ａ　課題名

平成 27 年度水産基盤整備調査委託事業
有用魚種の行動解析に基づく漁場整備の検討

ｂ　実施機関及び担当者名　一般財団法人 漁港漁場漁村総合研究所
第 2 調査有研究部　伊藤　靖、松本　卓也

（ｃ以降については、メダイ編・ウスメバル編で記載）

Ⅰ．メダイ編

ｃ　ねらい

メダイは、日本周辺のほとんどの各地に分布するが、島の多い関東、長崎、山口、島根などの深海中層（150～400m）に多く分布し、島根県・山口県外海海域マスタープランの指標種となっている。しかし、成長に伴い大きく移動・回遊することから、人工魚礁およびその周辺における移動経路や滞留状況といった行動特性に関しては不明な部分が多く、効果的な魚礁の構造や配置計画について明らかになっていない。

このため、本事業では、メダイの資源増大を図るために、着底後のメダイ（未成魚から成魚）を対象として、既存知見を整理するとともに、個体の移動経路や滞留状況を把握するためのバイオテレメトリー調査等によって把握した魚礁およびその周辺の行動特性に基づいた漁場整備を検討する。

本年度では、メダイに関する既往知見を収集、整理し、バイオテレメトリー調査のために適切な発信機の装着方法を検討した。

1　調査海域

装着試験は、図-1 に示す五島西沖約 40km の人工マウンド礁で漁獲されたメダイを用い、五島市椛ノ浦漁港で実施した。

図-1　調査地点

2　工程

業務工程は、表-1 に示すとおりである。

表-1　業務工程

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
計画、準備									
既往知見の収集・整									
装着試験									
報告書作成									

d　方法

1　既存知見の収集と整理

メダイの生活史・成長・成熟・餌料等について文献を収集し、整理した。

2　バイオテレメトリー調査方法の検討

(1) 装着試験

①　工程

装着試験の工程は、表-2 に示すとおりである。

表-2　装着試験の工程

月	4 月										5 月									
				25					30						5					10
採捕			■																	
装着				■																
経過観察				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			

②　供試魚の採取

五島西の人工マウンド礁（水深 150m）で平成 27 年 4 月 23 日に釣りにより採捕した。採捕時の天候は晴れ、波高 1 m 程度で表層水温は 16.8℃であった。

釣獲水深は 120～140 m であった。釣獲時のメダイの外観には損傷がなく、比較的元気良く跳ねた。体表からの粘液が多く、粘液をなるべく剥がさないようにタモ網は使わず、全個体で空気抜き(肛門より管を挿入し、腸内に溜まった空気を抜いた)を行い船槽に入れた。運搬時のスレの状態は不明であるが、空気抜きをしても横転したままの個体は帰港までに死亡した。帰港後生残した 3 尾を試験に用いた。

③　供試魚の蓄養方法

漁港内の浮き桟橋から網籠(直径 1.3 m、高さ 1.1 m、目合い 16 mm)を概ね水深 1 m に垂下し、メダイ 3 尾を収容した(写真-1)。水温は、水温計(日本動物薬品社製)を用い、海面の水温を実験期間において、発信機装着時および夕方の 2 回、2 日目以降は午前中に 1 日 1 回測定した。

写真-1　メダイの蓄養状況

④ 発信機（模擬）の装着試験

装着試験には、実際の追跡調査に使用する発信機（VEMCO 社製、V9p-1H）と同じ大きさ（φ9 mm、全長 40 mm、水中重量 2.7 g）になるようにアクリルパイプ等で作成した模擬機を用いた。

装着方法は、腹腔内装着、外部装着、無標識の 3 ケースで行い、1 ケースあたり 1 尾のメダイを供し、全長はそれぞれ、51 cm、64 cm、66 cmであった。

腹腔内挿入：麻酔薬(2-フェノキシエタノール) 0.15ml/L（水温 18℃)になるように調整し、エアレーションした水槽内で 7 分麻酔し、メダイの反応が鈍くなったことを確認した後(写真-2)、腹腔を切開し、模擬発信機を挿入して、縫合糸((株)秋山製作所製、ブレードシルク）と縫合針（(株)秋山製作所製、外科用強弯角針）により 2 針、縫合した(写真-3、写真-4)。縫合後は、メダイを 30 分間薬浴させた。

外部装着：麻酔をせず、尻鰭基部に模擬発信機を取り付けた(写真-5)。

無標識個体を含め、いずれのメダイも鱗が剥がれ、体側や鰭にスレがみられた。また、粘液の分泌はほとんど認められなかった。

写真-2 麻酔時の状況

写真-3 手術状況(腹腔内装着)

写真-4 腹腔内装着後の縫合

写真-5 外部装着状況

3 メダイ成魚・未成魚に関する行動実態調査計画の作成

1～2 の結果に基づき、次年度以降に実施するメダイ未成魚・成魚の行動実態調査計画案を作成した。

e　結果

1　既存知見の収集と整理

(1)　分類、形態および分布

メダイ *Hyperoglyphe japonica* は、スズキ目イボダイ科メダイ属に属し、大きい眼が特徴である。成魚の背の色はグレーがかった褐色だが、幼魚・若魚は青っぽい。体表から多量の粘液を出す[1)]。

形態はやや延長し、側扁する。老成するにつれて、体高に対する体長の割合が大きくなる[2)]。

北海道以南の水深 100 m 以深に分布し、幼魚は流れ藻に着く。主に水深 100～200 m 付近で釣られるが、水深 40～50 m 程度の岩礁域で釣られることもある。また、水深 400 m のキンメダイ釣りで混じることがあることから、遊泳層はかなり幅広いものと考えられている[1)]。

島根県ではメダイの漁獲量の 90%近くが釣漁業によって占められている。早朝に出港して漁場に向かい、夕方帰港する昼釣りが、水深 100～125 m の人工魚礁帯で行われ[3)]、釣獲されたメダイは「活けしめ」されている[4)]。

(2)　生活史

日本海西部のメダイの生活史に関する知見を以下に示す。

①産卵

山口県日本海沿岸では 10～3 月[5)]、卵は球形で直径約 1.4 mm の浮性卵[6)]。

②稚魚期

福岡県宗像郡津屋崎では 6 月に出現[7)]、浜田沿岸および隠岐・島前海域では 5 月から 7 月に出現[8)]、成長速度は 3.4 mm/日[9)]であり、流れ藻に随伴して来遊し、その後体長 20 cm程度に成長すると流れ藻から離脱する[8)]。

③成魚期

山口県日本海沿岸では漁獲サイズのメダイが周年水深 70～130 m の天然礁や魚礁に分布し、生息適水温が 21℃以下であることから、メダイの水深別分布および鉛直分布には水温の分布が大きく影響している[10)]。メダイの年齢別の尾叉長、体重を表-3 に示す。

表-3 メダイの年齢別の尾叉長、体重[11)]

年齢	尾叉長(mm)	体重(g)
1	342	699
2	465	1,835
3	558	3,265
4	629	4,760
5	683	6,169
6	724	7,414

(3)　食性

メダイは肉食性で、エビ類やオキアミ、イカ類、ハダカイワシ類などの小動物を摂餌する[6)]。

伊豆諸島近海における流れ藻につくメダイ幼魚の食性は、尾叉長 50 mm まではカイアシ類が圧倒的に多く出現し、50 mm を越えるとヤムシ類の出現率が高くなり、80 mm 位まではカイアシ類と共にみられ、80 mm を超すとカイアシ類はみられなくなる。また、一例ではあるが幼魚 3 尾(尾叉長 43～83 mm)がメジナの稚魚 21 尾(尾叉長 19～27 mm)を捕食していた[12)]。

なお、伊豆半島下田沖での体長 57～264 mm のメダイ幼魚の食性は、仔魚、魚卵、カイアシ類、長尾類、その他と報告されている[13)]。

東京都大島町波浮港に水揚げされたメダイ成魚の食性は、魚類、エビ類、イカ類、その他の大型プランクトンに大別でき、浮遊性または遊泳力の弱い種類であった。魚類では不明魚類およびホウネンエソ、ハダカイワン類等の小型魚とシギウナギの未成魚で、エビ類は深海性のチヒロエビ、サクラエビと小型の不明エビ類で占められていた。大型プランクトンは 20 余種に及ぶが、個体数ではヒカリボヤの出現が最も多く、次いで浮遊性腔腸動物、端脚類、異足類(ゾウクラゲ)が多かった[14)]。

また、長崎県対馬沖人工マウンド礁で漁獲されたメダイの胃内容物は、大半が空胃であったものの、少数の個体でみられた胃内容物のほとんどはクラゲ類であり、調査時にエチゼンクラゲの漂流が確認されていたことから、エチゼンクラゲを補食していた可能性が高いとされている。クラゲ類の他には、ヒドロ虫類、クラゲノミ科、ヒカリボヤ類が含まれていた[15)]。

