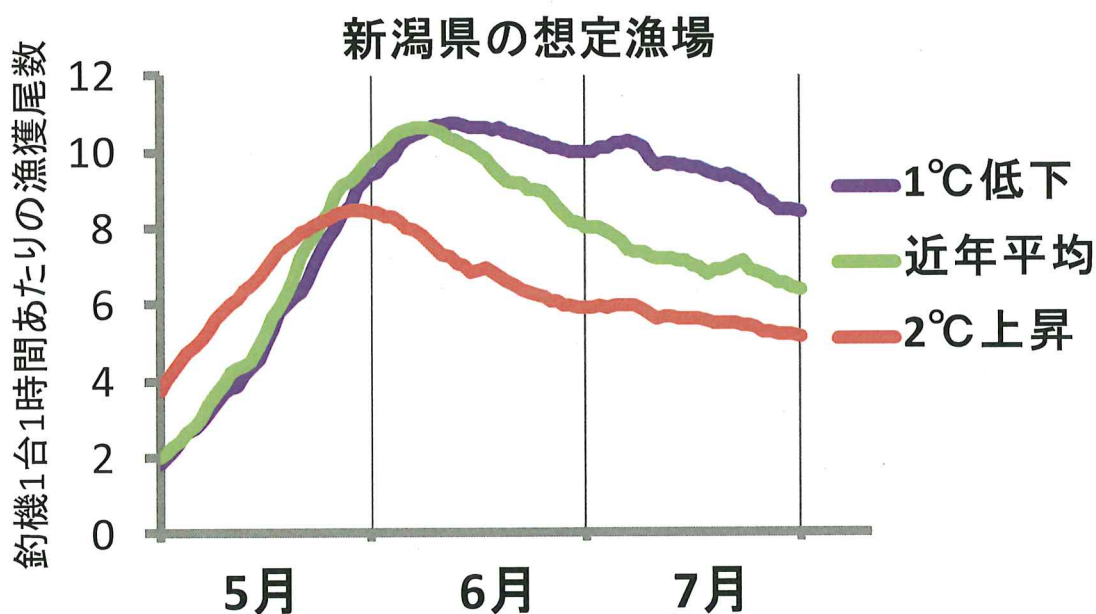


図 10 新潟県の想定漁場における近年の水温より 1°C 低下した場合、および 2°C 上昇した場合における CPUE の日別変化予測

5. 最後に

現在、スルメイカの資源水準は中～高位水準にあると判断されているものの、水温の高い海域・季節を中心に、スルメイカの漁獲量が大きく減少しています。その背景には、水温上昇による分布の北偏化、沖合化による漁期・漁場の変化が関与していると考えられていました。今回の解析結果では、水温の1℃または2℃程度の変化でもスルメイカの漁期の経過が大きく変化することが示され、これまでの高水温による漁期漁場への影響に関する推察が、確からしいことを示すことが出来ました。今後、さらに水温が上昇すると、どのような変化を引き起こすのでしょうか？スルメイカに限らず、地球温暖化による精度の高い海水温の変化予測結果を用いて検討することで各地・各種漁業への影響が明らかになり、影響評価を用いた適切な適応策の策定に繋がっていくものと期待されます。

参考文献

- 加藤 修・中川倫寿・松井繁明・山田東也・渡邊達郎 (2006) 沿岸・沖合定線観測データから示される日本海及び対馬海峡における水温の長期変動. 沿岸海洋研究, 44, 19-24.
- 木所英昭 (2009) 気候変化に対するスルメイカの日本海での分布回遊と資源変動に関する研究. 水産総合研究センター報告, 27, 95-189.
- 木所英昭 (2011) 1990年代後半以降の我が国日本海沿岸域におけるスルメイカ漁獲量の減少について. 水産海洋研究, 75, 205-210.
- 木所英昭・後藤常夫・高原英生 (2014) 平成25年度スルメイカ秋季発生系群の資源評価. 平成25年度我が国周辺水域の漁業資源評価(魚種別系群別資源評価・TAC種)第1分冊, 水産庁増殖推進部・独立行政法人水産総合研究センター, 613-647.
- 木所英昭・森 賢・後藤常夫・木下貴裕 (2003) 我が国におけるスルメイカの資源評価・管理方策について. 資源管理談話会報, 30, 18-35.
- 坂口健司 (2014) 北部根室海峡におけるスルメイカの漁獲と水温環境. 水産海洋研究, 78, 28-35.
- 桜井泰憲 (2014) スルメイカの繁殖生態と気候変化に応答する資源変動. 水産振興, 559, 54pp.
- Sakurai, Y., Kiyofuji, H., Saitoh, S., Goto, T. and Hiyama, Y. (2000) Changes in inferred spawning areas of *Todarodes pacificus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) due to changing environmental conditions. ICES J. Mar. Sci., 57, 24-30.
- 為石日出生 (2002) 漁場形成機構. 奈須敬二・奥谷喬司・小倉通男編, イカーその生物から消費まで—(三訂版)—, 85-122, 成山堂書店.