

キンメダイ漁場における海況と海底地形が魚群形成に及ぼす影響

秋元清治・高橋則行

The influence of the oceanic condition and bottom topography to the formation of fish school in the fishing ground where *Beryx splendens* inhabit

Seiji Akimoto*, Noriyuki Takahashi**

緒言

キンメダイ *Beryx splendens* は日本では茨城県以南における太平洋側の主に水深200～800mの大陸棚縁辺部及び海山に広く分布している¹⁾。このうち、相模灘、東京湾口部及び房総沖の大陸棚縁辺部及び伊豆諸島から小笠原諸島に至る海域に点在する海山、海丘は良好な漁場であり、当該魚種は一都三県（千葉県、東京都、神奈川県、静岡県）の立縄釣り及び底立延縄漁業の重要な漁獲対象資源となっている^{1, 2)}。伊豆諸島周辺海域におけるキンメダイ立縄釣り漁は、黒潮が漁場に接近している場合に不漁となり、黒潮が漁場を迂回する場合に好漁になることが報告されている³⁻⁵⁾。このような現象が起こる原因としては、黒潮が漁場に接近している場合、漁場における潮流の流速が早くなるため、立縄釣り漁具が強流に吹かれ、釣具が適正に漁場に配置されないことで漁獲効率が低下する可能性が考えられる。一方、黒潮及び黒潮分枝流の流入パターンにより漁場の水温、塩分などの漁場環境が変化し、このことがキンメダイの魚群形成力に影響を及ぼしている可能性も考えられる⁴⁾。本研究は上述の原因の中、後者による影響を評価するため、伊豆諸島周辺海域のキンメダイ漁場において、黒潮及び黒潮分枝流の流入パターンによって変化する漁場環境と魚群形成量の関係について検討した。さらに、漁場の海底地形図を作成し、海底地形の形状が漁場環境及び魚群形成量に及ぼす影響について考察した。

材料と方法

音響調査、釣獲調査及び海洋観測

調査漁場は本県7～9t級立縄釣り漁船の主要漁場である三宅島西方沖の第2大野原海丘（三本ナカンバ漁場）^{4,6)}とした（図1）。神奈川県水産技術センター（旧称、水産総合研究所）調査船江の島丸（99t）により2002年10月から2005年6月までの間、当該漁場に延べ8回出船し、下記の音響調査、釣獲調査及び海洋観測を実施した。

音響調査は調査に先立ち漁場の中心となる海丘山頂部1マイル四方内に南北方向に調査線（トランセクト）

を300m間隔に5本設けた。日没後、調査船により各トランセクト上を約5ノットで航行し、魚群探知機EK500（Simrad社製）を用いて音響データ（周波数38kHz）を収録した。なお、ターゲットストレングス（TS値）⁷⁾測定のために設定した単体魚検出のパラメータの設定条件を表1に示す。収録した音響データは解析システムBI500（Simrad社製）を用いて解析した。解析時には魚群形状の特徴^{2,8)}からキンメダイの魚群反応とその他魚群とを区別した。なお、キンメダイのTS値は、東京都島しょ農林水産総合センターが測定したTS値（測定尾数8個体、TScm(基準化TS)⁷⁾ 平均値 -66.10 db、最大値 -68.34 db、最小値 -63.90 db)⁹⁾及び本センターが1988年以降に当該漁場で実施した釣獲調査のキンメダイ尾叉長データ（計1,258尾、尾叉長範囲 18.4～47.2cm、尾叉長平均29.7cm、同標準偏差3.8cm）を参考とし、TS値と体長の一般式 $TS = 20 \cdot \log BL - TScm$ （BL：尾叉長）⁷⁾ から-44～-30 dbの範囲とした。BI500を用いてキンメダイ魚群と推定される魚群のTS頻度分布から上述のTS値（-44～-30 db）の割合を算出し、各トランセクトを5等分した海区（約370m）ごとに、キンメダイ魚群の面積後方散乱係数 s_A （ m^2 / nmi^2 ）¹⁰⁾を求めた。また、最終的に調査日ごとにトランセクト長で重み付けした調査海域の平均 s_A （以下、平均 s_A と称す。）を求めた。なお、 s_A の解析は海底面と魚群から発せられる音響データの混合を避けるため、深度方向の積分層は海面から海底面上10mまでとした。

釣獲調査は立縄釣りで音響調査終了後3～6時間程度実施した。漁具²⁾は1投縄あたり50～100針、餌はスルメイカ胴体の短冊切りとし、1調査あたりの投縄回数は3～12回とした。海洋観測は釣獲調査終了後にSTD（アレック電子社製、D-64K）を用いて、水深0～250mまでの水温及び塩分を0.5m間隔で測定した。流速データは、ADCP（古野電気社製、CI-30）を用いて、揚縄時毎の表層流速を記録した。さらに、漁場から黒潮流軸までの最短距離（黒潮乖離距離）⁴⁾を調査日の一都三県漁海況速報図¹¹⁾から求め、その縮尺率から実距離を計算した。