(4) 移動

流れ藻に随伴したメダイ稚魚を採取し、日本海側で 2,970 尾(尾叉長平均 160 mm)にスパゲッティタグを装着し放流したところ、放流後 13 日～246 日目の間に 17 尾再捕された。これらの結果より、稚魚から成魚にかけての移動・回遊経路は、次のとおり想定されている[16)]。

①稚魚は流れ藻に随伴して、5～6 月頃に日本海西部海域に来遊し、成長に伴って生息水深を表層から 100～200 m に移しつつ、北上する。

②秋期～初冬期には東北沿岸域に達する。

③冬期には南下を開始し、春期には日本海西部海域に回帰する。

島根県・山口県外海海域水産環境整備マスタープランから日本海側のメダイの主要漁場と移動経路・産卵場は、図-2 に示すとおりである。

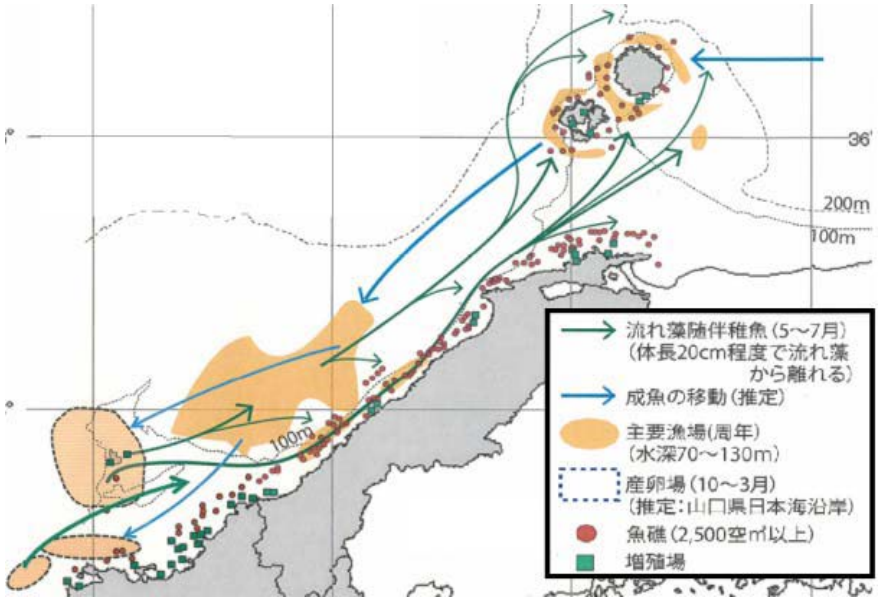


図-2　島根県・山口県外海域におけるメダイの漁場と移動経路 [17)]

流れ藻に随伴したメダイ稚魚の太平洋側での標識放流では、1968 年 7 月に東京都大島千波地先で 704 尾(平均尾叉長 222 mm)、同年 8 月に波浮港沖で 42 尾(平均尾叉長 251 mm)を放流した結果、千波地先で放流した個体のうち 3 尾が再捕され、放流当日再補された 1 尾を除き、1 尾は放流後 23 日に放流点から北方 5km の東京都大島岡田沖水深 100 m、1 尾は放流後 64 日に放流点から北方 33 km の静岡県川奈沖水深 60 m の地点で再捕された [14)]。

また、1969 年 5 月に静岡県御前崎南西約 60 km 沖の沖合で 312 尾(尾叉長平均 198 mm)を放流した結果、放流した翌日に、放流点から東方 53 km の地点で 1 尾再捕され、1969 年 6 月に東京都大島千波地先で 290 尾(尾叉長平均 182 mm)、東京都大島波浮港口で 25 尾(尾叉長平均 177 mm)を放流した結果、約半年後の間では再捕されていない [12)]。

上下移動については、成魚は水深 200 m から 400 m の海底近くに生息し、普段は海底の岩礁域に生息するが、日の出前後には中層へ浮上して摂餌することもあるとされていれる [6)]。

(5)　成熟

山口県日本海側沿岸域では、メダイの生殖腺塾度指数が 10～3 月に雄で 1.0～5.0、雌で 1.0～8.6 と高まり、この期間に雄の成熟個体および雌の発達中、成熟および産卵後の個体が確認され、雄の最小成熟個体が尾叉長 473 mm で、尾叉長 550 mm 以上では全て成熟しており、雌の最小成熟個体が尾叉長 573 mm で、尾叉長 600 mm 以上で GSI が大きな発達中の個体が多くなり、尾叉長 600 mm 以上で産卵に加わるものと考えられている [5)]。

太平洋側の伊豆諸島においても、産卵期が 11～1 月と推定され、尾叉長 500 mm 未満の個体はまず産卵に加わらないものとされている [12)]。

また、卵径 1.2～1.3 mm、油球は 1 個(径 0.3 mm)、油球の色は黄金色で卵膜には不定型の網目構造がみられ、卵黄は無色透明、卵黄粒はわずかに認められ、卵膜腔は狭い。また、同時に漁獲されたメダイ（尾叉長 692 mm、体重 6.6 kg、生殖

腺重量700 g)の卵巣中の完熟卵を重量法により推定50～60万粒とされている[12)]。

長崎県対馬沖の人工マウンド礁では、GSI と卵巣切片の確認により、11 月に成熟個体が確認され、孕卵数は全長 70 ㎝台で 120～150 万粒、全長 67 ㎝で 60 万粒、全長 63 ㎝では 20 万粒であった[15)]。

(6) その他（メダイに関する聞き取り結果）

① 島根県水産技術センター 岡本満氏への電話聞き取り（平成 27 年 5 月 7 日）

「岡本満・井岡久・内田浩(2012) 鮮度保持技術の開発に関する研究(しまねの魚を創る).平成 23 年度 島根県水産技術センター事業報告,50.」にある釣りによる漁獲と陸上水槽での蓄養の記載について、聞き取りを行った。

- 供試魚の漁獲海域は浜田沖（船で 1 時間程度の沖合の高層魚礁等）であった。
- 漁獲は漁師に依頼し、釣で漁獲、船上での空気抜きはしていなかった。
- 漁獲後、直ちに船槽に入れ、生きている個体のみ持ち帰った。
- 空気中に長時間さらすと苦悶し、粘液を出すので、空気に触れる時間は極力短くした。
- 水産技術センターには陸上水槽施設がないため、実験ではパンライト 1 t 水槽を用意し、港内の表層海水を汲み上げ、流水掛け流しとした。
- 蓄養尾数は多い場合には 10 尾を入れ、蓄養期間は 2～3 日で、尾数が集まれば、直ぐに実験を行った。
- 水温は、16～18℃になるとメダイが活発に動くようで、水槽壁面にあたり死んでしまうことがあると思われた。なお、蓄養期間中の最高水温は 17.4℃であった。一方、2 月の水温 10℃を切る時期では、じっとしておとなしかった。
- 地元漁協には活魚を蓄養するような施設はなく、実験当時は、生きたまま港に持ち帰り、船槽に蓄養し、活けしめして出荷することを想定していた。
- 現在、島根県ではメダイが全く獲れておらず、漁業者も別の魚種を対象とした漁法に変えている。

② 長崎県対馬市美津島漁業協同組合の釣漁業者への電話聞取り(平成 27 年 11 月)

メダイの漁獲状況について聞き取りを行った。

- 例年だと 8～11 月に釣れているが、今年はほとんど漁獲されていない。
- 理由はわからないが、対島の北のほうで少なくなっているようである。
- メダイ釣りは、水深 80～100 m の高層魚礁等で行っており、人工マウンド礁では、ここ 3 年ほどでメダイが減っており、ほとんど漁獲に行っていない。
- 人工マウンド礁は、小型旋網が利用している。
- 例年だと、1～2 月頃に 1 kg サイズの小型個体が入ってきて、8～11 月頃に 2 kg サイズになる。
- 1～2 月頃に 1 kg サイズのメダイが来遊してくれば操業を行う。
- メダイは、活魚できれいな状態で港まで持ち帰ることができ、以前、夏に蓄養したことがあるが、しばらくしたら虫が付いて駄目だった。
- 蓄養は、漁港内に網生簀を浮かべて行うことはできる。
- 美津島漁協より南の厳原漁協の方でもメダイの水揚げがあるとの情報があったため、厳原漁協本所および佐須支所に確認したが、ここ数年獲れなくなり、今年はほとんど獲れていない。また、厳原漁協では大型個体を漁獲しており、1～2 月に来る小型個体は漁獲していない。

2　バイオテレメトリー調査方法の検討

(1)　装着試験

試験期間中の水温は、16.9～18.6℃の範囲であった(図-3)。

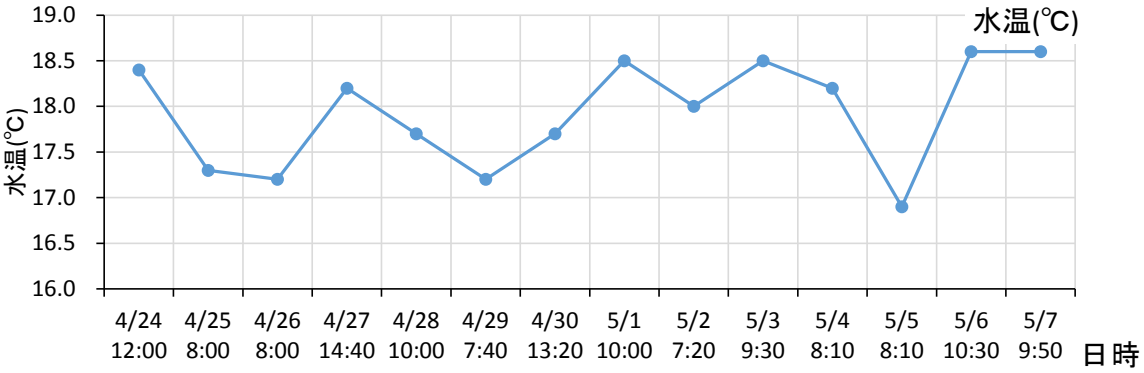


図-3　装着試験期間中の水温の推移

試験期間中のメダイの確認状況は、以下に示すとおりである。

・4 月 24 日 17:00(装着当日の夕方)

3 尾とも網籠内で正常な姿勢を保って遊泳していた(写真-6)。

・4 月 25 日 8:00(装着翌日の朝)

3 尾とも網籠内で正常な姿勢を保って遊泳しており(写真-7)、腹腔内挿入個体の縫合部は、表面の色が周辺部と同様になっており(写真-8)、外部装着個体の取り付け部位に異常は認められなかった(写真-9)。

写真-6　試験開始直後の確認状況

写真-7　装着翌日の確認状況

写真-8　腹腔内挿入個体(4 月 25 日)

写真-9　外部装着個体(4 月 25 日)

・4 月 26 日午前(装着から 2 日目)

腹腔内挿入個体は、正常な姿勢を保って遊泳していた。

外部装着個体、無標識個体の死亡が確認され、両個体ともスレによると思われる血が体側に滲んでいたものの、外部装着の装着部位については、傷の広がりといった異常は認められなかった(写真-10～13)。

写真-10 無標識個体(生存時)

写真-11 死亡した無標識個体

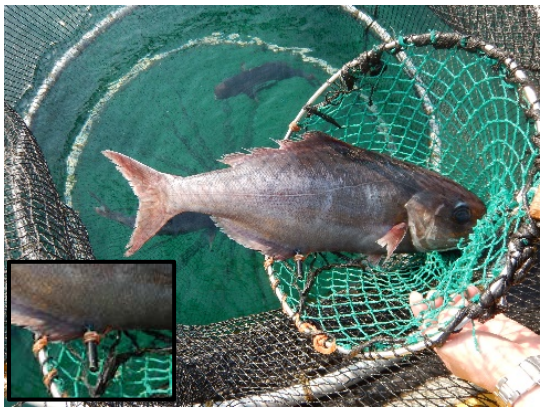


写真-12 外部装着個体(生存時)

写真-13 死亡した外部装着個体

・5 月 2 日午前(装着から 8 日目)

腹腔内挿入個体は、スレがみられるものの、正常な姿勢を保って遊泳していた(写真-14)。

写真-14 確認状況(5 月 2 日)

・5 月 7 日午前(装着から 13 日目)

徐々にスレが酷くなり、5 月 6 日にキビナゴを餌として与えたが摂餌せず、5 月 7 日に死亡が確認された。

死亡個体の状態を確認したところ、スレによると思われる血が体側に滲んでいたものの、手術位については、発信機の脱落、腐敗等の異常は認められなかった(写真-15～18)。

写真-15 腹腔内装着個体(生存時)

写真-16 腹腔内装着個体(縫合部)

写真-17 死亡した腹腔内装着個体

写真-18 死亡した腹腔内装着個体(縫合部)

蓄養に用いた籠が直径 1.3m、高さ 1.1m と供試魚のメダイの全長 51～66cm に対して小さかったことから、徐々にスレが酷くなったものの、腹腔内装着個体は約 2 週間生存していた。

このことから、メダイにおいて腹腔内挿入によるバイオテレメトリー調査を行うことは可能と考えられるが、釣獲・運搬・蓄養時におけるスレの防止対策が必要である。

また、装着試験時の水温が 18℃前後とメダイの生息適水温範囲(21℃以下)に収まっていたことからも、水温 21℃以下で蓄養を行うことが望ましいと考えられる。

f　今後の課題

1　平成 27 年度の調査で明らかになった点と次年度以降に向けた課題

27 年度調査で明らかになった点を黒字、不明点や課題を赤字で示す。

(1)　メダイの生活史の概要

島根県・山口県外海海域水産環境整備マスタープランでは、稚魚が流れ藻に随伴して、5～6 月頃に日本海西部海域に来遊し、成長に伴って生息水深を表層から 100～200 m に移しつつ、北上し、秋期～初冬期には東北沿岸域に達する。冬期には南下を開始し、春期には日本海西部海域に回帰するとされている。

また、周年水深 70～130 m の天然礁や魚礁に分布し、生息適水温が 21℃以下であることから、メダイの水深別分布および鉛直分布には水温の分布が大きく影響している[10)]。

上下移動については、成魚は水深 200 m から 400 m の海底近くに生息し、普段は海底の岩礁域に生息するが、日の出前後には中層へ浮上して摂餌することもあるとされている[6)]。

以上のことから、メダイの成長段階や季節により、移動距離が変わる可能性がある。また、魚礁および周辺海域での移動経路、滞留状況については不明である。

(2)　供試魚の採捕方法

供試魚の採捕方法は、(1) ②の結果から下記のとおりとする。

釣獲時、体表からの粘液が多いため、粘液をなるべく剥がさないようにタモ網は使わない。

腸内にガスが溜まるため、その場合には、肛門より管を挿入し、腸内に溜まったガスを抜くこととする。

運搬時にはスレを発生させないように、船槽へ入れる尾数や、運搬時の船速等を注意する。

釣獲した海域から発信機装着を行った漁港までの距離が離れており、運搬中にスレ等が発生していたことから、採捕海域から発信機装着場所までの運搬距離の短い海域が望ましい。

また、聞き取りにより漁獲量が減っており、供試魚の確保には、メダイの来遊量に左右される問題が挙げられる。

(3)　発信機の装着方法

発信機の装着方法は、装着試験の結果から下記のとおりとする。

漁獲海域から装着場所までの運搬距離が短く、蓄養場所が確保できる場合、装着方法は、腹腔内装着とし、放流の前日に行うこととする。

但し、生息適水温が 21℃以下であることから、21℃以下で蓄養を行うことが望ましく、蓄養生簀も大型のものを用いるか、尾数が少ない場合には胴丸籠を利用することも考えられる。

蓄養場所および生息適水温以下を確保出来ない場合、運搬距離が長い場合など

は、釣獲後、船上で発信機を外部装着し、直ちに放流することとする。

(4) 放流方法

日本海西部海域では、水深 70～130 m の大水深にメダイが分布しており、また、魚体サイズも大きいことから、籠網を用いた垂下時のスレの影響を考慮し、放流は海面で行うこととする。

2 平成 28 年度以降の調査計画（案）

以上のことを踏まえて、平成 28 年度以降の調査の目的、方法を下記のとおり計画する。

(1) 目的

メダイは、日本海側西部では、稚魚が流れ藻に随伴し、成長に伴って生息水深を表層から 100～200 m に移しつつ、季節的に移動回遊し、生息適水温が 21℃以下で、水深 70～130 m の天然礁や魚礁に分布するとされている。しかし、魚礁およびその周辺での移動経路・滞留状況には不明な部分が多い。

効果的な魚礁の構造や配置計画といった漁場整備を検討するためには、ⅰ）バイオテレメトリー調査等によって魚礁や周辺の行動特性を把握し、ⅱ）蝟集状況等についても把握する必要がある。