漁場環境の変化がキンメダイの魚群形成量に及ぼす

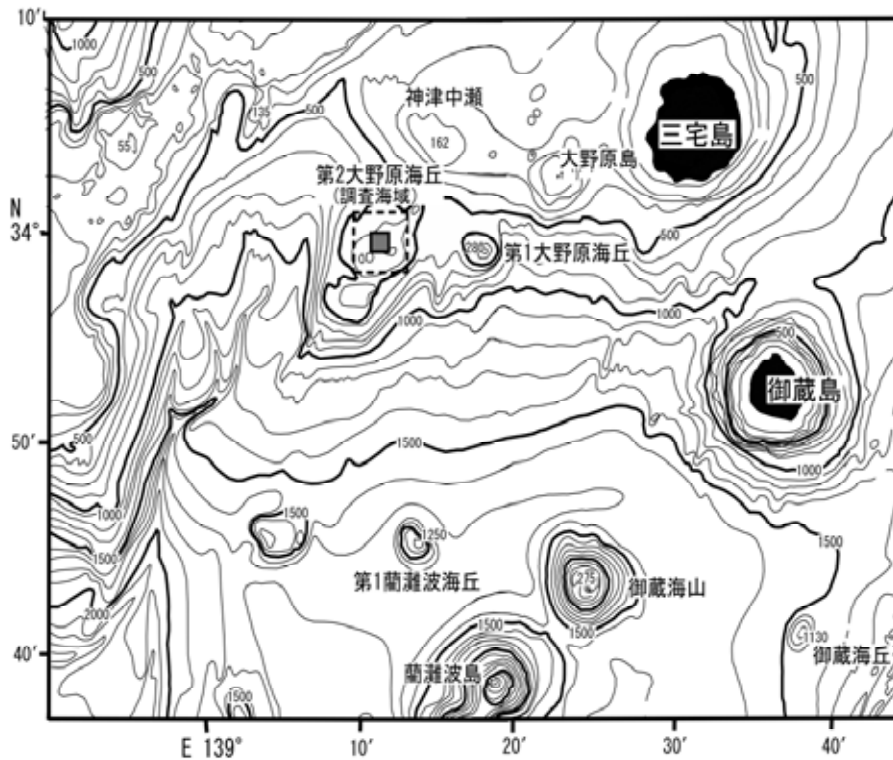


図1 調査海域 実線内(灰色部)は音響調査海域(1マイル四方) 点線内は海底地形調査海域(3マイル四方)

影響を明らかにするため、黒潮乖離距離と最も釣獲尾数が多かった揚縄時の表層流速、表層流速と平均 S_A 、黒潮乖離距離と平均 S_A 、平均 S_A と釣獲調査におけるCPUE(1揚縄あたりの平均釣獲尾数)のそれぞれの関係、及び好漁時と不漁時における漁場の水温及び塩分の違いについて検討した。

海底地形調査

調査漁場の海底地形調査は江の島丸に搭載されている海底地形探索装置¹²⁾ HS-300F(古野電気社製)により実施した。当該装置は左右方向120度、前後方向1.0度で超音波を海底真下方向に送波し、左右方向1.0度、前後方向20度ビームを121方向の受波ビームで送波範囲の海底を探索する(表2)。本調査は海丘山頂部を中心とした東西南北に3マイル四方の海底地形図を作成することを目的とし、2006年4月~2007年1月までの間、調査海区を1マイル四方に9海区に分け、それぞれの海区で音響測深調査を実施した。HS-300Fによる海底水深データ、測位データ等のデータは、各海区を南北方向に約5ノットで航行することで収録した。また、データ収録時にはデータの欠損海域が生じないようHS-300Fの操船支援システムによりデータが適正に収録されているかをモニター上でリアルタイムに確認し

た。収録したデータは同装置の操船支援ソフト、メッシュ編集ソフト、作図ソフトを用いて、調査海域の海底地形図(等深線図および陰影図)を作成した。なお、本システムのスワ幅(受信ビーム全体の横方向の幅)は120度であるが、左右端の収録データには異常値が多く見られたため、海底地形図の作図には真下方向を中心に90度範囲の収録データを用いた。作成した海底地形図と上述の調査結果から潮流と魚群形成位置の関係、海底地形がキンメダイの魚群形成に及ぼす影響について検討した。

表1 EK500におけるTS DETECTION MENUの設定値

Min. Value	- 50 db
Min. Echo Length	0.8 ms
Max. Echo Length	1.8 ms
Max. Gain Compensation	6 db
Max. Phase Deviation	2 step

表2 海底地形探査装置HS-300Fの主要性能

周波数	150 kHz
ビーム幅	1.0° 左右直下方向 1.0° 前後方向
探査幅	120°
測深分解能	2 cm
発射回数	最大32回/秒 (ただし水深10m以浅)
探査水深	最大600m
外部データ入力	測位, 船首方位, 動揺等
リアルタイム表示	等深線・等反射強度, 3次元等

結 果

漁場環境と魚群形成量

各調査日における音響調査、釣獲調査及び海洋観測の結果を表3に、釣獲調査時の黒潮乖離距離と表層流速を図2に示す。黒潮が漁場に接近し、黒潮乖離距離が10.6~29.0 kmと小さい時には表層流速は2.0~3.1 ノットと速かった。一方、黒潮が漁場を迂回し、黒潮乖離距離が82.5~94.0 kmと大きくなると表層流速は0.7~1.0ノットと緩やかな流れとなった。黒潮乖離距離(x: km)と表層流速(y: knot)の間には $y = -0.024x + 2.990$ ($R^2 = 0.86$)という負の相関が見られた(表3、図2)。

表層流速と平均 s_A を図3に示す。表層流速が0.7~1.0ノットと緩やかな流れの時にはキンメダイの魚群形成量は大きくなり、平均 s_A は716.0~979.1 m^2/nmi^2 と大きな値を示した。一方、表層流速が2.0~3.1ノットと速い時には魚群形成量はわずかで、平均 s_A は112.6~350.6 m^2/nmi^2 と小さい値を示した。表層流速(x: knot)と平均 s_A (y: m^2/nmi^2)の間には $y = -346.65x$

+ 1102.3 ($R^2 = 0.71$)という負の相関が見られた(表3、図3)。

黒潮乖離距離と平均 s_A を図4に示す。黒潮乖離距離が10.6~29.0 kmと小さい時には平均 s_A は112.6~350.6 m^2/nmi^2 と小さな値を示した。一方、黒潮乖離距離が82.5~94.0 kmと大きい時には716.0~979.1 m^2/nmi^2 と大きな値を示した。黒潮乖離距離(x: km)と平均 s_A (y: m^2/nmi^2)の間には $y = 9.915x - 6.47$ ($R^2 = 0.86$)という正の相関が見られた(表3、図4)。