(2) 方法

① メダイの行動特性の把握

(1) 供試魚の採捕

メダイを採捕する際、水深が深くなるほど水圧差により、腹が膨張する。また、メダイは体表より粘液が出る。そのため、f.1(2)に示した方法により、供試魚を採捕する。

(2) 連続型追跡調査

着底後の 1 歳以上のメダイを対象に、発信機を腹腔内に装着し、1 昼夜もしくは 3 昼夜野の連続型追跡を実施する。

なお、個体が海域を大きく移動する可能性が生じた場合には、外部標識による標識放流も併用する。

② メダイの蝟集状況等の把握

(1) 計量魚探調査

人工魚礁および周辺海域において科学計量魚探により、蝟集状況を定量的に把握する。同時に釣獲や ROV 等により、魚類の蝟集状況を確認する。

(2) 釣獲調査

異なる魚礁・水深帯で釣獲調査を実施し、メダイの全長、尾叉長を計測し、体重、生殖腺重量を秤量する。

また、胃内容物を分析し、メダイの餌料生物を把握する。

③ 環境調査

メダイの生息適水温が 21℃以下であることから、各調査時に、海面から海底までの水温を測定し、水温の鉛直分布を把握する。

〈引用文献〉

1) 石川皓章(2010). 海の魚大図鑑. 株式会社日東書院, pp399.
2) 阿部宗明・本間昭郎(1997). 現代おさかな事典　漁場から食卓まで. 株式会社エヌ・ティー・エス, pp.1196.
3) 森脇晋平・寺門弘悦・安木茂・佐々木正(2013). 沿岸漁業の複合経営に関する研究-Ⅴ -島根県沿岸海域におけるメダイ釣漁業の実態と漁況-. 島根県水産技術センター研究報告, 5, 13-18.
4) 岡本満・森脇和也・清川智之・藤川裕司(2011). 釣獲されたメダイの鮮度実態と船上における致死方法の検討. 島根県水産技術センター研究報告, 3, 47-53.
5) 河野光久・繁永裕司(2011). 山口県日本海沿岸域におけるメダイの成熟および産卵. 山口県水産研究センター研究報告, 9, 99-103.
6) 東京都島しょ農林水産総合センター. http://www.ifarc.metro.tokyo.jp/27,1057,55,227 .html
7) 内田恵太郎・庄島洋一(1958). 流れ藻に関する研究・流れ藻に伴う稚仔魚-Ⅰ, 昭和 32 年度の通屋崎附近における調査. 日本水産学会誌, 24(6)&(7), 411-415.
8) 森脇晋平・為石起司・齋藤寛之・古江幸治・若林英人(2005). 島根県沿岸の流れ藻に付随する魚類の出現特性. 島根県水産試験場研究報告, 12, 33～42.
9) 小林知吉(1998). 山口県の日本海沿岸におけるメダイ *Hyperoglyphe japonica* の稚魚および未成魚. 山口県外海水産試験場研究報告, 27. 39-42.
10) 河野光久・石田祐司・繁永裕司(2010). 山口県日本海沿岸域におけるメダイの分布. 山口県水産研究センター研究報告, 8, 23-26.
11) 河野光久・繁永裕司(2011). 山口県日本海沿岸域におけるメダイの年齢と成長. 山口県水産研究センター研究報告, 9, 95-98.
12) 東京都水産試験場(1970). 底魚資源調査報告書(メダイ・キンメダイ). 昭和 45 年度指定調査研究総合助成事業, 東水試出版物通刊第 204 号, pp.15.
13) 井田斉・檜山義夫・草下孝也(1967). 流れ藻に付随する幼稚魚の生態学的研究-Ⅱ. 日本水産学会誌, 33(10), 930-936.
14) 東京都水産試験場(1969). 底魚資源調査報告書(メダイ・キンメダイ). 昭和 44 年度指定調査研究総合助成事業, 東水試出版物通刊第 195 号, pp.48.
15) 財団法人漁港漁場漁村技術研究所(2010). 沖合漁場整備における水産資源の増養殖及び増養殖機能に関する調査のうち既設マウンド礁における湧昇効果及び魚礁効果に関する調査.
16) 小林知吉(2000). 日本海におけるメダイ *Hyperoglyphe japonica* の標識放流. 日本海ブロック試験研究集録, 40, 25-29.
17) 水産庁. http://www.jfa.maff.go.jp/j/gyoko_gyozyo/g_thema/sub4010.html

Ⅱ．ウスメバル編

ｃ　目的

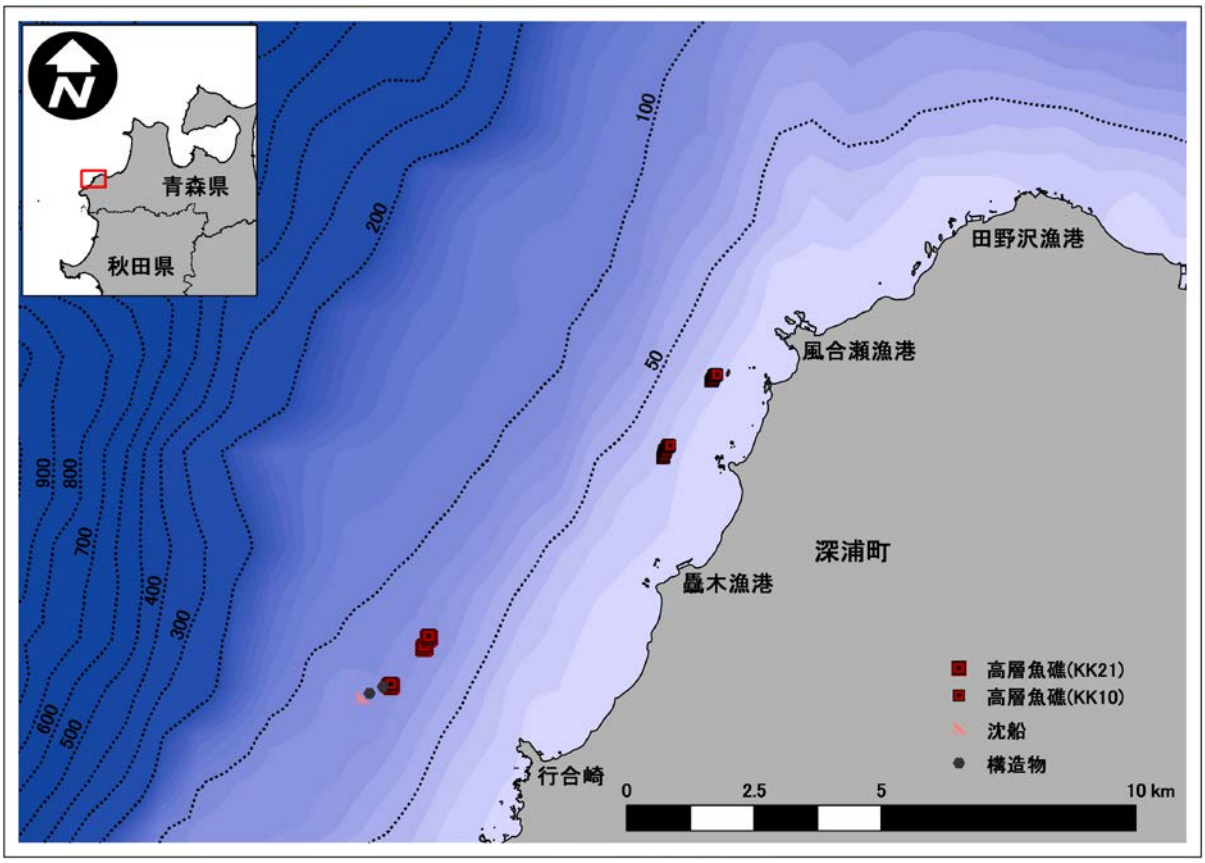
ウスメバルは太平洋側では函館～銚子、日本海側では対馬海峡まで分布する。日本海側では漁業上重要魚種であることから、本州日本海北部マスタープランの指標種となっている。しかし、成長に伴い大きく移動・回遊することから、人工魚礁およびその周辺における移動経路や滞留状況といった行動特性に関しては不明な部分が多く、効果的な魚礁の構造や配置計画について明らかになっていない。

このため、本事業では、ウスメバルの資源増大を図るために、着底期以降のウスメバル（未成魚から成魚）を対象として、バイオテレメトリー調査等によって把握した人工魚礁およびその周辺の行動特性に基づいた漁場整備を検討する。

本年度では、ウスメバルに関する既往知見を収集、整理し、次年度以降に実施するバイオテレメトリー調査のために適切な発信機の装着方法を検討し、試行的な追跡調査）を行った。

1　調査海域

調査は、図-4 に示す青森県深浦町地先の海域で実施した。



※ 水深のコンタは海上保安庁の 500m メッシュデータ [1] をもとに作成

図-4　調査海域

2　工程

業務工程は、表-4 に示すとおりである。

表-4　業務工程

	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月
計画、準備								
既往知見の収集・整理								
蝟集状況の把握								
装着試験								
追跡調査								
報告書作成								

d　方法

1　既存知見の収集と整理

ウスメバルの生活史、成長、性成熟、餌料等について、文献を収集し、整理した。

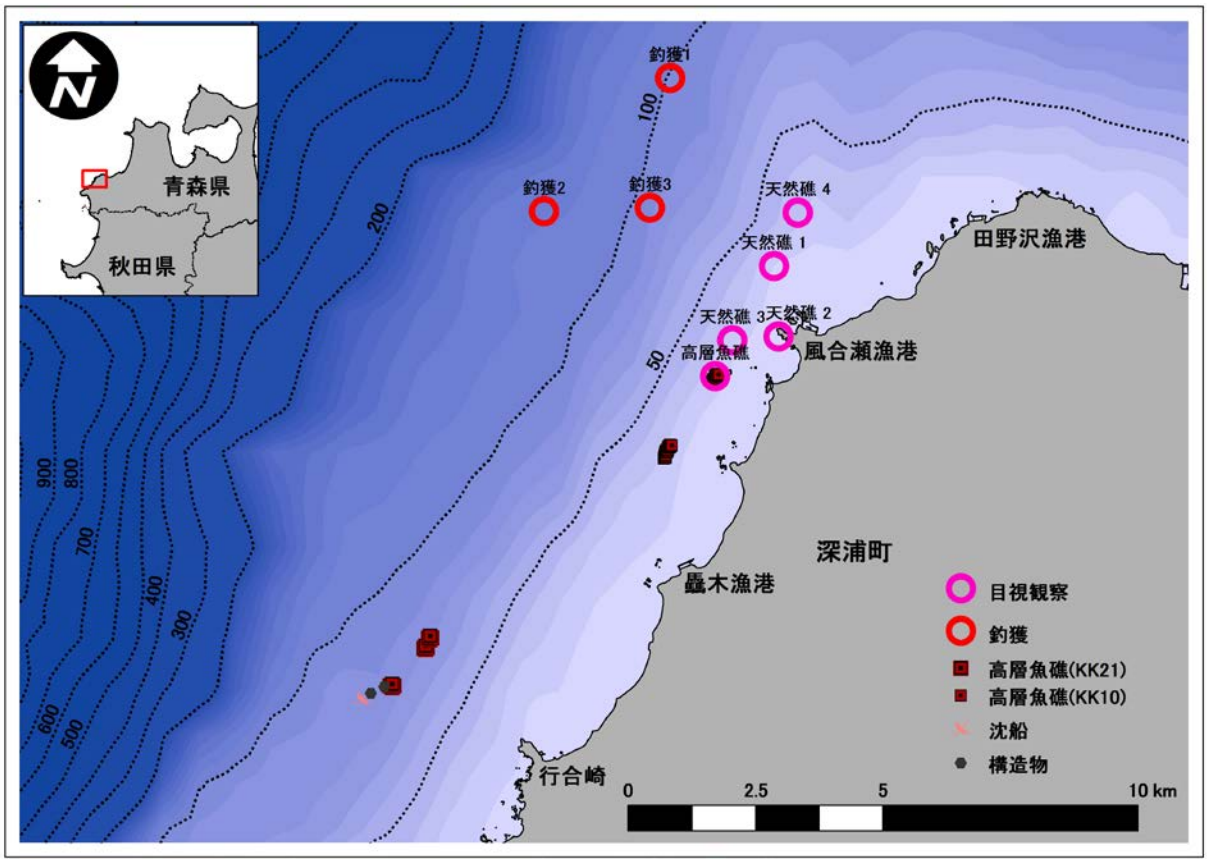
2　蝟集状況の把握

着底期以降の稚魚から成魚の蝟集状況を把握するために、平成 27 年 6 月 16、18、22 日に稚魚、未成魚を対象に風合瀬地先（水深約 30m）の高層魚礁（KK10）および天然礁で潜水目視観察を、6 月 15、17、22 日に成魚を対象に天然礁で釣獲調査を実施した。

調査地点は、図-5 に示すとおりである。

潜水目視観察では、ウスメバルの群れの大きさや蝟集量、全長等を記録するとともに、魚礁や海底の状況、海藻の繁茂状況等を記録し、水中で写真およびビデオの撮影を併せて行った。

釣獲調査では、成長を把握するため、採捕したウスメバルをクーラーボックスで保管した後、冷凍状態で分析室に搬入し、全長、体長を計測、体重を秤量した。さらに、耳石を採取して年齢査定を行った。また、ウスメバルの性成熟を把握するため、生殖腺重量を秤量した。



※ 水深のコンタは海上保安庁の 500m メッシュデータ [1] をもとに作成

図-5　調査地点（蝟集状況の把握）

3　バイオテレメトリー調査方法の検討

(1)　装着試験

①　工程

装着試験の工程は、表-5 に示すとおりである。

表-5 装着試験の工程

6 月	5	10	15	20	25	30
装着	■					
経過観察		■■■	■■■■	■		
回収				■		

②　供試魚

装着試験に供したウスメバルは、竜飛ひらめ養殖生産組合にて平成 24 年春に陸奥湾で採集された稚魚を養殖したものを使用した。稚魚に単一の配合飼料を給餌し、全長 20cm 以上に成長したものを用いた（写真-19)。装着試験に供したウスメバルの全長、体長、体重は、表-6 に示すとおりである。

表-6 装着試験に供したウスメバルの全長、体長、体重

No.	全長(cm)	体長(cm)	体重(g)
1	25.5	19.8	304
2	25.2	20.8	275
3	24.5	20.0	260
4	23.5	19.6	253
5	24.2	20.3	241
6	24.2	19.5	273
7	24.0	19.8	238
8	24.4	19.3	251
9	23.8	19.5	227
10	23.6	21.2	284
11	24.5	20.6	332
12	25.0	20.8	253
13	23.2	19.4	239
14	25.7	20.8	327
15	24.8	20.7	304
16	24.6	20.1	283
17	25.1	21.0	280
18	25.0	20.0	293
19	24.0	20.3	256
20	22.5	19.4	209

写真-19 装着試験に供したウスメバル(竜飛ひらめ養殖生産組合)

③ 模擬発信機の装着

装着試験には、実際の追跡調査に使用する発信機（VEMCO 社製、V9p-1H）と同じ大きさ（φ9mm、全長 40mm、水中重量 2.7g）のアクリルパイプで作成した模擬発信機(写真-20)を用いた。

装着方法は下記に示す4ケースとし､1ケースあたり5尾のウスメバルを用いた。

・腹腔内装着（腹部切開、縫合）
・外部装着（尻鰭基部）
・胃内挿入
・無標識（腹部切開、縫合）

腹腔内装着：2-フェノキシエタノールの濃度が 0.15～0.20ml/L になるように調製し､エアレーションした水槽内で 10～15 分間の薬浴による麻酔を施し(写真-21)、ウスメバルの反応が鈍くなったことを確認した後、手術台に移した。メスで腹鰭基部を 2 cm程度切開し、模擬発信機を腹腔に挿入後、ピンセットおよび鉗子を用いて、縫合糸（(株)秋山製作所製、ブレードシルク）と縫合針（(株)秋山製作所製、外科用強弯角針）により、1 針縫合した。

外部装着：先端から 5mm の部分に装着用の紐を固定した模擬発信機を、麻酔を施さず、鉗子と縫合針を用いて尻鰭基部に括り付けた。

胃内挿入：麻酔を施さず、模擬発信機を直接口から胃へ挿入し、すぐに吐き出さないことを確認した。

無標識：腹腔内装着と同様の過程で麻酔、切開を行い、腹腔に何も挿入せずに縫合した。

全個体に 2cm のスパゲティタグを装着し（写真-23)、全長、体長を計測、体重を秤量した後、傷口からの細菌感染を予防するため、ニフルスチレン酸ナトリウム（上野製薬(株)、エルバージュ）による薬浴を施し、ケースごとに籠（56cm×39cm×28cm）に収容した。なお、装着時には太陽光によるウスメバルの眼球への影響を抑えるため弱光下で施術した。