平均 s_A と釣獲調査におけるCPUEを図5に示す。キンメダイの魚群形成が見られず、平均 s_A が112.6~350.6 m^2/nmi^2 と小さい時にはCPUEも0~3.6尾/回と小さかった。一方、キンメダイの魚群反応が顕著に見られ、平均 s_A が716.0~979.1 m^2/nmi^2 と大きな値を示した時には、CPUEは27.4~50.1尾と大きくなった。平均 s_A (x: m^2/nmi^2)とCPUE(y: 尾/回)の間には $y = 0.047x - 7.488$ ($R^2 = 0.86$)という正の相関が見られた(図5)。

海洋観測(8調査中2回欠測)で得られた水深別水温(好漁時 N=3, 不漁時 N=3)を図6に示す。好漁時の平均水温は0mで22.7、50mで21.4、100mで18.8、150mで15.0、200mで12.4、250mで11.0であった。一方、不漁時の平均水温は0mで24.1、50mで22.8、100mで20.4、150mで16.9、200mで15.0、250mで13.3であった。好漁時と不漁時の水温差は0mで-1.4、50mで-1.4、100mで-1.6、150mで-1.9、200mで-2.7、250mで-2.3といずれの水深帯の水温も好漁時は不漁時に比べて低い傾向が見られた。また、好漁日の主たる漁獲水深帯(200~250m)の水温は10.3~13.6と低かったのに対し、不漁日の

表3 音響調査、釣獲調査及び海洋観測の結果

釣獲調査不漁時(N=5)					
	2002/10/17	2003/8/20	2003/9/10	2004/11/24	2005/4/18
平均 s_A (m^2/nmi^2)	153.4	350.6	112.6	163.5	181.6
CPUE(尾/回)	0.0	1.0	0.4	3.6	0.0
黒潮乖離(km)	26.2	17.4	10.6	23.8	29.0
流向	北東	北東	北北東	東北東	北北東
表層流速(knot)	2.5	3.1	2.4	2.0	2.5
200m水温()	no data	12.8	no data	16.5	15.8
250m水温()	no data	10.3	no data	14.3	15.5
200m塩分(‰)	no data	34.4	no data	34.6	34.6
250m塩分(‰)	no data	34.2	no data	34.4	34.5

釣獲調査好漁時(N=3)			
	2004/11/18	2005/5/26	2005/6/29
平均 s_A (m^2/nmi^2)	977.7	716.0	979.1
CPUE(尾/回)	27.4	30.0	50.1
黒潮乖離(km)	82.5	94.0	88.2
流向	北東	西北西	北西
表層流速(knot)	0.7	0.8	1.0
200m水温()	13.6	11.3	12.1
250m水温()	11.9	10.3	10.9
200m塩分(‰)	34.4	34.2	34.3
250m塩分(‰)	34.3	34.2	34.2

同層の水温は2003年8月20日(10.3~12.8)は低かったが、その他の調査日の水温は14.3~16.5と高かった(図6)。次に、水深別塩分(好漁時 N=3, 不漁時 N=3)を図7に示す。好漁時の平均塩分は0mで34.3、50mで34.4、100mで34.4、150mで34.4、200mで34.3、250mで34.2であった。一方、不漁時の平均塩分は0mで34.2、50mで34.4、100mで34.5、150mで34.6、200mで34.5、250mで34.4であった。好漁時と不漁時の塩分差は0mで0.09、50mで-0.02、100mで-0.09、150mで-0.15、200mで-0.24、250mで-0.14であり、主たる漁獲水深帯である200~250m層の好漁時の塩分は不漁時に比べて低い傾向が見られた(図7)。