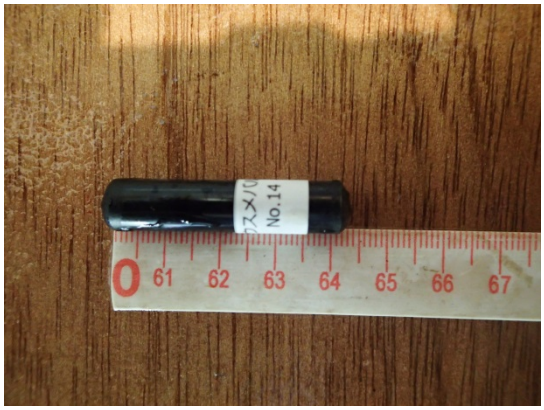


写真-20　模擬発信機

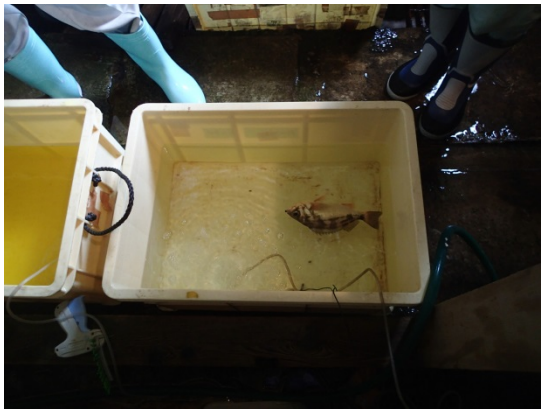


写真-21　麻酔

写真-22　手術状況（腹腔内装着）

写真-23　スパゲティタグによる識別

④　経過観察

竜飛ひらめ養殖生産組合の 4m×4m の陸上水槽 2 基に施術した 4 ケースと、無処置のコントロール 1 ケースの籠を設置した（写真-24～27）。施術後 1、2、3、5、6、7、8、10 日後に遊泳の異変、活力の低下、模擬発信機の脱落等を目視観察し、12 日後に供試魚を回収した。

写真-24　陸上水槽

写真-25　籠

写真-26 収容状況-1

写真-27 収容状況-2

⑤ 装着方法の選定

発信機の脱落のリスクとウスメバルへの影響（施術によるストレス、遊泳行動に与える影響および活力の維持）を指標に、追跡調査を行う上で最も適切な装着方法を選定した。

(2) 追跡調査

① 工程

追跡調査は、漁船による追跡（以下、連続型追跡という）を 3 ケース、設置型受信機による追跡（以下、設置型追跡という）を実施した。釣獲による供試魚の採捕から追跡調査までの工程は、表-7 に示すとおりである。

表-7 追跡調査の工程

採捕	6 月 15 日 6 時 10 分 ～ 11 時 50 分 6 月 17 日 7 時 10 分 ～ 12 時 15 分 6 月 22 日 6 時 50 分 ～ 11 時 10 分
連続型追跡	
Case 1	発信機の装着:6 月 18 日 放流 :6 月 19 日 18 時 5 分 追跡終了 :6 月 20 日 5 時 0 分
Case 2	発信機の装着:6 月 21 日 放流 :6 月 22 日 15 時 45 分 追跡終了 :6 月 23 日 7 時 0 分
Case 3	発信機の装着:6 月 23 日 放流 :6 月 24 日 16 時 25 分 追跡終了 :6 月 25 日 7 時 0 分
設置型追跡	発信機の装着:6 月 23 日 放流 :6 月 23 日 11 時 0 分 追跡終了 :10 月 23 日 11 時 30 分

② 供試魚の採捕

図-5 に示した 3 海域（水深 100m、水深 113m、水深 97m）で釣りにより供試魚を採捕した（写真-28）。深い水深帯から釣り上げられたウスメバルは、水圧差により、目や腹が膨張する。そのような影響を抑えるため、釣り上げ方法は下記の方法を試行した。

・Case 1：60m で 5 分間停止 → 30m で 3 分間停止 → 船上でエア抜き → 船槽
・Case 2：60m で 5 分間停止 → 30m で 3 分間停止 → 船槽
・Case 3：60m で 5 分間停止 → 30m で 3 分間停止 → 船上 → 馴致（水深 20m）
・Case 4：船上でエア抜き → 船槽

エア抜きは注射器を用い、鰾に針を刺し、空気をシリンジに抜き取った。馴致（水深 20m）は、船上でウスメバルを籠に移した後、近くの海域の水深 20m に 2 時間程度垂下した（写真-31）。なお、釣り上げ時には水圧の変化を抑えるため、0.2m/s 程度でリールを巻いた。

相当尾数を釣獲後、籠を引き上げ、船槽に移し、風合瀬地先（水深約 30m）の高層魚礁（KK10）に移動した。潜水士により魚礁の上部（水深 20m）に蓄養籠を固定した。また、(1)で供試した養殖ウスメバルのうち、何も処置を施していない個体も 6 月 17 日に同様に蓄養した。

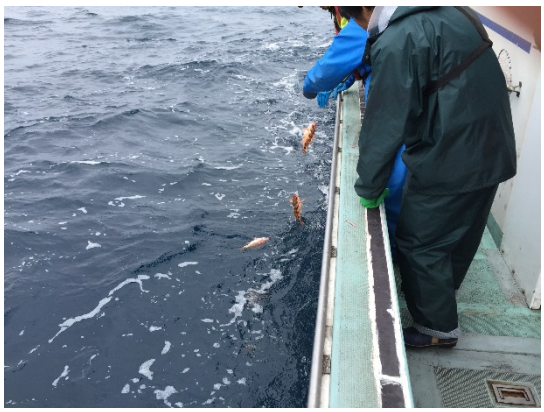


写真-28 釣獲による採捕

写真-29 蓄養籠

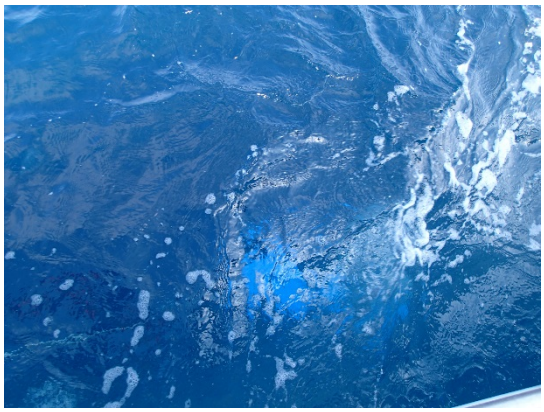


写真-30 籠の垂下

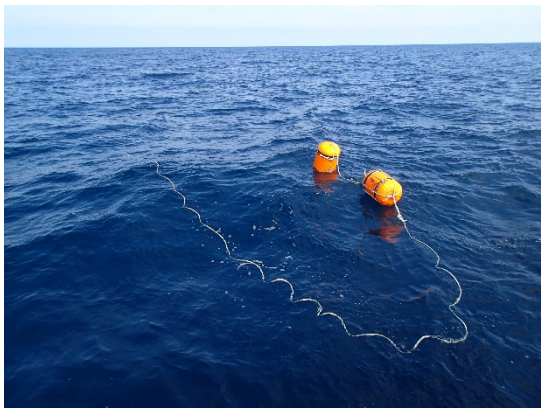


写真-31 水深 20m での馴致

③　発信機の装着

追跡を開始する前日に、潜水士により蓄養籠を風合瀬地先（水深約 30m）の KK10 から取り外し、船上にゆっくり引き上げ、エア抜きをしていない健常なウスメバルに腹腔内装着（2.3(1)）により、発信機（VEMCO 社製、連続型追跡：V9p-1H（φ 9mm、長さ 40mm）、設置型追跡：V9-2L（φ 9mm、長さ 29mm））を装着した（写真-32、33）。装着後、傷口からの出血や遊泳異常がみられないことを目視で確認し（写真-34）、再び籠に移し、潜水士により魚礁（KK10）の天端（水深 20m）に固定し（写真-35）、翌日の追跡調査まで馴致した。