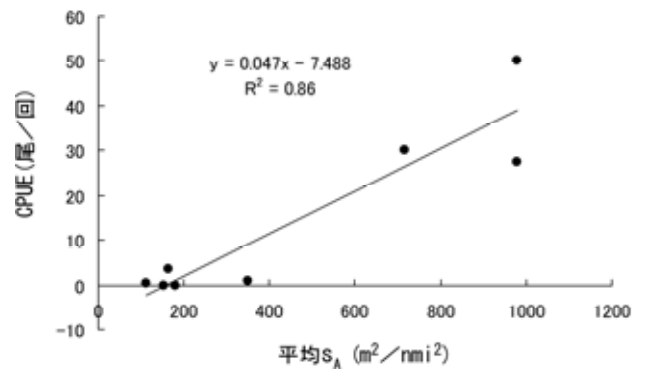


図5 平均s_AとCPUEの関係

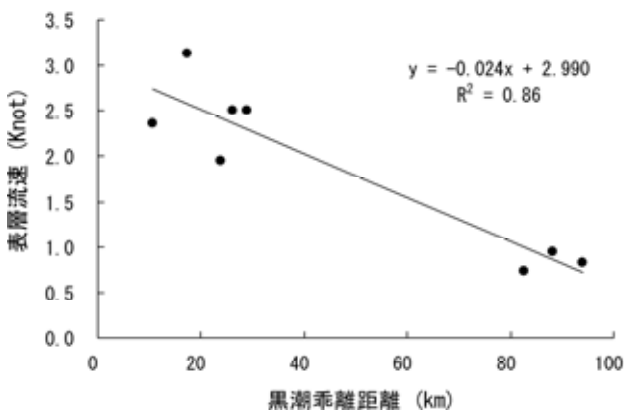


図2 黒潮乖離距離と表層流速の関係

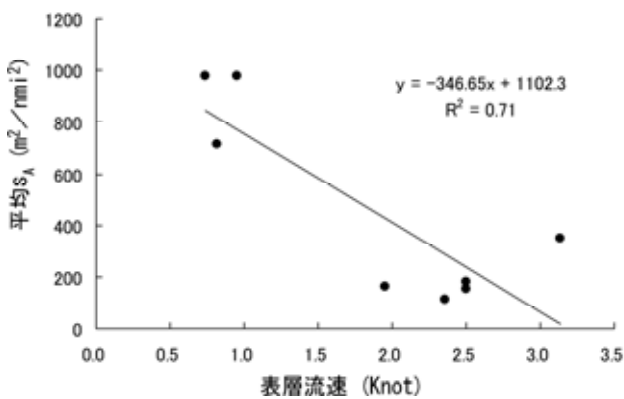


図3 表層流速と平均s_Aの関係

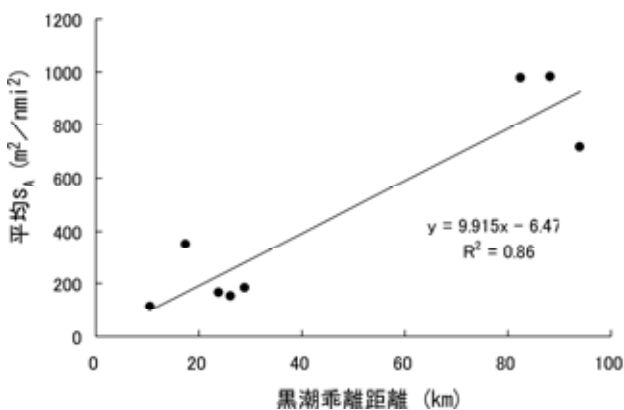


図4 黒潮乖離距離と平均s_Aの関係

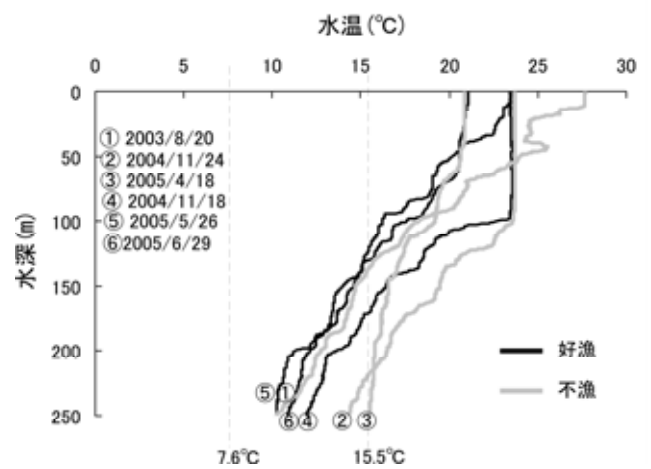


図6 漁場における水温の鉛直分布

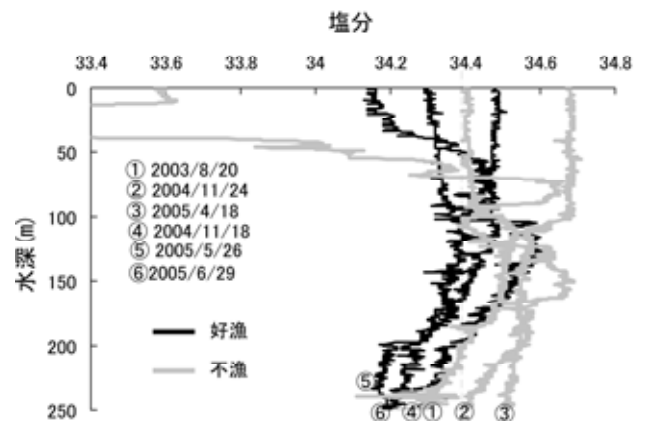


図7 漁場における塩分の鉛直分布

漁場の海底地形

海底地形探索装置によって作成した調査海域の海底地形図（等深線図）を図8に示す。三宅島及び御蔵島周辺の海底地形は火山地形特有である多数の小海丘（高まり）に象徴される（図1）¹³⁾。調査海域である第2大野原海丘（三本ナカンバ漁場）はそのような小海丘の1つと言える。第2大野原海丘の南東～南～南西～西側にかけては、水深1,000 mからの急峻な高まりが顕著に見られるが、海丘の東側には第1大野原海丘、北東には神津中瀬が位置し、海丘の東～北側にかけては比較的緩やかな傾斜面が続く（図1）。このうち本研究では第2大野原海丘の北側の小海丘を中心とした3マイル四方を海底地形探査した。

海底地形探査装置HS-300Fの探査限界は水深600mであるが（表2）、調査海域では最浅部の水深215mから最深部の水深573 m（海丘北西部）までの水深データが得られた。調査海域の中心にある水深230 m以浅の海丘山頂部（図8：A）は比較的平坦で、南北方向に約550

m、東西方向に約1,150 mの細長い三角の形状をしていた。海丘山頂部の南側は緩やかな斜面が広がり、海丘山頂部を含めた水深300 m以浅の海丘中心部（図8：B）は南北方向に約2,650 m、東西方向に約1,800 mと広範な広がりを見せた。海丘中心部内には9箇所の高まり（比高17～32 m）が見られた。また、これら海丘中心部（B）とは別に、小規模な高まり（比高約31～71 m）が海丘山頂部（A）の南東方向、約1,000 mに1箇所（図8：C）北東方向、約650～1,750 mに2箇所（図8：D-1、D-2）存在した。これら海丘中心部（B）及び地形の高まり（C）及び（D-1、D-2）に囲まれた区域は凹地形（図8：E）を形成しており、谷部と山頂部との比高は約186mあった。また、海丘中心部（B）と地形の高まり（C）の間には北北西方向に約1,800m延びる細長い谷地形（図8：F）が見られた。さらに、海丘中心部（B）の北～東側には北西方向に約2,000 mに及ぶ断層が見られ、当該部分は比高約100mという非常に急峻な傾斜面を構成していた（図8）。

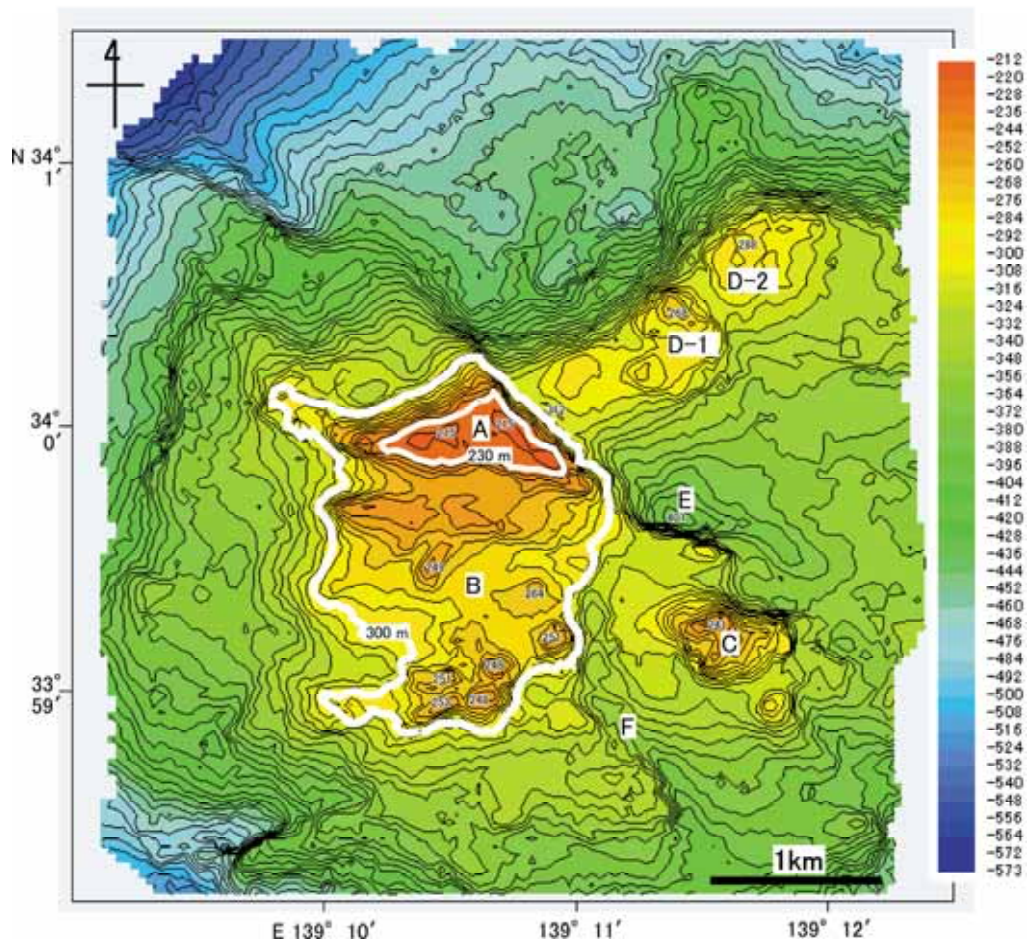


図8 調査海域の海底地形図（等深線図）

潮流と魚群形成位置

釣獲調査において好漁となった2004年11月18日、2005年5月26日、6月29日における潮流の流向流速、及び音響調査における各海区の s_A を図9に示す。好漁時の流向は西北～西北西の時が2回、北東の時が1回あったが、いずれの日も流速は0.7～1.0ノットと小さかった。いずれの調査日においても s_A が $4,000 \text{ m}^2 / \text{nmi}^2$ を越えたのは1～2海区だけで、その他の海区は s_A が $1,000 \text{ m}^2 / \text{nmi}^2$ 未達がほとんどで、キンメダイ魚群は海山に局所的に分布していた。また、魚群は海丘の潮上方向に形成される傾向が見られた(図9)。

考察

流速、水温、塩分と魚群形成量

本研究では黒潮が漁場に接近して黒潮乖離距離が小さくなると、漁場の表層流速は速くなり、それに伴ってキンメダイの平均 s_A は減少した。一方、黒潮が漁場を迂回して黒潮乖離距離が大きくなると、表層流速は遅くなり、平均 s_A は増加した(図2、3)。また、黒潮乖離距離と平均 s_A の間には正の相関が見られ、釣獲調査におけるCPUEは平均 s_A の増減に連動した(図4、5)。以前、秋元⁴⁾は当該漁場で立縄釣り調査を実施し、黒潮乖離距離(x: km)とキンメダイの釣獲尾数(y: 尾)