写真-32　手術状況-1

写真-33　手術状況-2

写真-34　手術後の目視確認

写真-35　魚礁への籠の固定

④　放流・追跡

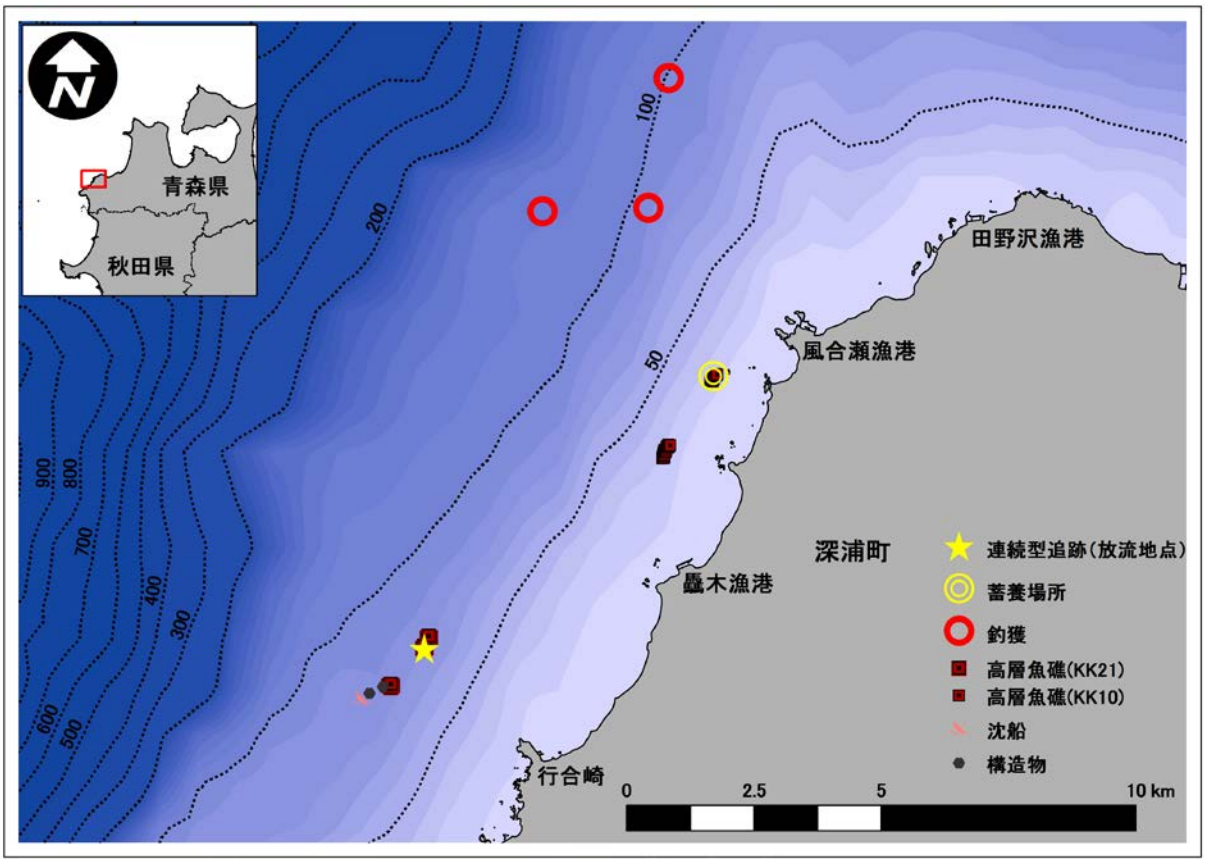
（ア）連続型追跡

調査地点は、図-6 に示すとおりである。放流の当日に、潜水士により蓄養籠を風合瀬地先（水深約 30m）の KK10 から取り外し、船上にゆっくり引き上げ、調査船の船槽に収容し、放流地点となる行合崎沖（水深約 80m）の高層魚礁（KK21、図-7）まで移動した。青森県産業技術センター水産総合研究所から貸与された放流用の籠（以下、放流籠という）（写真-36）に発信機を装着したウスメバル 1 尾とお供個体 4 尾をバケツで移し（写真-37）、垂下するロープの目盛り、受信機で測得される発信機の水深および魚群探知機の画像（写真-38）を確認しながら、KK21 の中段～下段（水深約 70m）まで垂下し、籠を開いて放流した。

各ケースに用いたウスメバルの全長、体長、体重は、表-8 に示すとおりである。

お供個体には、エア抜きした釣獲個体や養殖個体も用いた。

連続型追跡には指向性を持つ追跡型受信機（VEMCO 社製、VR100、写真-39）を用い、調査船左舷の水深約 1m に固定した。発信機から発信されるウスメバルの遊泳水深および調査船の緯度・経度を受信機の内部メモリーに記録した。また、調査船に搭載されている魚群探知機（(株)光電製作所製、GTD-111）の水深を 15 分毎に記録した。Case 2、Case 3 ではサイドスキャンソナー機能を有する魚群探知機（LOWRANCE 社製、HDS-10、写真-40）を用い、水深や海底地形を記録した。



※ 水深のコンタは海上保安庁の 500m メッシュデータ [1] をもとに作成

図-6 調査地点（連続型追跡）

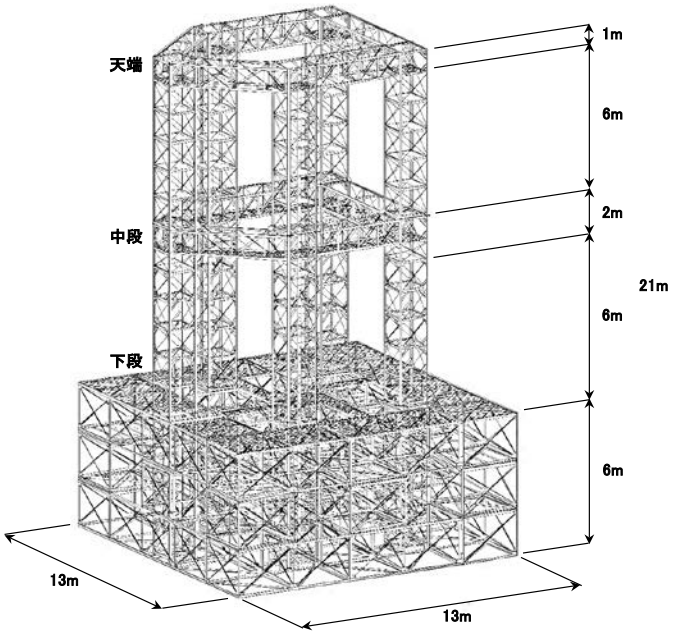


図-7 高層魚礁(KK21)

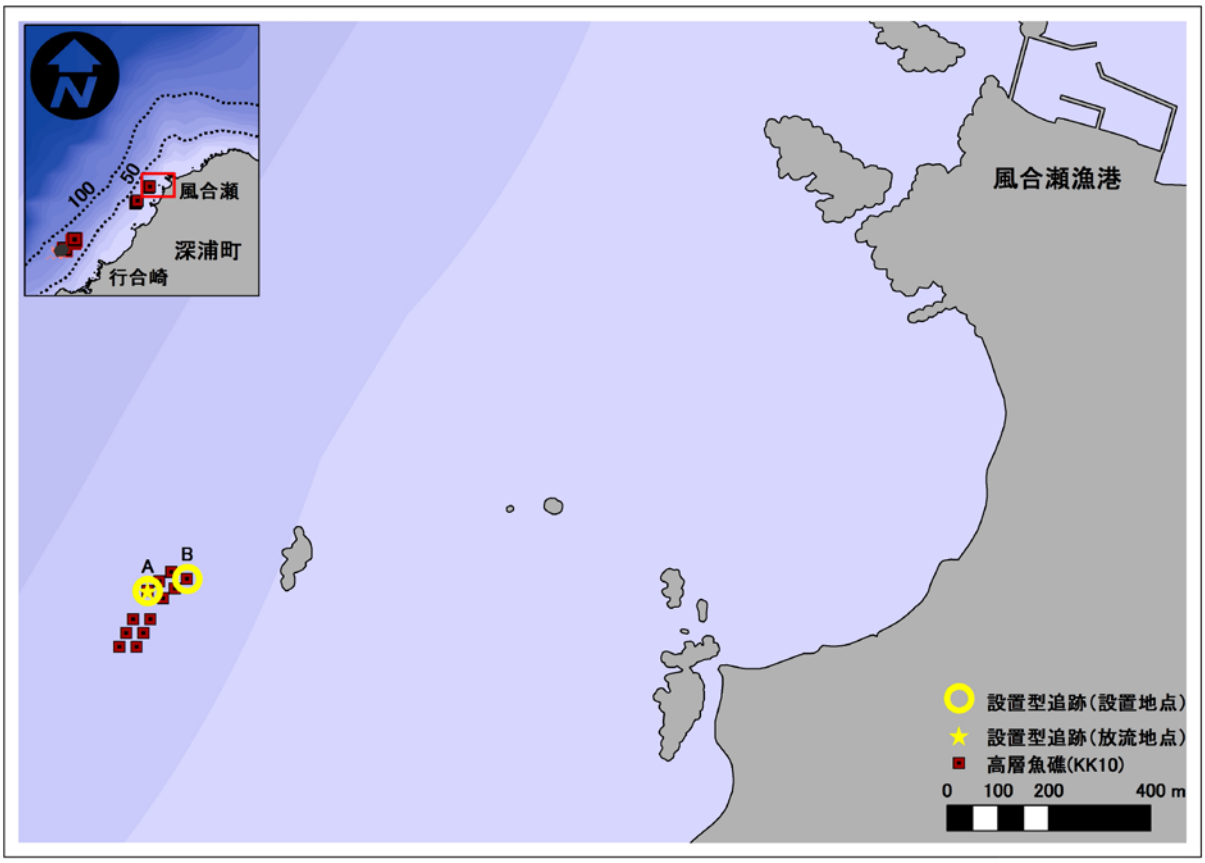
表-8 連続型追跡に用いたウスメバルの全長、体長、体重

ケース	全長(cm)	体長(cm)	体重(g)	釣獲時の水深(m)
Case 1	22.9	18.6	263	113
Case 2	25.6	20.8	318	113
Case 3	23.2	19.4	216	113