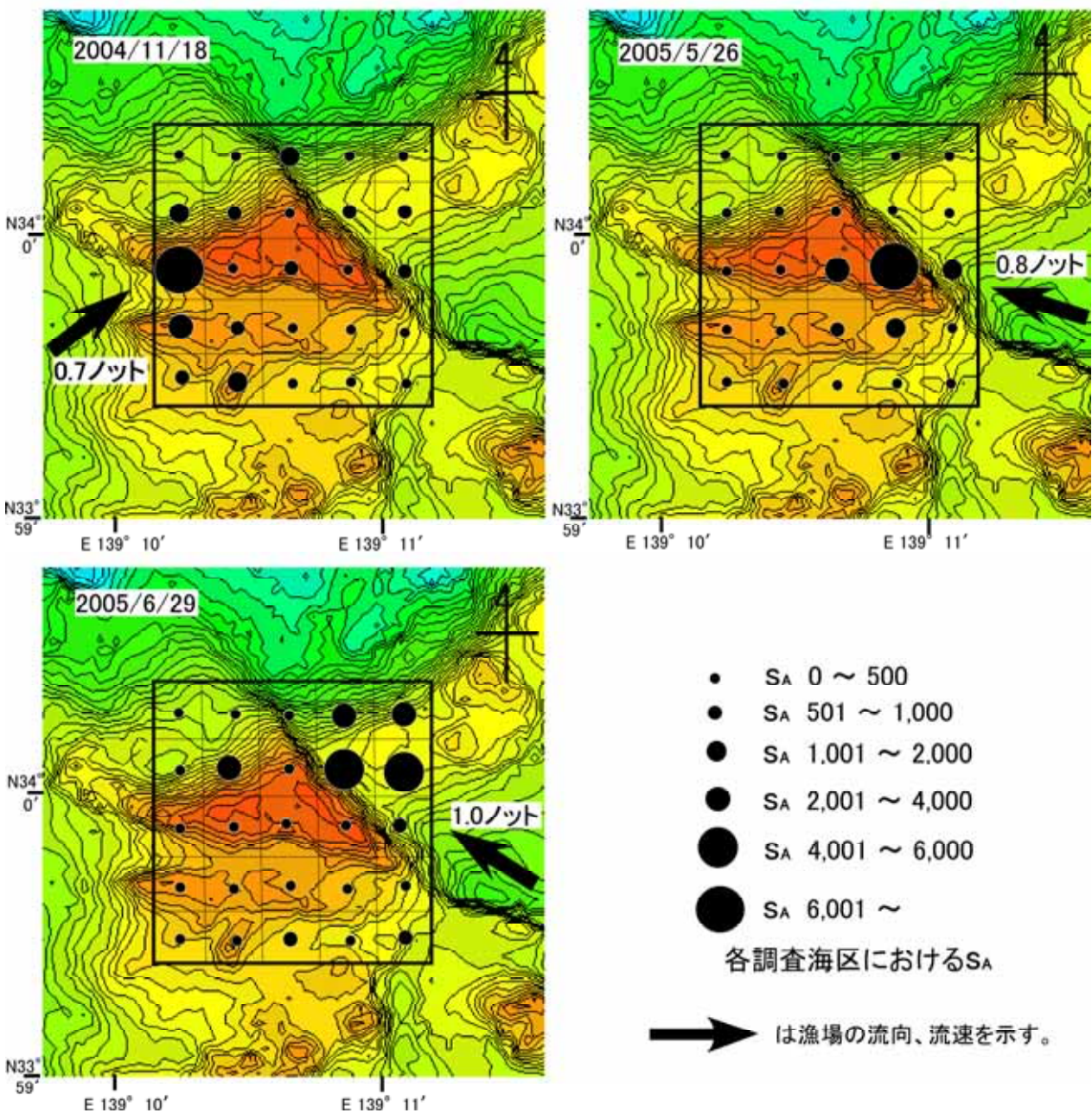


図9 好漁時におけるキンメダイ魚群形成位置

の間に $y = 1.557x + 17.472$ ($R^2 = 0.76$) の正の相関が見られることを報告しているが、本調査の結果はこれとよく一致した。

静岡県¹⁴⁾は黒潮強流時のキンメダイ不漁の原因について、操業が困難になるばかりではなく、漁場から魚群反応が消えてしまうことを指摘している。本研究においてもその傾向は顕著に見られ、流速が2.0~3.1ノットと速い時には平均 s_A は112.6~350.6 m^2/nmi^2 と低い水準にあった。このことから黒潮接近に伴うキンメダイの不漁は、漁具の影響というより漁場環境の変化によりキンメダイの魚群形成量自体が減少してしまうことが主原因と考えられた。

Galaktionov¹⁵⁾はキンメダイが海底上で魚群形成する時間は、潮流の速さに強く関連し、その時間は摂餌条件によって変化することを報告している。それによると魚群形成時間は1~1.5ノットの緩流下では摂餌効率がよいため1~2時間と短い、2ノットを越えると餌生物の発生量が少なくなり、魚群形成時間は3.5~4時間まで増加するとしている。このように漁場の流速は餌生物の発生量に影響し、魚群形成量や魚群形成時間に影響を与えられられる。

黒潮(2ノット以上の強流)の幅は30マイル程度とされるが、その厚みは深く600~700mの深さでも1~2ノットになることは珍しくない¹⁶⁾。このため、黒潮が漁場に接近した場合はその影響から漁場の水温及び塩分は高くなることが予想される。本研究でも各水深帯でその傾向が見られたが、特に、主な漁獲水深帯である200~250m層では黒潮が漁場に接近した不漁時は好漁時に比べて2.3~2.7 水温が高く(図6)、この値は既報⁴⁾の好不漁時における水温差2.7(水深200m)と類似した。Galaktionov¹⁵⁾は7.6~15.5の水温帯にキンメダイ魚群が分布することを報告している。本調査でも好漁時の200~250m層の水温はいずれも7.6~15.5の範囲の中央にあったが、不漁時の同層の水温は2003年8月20日を除き、いずれも分布水温の上限付近にあった。一方、200~250m層の塩分は、黒潮が漁場に接近した不漁時は好漁時に比べて0.14~0.24 塩分が高かった(図7)。

本調査および既報⁴⁾の結果から好漁となる漁場の海況条件を検討すると、流速は1.5ノット以下、200m層の水温は15.5以下、200m層の塩分は34.4以下の条件が重なるほど好漁が期待できると考えられた。

海底地形と魚群形成

Vinnichenko⁸⁾は北大西洋の海山で音響調査を行い、キンメダイの魚群形成様式を月明(照度)と海山周辺の潮流の流動パターンから5つに類型化している。それによれば、キンメダイは摂餌のため日没から日の出まで(夜間)魚群形成するが、魚群形成量は海山周辺に強い湧昇流あるいは下降流が発生している時に大きく、

鉛直的な水の混合がない時には小さいことを報告している。このことは、海山周辺に発生した湧昇流によってキンメダイの餌となるエビ類、オキアミ類、ハダカイワシなどの中深海魚類の出現量が増し、その結果キンメダイの魚群形成量も大きくなることを示唆している。本研究において好漁時の潮流は北西、西北西、北東と流向は異なったが、いずれの調査日も1ノット以下の緩流が観測された(表3)。また、キンメダイの魚群分布は海丘山頂部に均一には分布せず、海丘部の潮上付近に集中した(図9)。すなわち、2004年11月18日は海丘中心部(図8:B)西側の小規模な谷部に潮流が流れ込んだ所に、2005年5月26日は凹地形(図8:E)から海丘山頂部(図8:A)の急斜面部に潮流が流れ込んだ所に、2005年6月29日は凹地形(図8:E)から海丘山頂部(図8:A)と北東の高まり(図8:D-1)の間に潮が流れ込んだ所に大きな魚群形成が見られた(図8、9)。これらの場所はいずれも両側が高まり(尾根)によって挟みこまれた地形をしており、ここに緩流が流れ込むことで湧昇流が発生したと考えられた。当該漁場を操業する漁業者への聞き取りによると、当該漁場では西~北西向きの緩流が流れ込む時に好漁が期待できるということであった。調査海域の海丘中心部(図8:B)の東、及び南東には高まりに挟みこまれた箇所(図8:F、E)があり、こういった海底地形の部分に緩流が流れ込むと湧昇流が発生し、それによりキンメダイの魚群形成を促進すると考えられる(図10)。

調査海域付近の大野原島、イナンバなど海面上に漁礁の突き出ている漁場では、一般に流れの下も手にあたる島背に生じる湧昇部辺縁の収束線付近に魚群の集まる「たまり場」が形成される¹⁷⁾。本研究においてもキンメダイ魚群は海丘の潮上部の湧昇流が発生した箇所に出現したと考えられる。一般に湧昇水域は生産力が高く、好漁場を形成することが知られている(ナタンゾーンの法則)¹⁷⁾、キンメダイの漁場形成位置も潮流の流向、海底地形から湧昇流の発生位置が予想できれば、ある程度の精度で推定できると考えられる。

海山山頂部におけるキンメダイ魚群量

音響調査を実施した1マイル四方の海域に分布したキンメダイ魚群量を、平均体長29.7cm、平均体重587.9g ($BW = 0.0177FL^{3.07}$, FLは尾叉長)¹⁸⁾、TS -33.6db ($TS = 20 \cdot \log FL - 66.10$)⁹⁾の条件で計算した。その結果、平均 s_A が最大であった2005年6月29日の魚群量は209.4t、平均 s_A が最小の2003年9月10日の魚群量は24.1tと推定された。当該漁場のキンメダイ魚群量に関しては、東京都¹⁹⁾は第2大野原海丘内付近のキンメダイを主体とした生物現存量を約500t、小松ら²⁰⁾は188.4~192.8t(71haで39~39.9t)と試算している。東京都の事例については調査海域面積に関する情報が無いことから比較ができないが、小松らは本調査とほぼ同一の

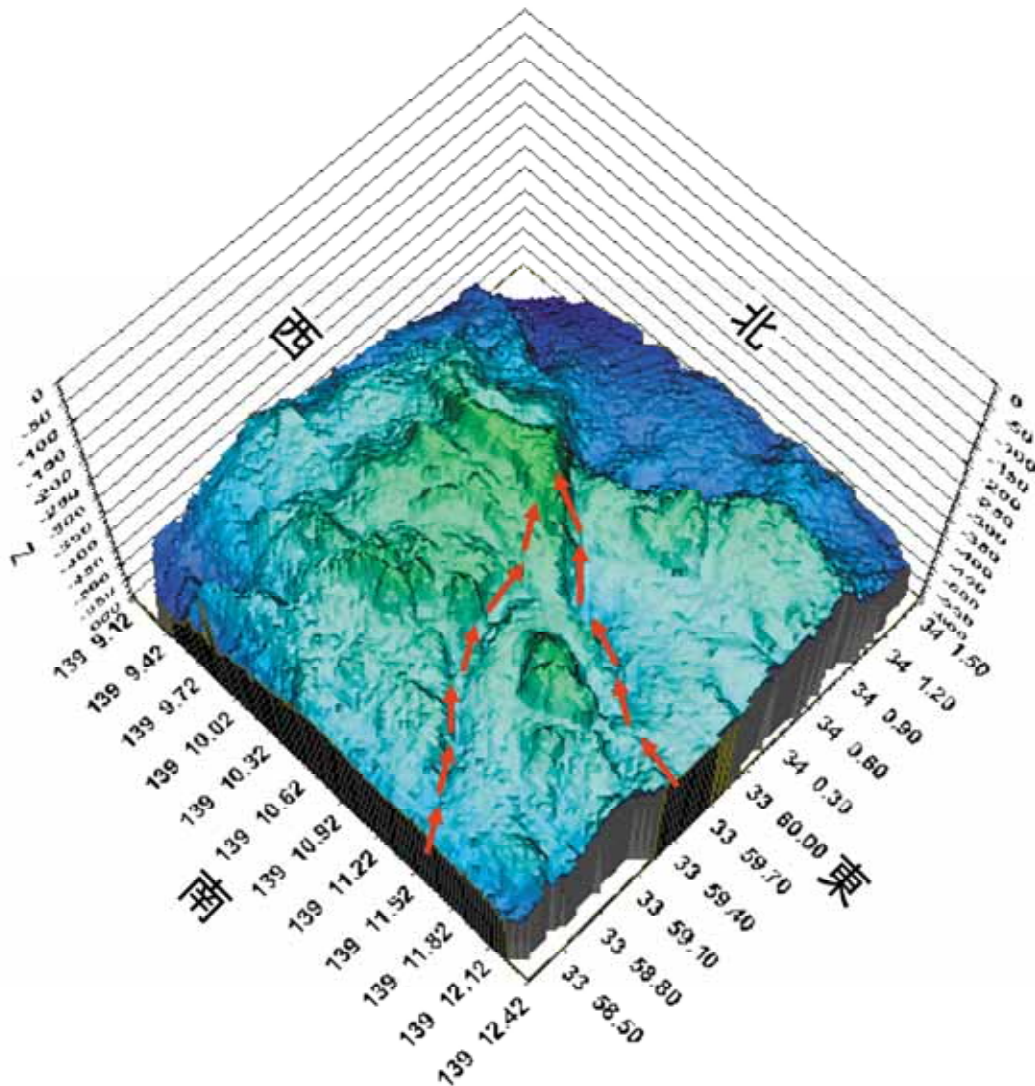


図10 調査海域の海底地形図（陰影図）
赤の矢印は湧昇流と魚群形成のイメージを示す。

海域で音響調査を実施している。小松らの推定魚群量と本研究の平均 s_A が最大時の推定魚群量は類似しており、キンメダイの魚群形成に適した海況下では海丘山頂部（1マイル四方）には200 t 前後のキンメダイ魚群が出現すると考えられる。

しかし、本調査では調査日により推定魚群量に最大8.7倍の差が見られた。このため漁場の魚群量を推定し、これにより資源の適正な管理を行っていくためには、異なる海況下で音響調査を重ね、魚群量の変動範囲を正確に把握していくことが重要である。

謝 辞

本研究を実施するにあたり、EK500及びBI500の使用に関して日本海洋株式会社の中野健一氏及び龍田隆明氏に、HS-800Fの使用に関して古野電気株式会社の森松秀治氏及び尾崎照幸氏にご指導いただきました。みうら漁業協同組合の宮川満氏には海況と立縄釣りの操業効率に関して貴重なご意見をいただきました。また、本研究所調査船江の島丸の乗組員には調査に終始ご協力いただきました。ここに記して、心から感謝申し上げます。

引用文献

- 1) 本多仁・池上直也・米沢純爾・秋元清治・飯田益生・明神寿彦・清水学(2004)：日本周辺におけるキンメダイ *Beryx splendens* の生物学的特性と漁業の実態, 黒潮の資源海洋研究, 5, 111-119.
- 2) 増沢寿・倉田洋二・大西慶一(1975)：キンメダイその他底魚類の資源生態, (社)日本水産資源保護協会, 東京, 1-71.
- 3) 秋元清治(2004)：伊豆諸島周辺海域におけるキンメダイの漁況予測, 黒潮の資源海洋研究, 5, 71-76.
- 4) 秋元清治(2005)：黒潮流路の変化がキンメダイの釣獲効率に及ぼす影響, 神水研研報, 10, 99-103.
- 5) 秋元清治(2006)：黒潮と漁場の距離から推定する立縄釣り漁船のキンメダイ漁獲量と採算分岐点, 神水セ研報, 1, 15-20.
- 6) 秋元清治(2002)：伊豆諸島周辺海域及び東京湾口部漁場におけるキンメダイの漁獲と年齢の関係, 神水研研報, 7, 47-51.
- 7) 大下誠二(2001)：漁業から独立した資源量推定法音響学的方法, 平成12年度資源評価体制確立推進事業報告書, (社)日本水産資源保護協会, 東京, 190-212.
- 8) VINNICHENKO VI (1997) Vertical Diurnal Migrations of the Slender Alfonsino *Beryx Splendens* (Berycidae) at the Underwater Rises of the Open North Atlantic, J. Ichthyol., 37, 438-444.
- 9) 小埜田明(2006)：懸垂法によるキンメダイのターゲットストレングス測定, 平成17年東島農水セ成果速報, 38.
- 10) 独立行政法人水産総合研究センター(2004)：水産音響資源調査マニュアル, 3-4.
- 11) 東京都・千葉県・神奈川県・静岡県(1985～)：一都三県漁海況速報, No. 1～.
- 12) 森松秀治(2004)：水中音響 - 音で海を見る マルチビーム方式による海底地形探査装置について, 計測と制御, 43, 344-347.
- 13) 海上保安庁水路部(1996)：5万分の1沿岸の海の基本図海底地形地質調査報告, 30-35.
- 14) 静岡県水産試験場(1986)：キンメダイの資源補給に関する研究 静岡県水試伊豆分場資料173号, 静岡県水試伊豆分場, 下田, 33.
- 15) GALAKTIONOV GZ (1984)：Features of the schooling behavior of the Alfonsina, *Beryx splendens* (Berycidae) in the thalassobathyal depths of the Atlantic Ocean, J. Ichthyol., 24, 148-151.
- 16) 和達清夫監修(1960)：海洋の辞典, 東京堂, 東京, 214-219.
- 17) 宇田道隆(1960)：海洋漁場学, 恒星社厚生閣, 東京, 33-112.
- 18) 神奈川県(2002)：平成3年度資源管理型漁業推進総合対策事業報告書, 43.
- 19) 東京都水産試験場(2003)：平成13年度東京都水産試験場事業報告書, 9.
- 20) KOMATSU T, MITANA I, ISHIDA K, INAGAKI T, HAMANO A (2002)：Assessment of *beryx splendens* biomass around the Nakanba Seamount in the Izu Archipelago, Japan, by echosounder, Fisheries Sci., 68, Supplement I, 429-430.