（イ）設置型追跡

追跡には設置型受信機（VEMCO 社製、VR2W、写真-41）を用い、潜水士により風合瀬地先（水深約 30m）の KK10 に 2 基設置し（図-8）、10 月 23 日に受信機を回収した。

潜水士により風合瀬地先の KK10 の設置地点 A でウスメバルを収容した籠の蓋を開放し、発信機を装着した個体 5 尾を放流した。放流に用いたウスメバルの全長、体長、体重は、表-9 に示すとおりである。



※ 水深のコンタは海上保安庁の 500m メッシュデータ [1] をもとに作成

図-8 調査地点（設置型追跡）

表-9 設置型追跡に用いたウスメバルの全長、体長、体重

No.	全長(cm)	体長(cm)	体重(g)	釣獲時の水深(m)
1	23.1	20.4	216	113
2	22.7	19.5	183	97
3	23.5	18.6	246	113
4	20.3	16.9	173	113
5	18.3	15.4	117	97

写真-36　放流籠

写真-37　追跡個体の放流籠への収容

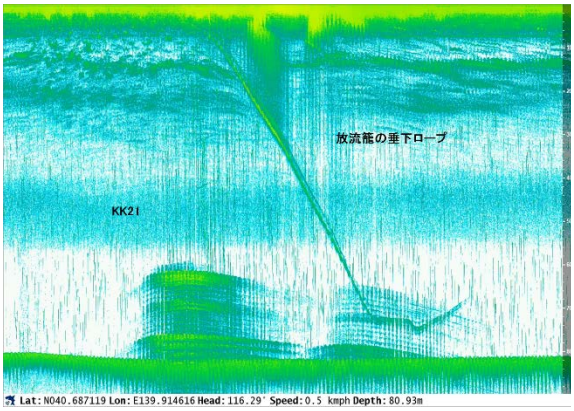


写真-38　放流時の魚探画像

写真-39　追跡型受信機（VR100）

写真-40　魚群探知機（HDS-10）

写真-41　設置型受信機（VR2W）

4　ウスメバルの餌料の検討

(1)　胃内容物

釣獲調査で採捕したウスメバルの胃を摘出し、10%ホルマリンで固定したものを分析試料とした。胃内容物中の生物種を同定し、種別個体数を計数、湿重量を秤量した。

(2)　炭素･窒素安定同位体比

ウスメバルの餌料源を定量的に把握するために、炭素・窒素安定同位体比を分析した。ウスメバルの濃縮係数を把握するために、竜飛生産組合で養殖されていたウスメバルの筋肉と飼育に用いられている配合飼料（魚粉、エビミール、オキアミミールの割合が約 60%）を分析した。また、年齢別のウスメバルの餌料の違いを把握するために、釣獲調査で採捕し、年齢査定したウスメバルの筋肉の炭素・窒素安定同位体比を分析した。

尻鰭付近の筋肉部を切り取り、-20℃で分析まで冷凍保存した。分析直前に凍結乾燥機により 2 日間以上凍結乾燥した後、乳棒、乳鉢ですりつぶし、粉末状にした。脱脂をするために、粉末試料を遠沈管に入れ、クロロホルム-メタノール（2：1）数倍容加え、1,500rpm で 20 分間遠心分離し、上澄み液を除去した。この作業を 2 回繰り返した後、孔径 0.11μm の濾紙（直径 110mm）で濾過し、濾紙上に残った試料をドラフト内で風乾させてから、約 1mg を秤量し、スズコンテナに包み、分析試料とした。

安定同位体比の分析は元素分析計と質量分析計（Thermo Fisher Scientific 社製、DELTA Ⅴ Advantage）を組み合わせた装置を用いた。分析時には Indiana University 製のスタンダード試薬（Acetanilide；$\delta^{13}C$：-29.53±0.01‰、$\delta^{15}N$：1.18±0.02‰）を用いて、測定精度の確認を行った。

5　ウスメバル成魚に関する行動実態調査計画の作成

27 年度の結果に基づき、28 年度以降に実施するウスメバル成魚の行動実態調査計画案を作成した。

e　結果

1　既存知見の収集と整理

(1)　分類、形態および分布

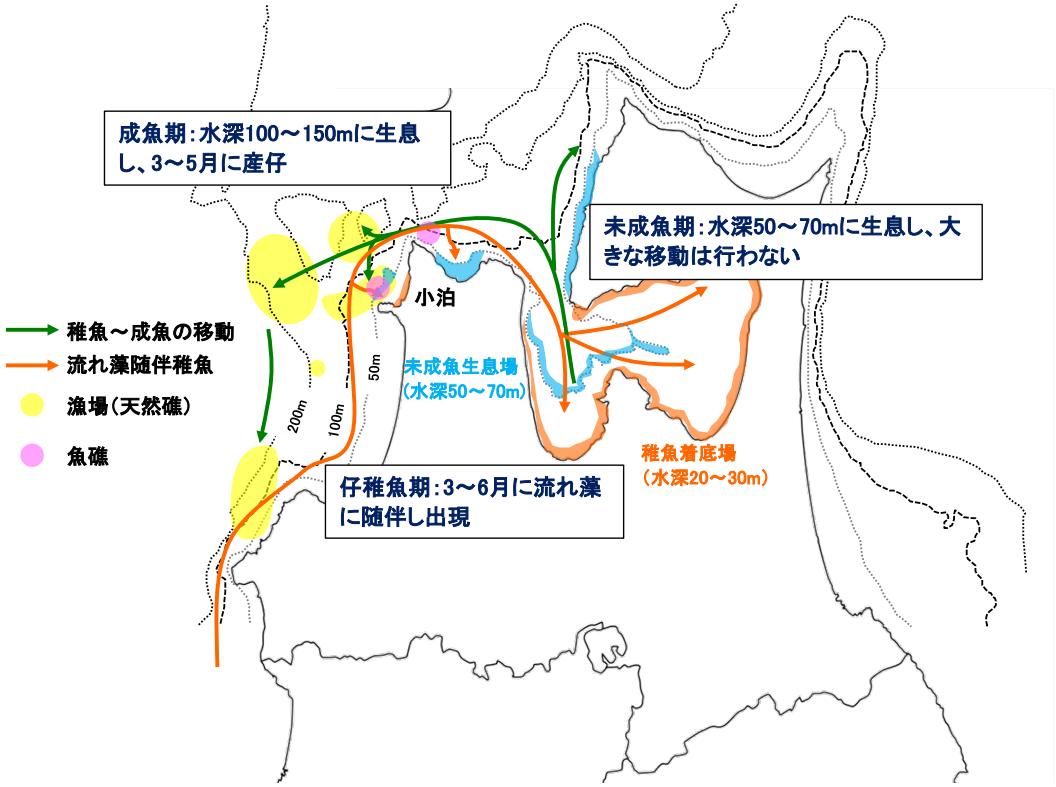
ウスメバル *Sebastes thompsoni* はカサゴ目フサカサゴ科メバル属の魚類であり、メバル属内において、メバル、トゴットメバルと系統学的に近縁な関係にあると推測されている[2)]。

ウスメバルの体は赤橙色で、体側に 5 条の暗色横帯がある。頭の棘は弱く、背鰭棘は 13 本、尾鰭後縁は二叉する[3)]。本種は、トゴットメバルとよく混同されるが、本種の体側の斑紋は不定形で、斑紋が丸みを帯びるトゴットメバルと区別できる。

ウスメバルは、北海道函館周辺から日本海側では青森県から対馬海峡付近まで、太平洋岸では千葉県銚子沖まで分布する[4) 5)]。青森県日本海側、青森県太平洋側、秋田県、山形県、新潟県、京都府および島根県の 8 海域のウスメバルについてミトコンドリア DNA 分析を行った結果、海域間における遺伝的分化が存在する可能性は小さく、日本周辺のウスメバルは、ほぼ均質な遺伝的組成を持ち、比較的大きな繁殖集団を形成している[6)]。

(2)　ウスメバルの生活史

生活史を通したウスメバルの分布の模式図は、図-9 に示すとおりである。



本州日本海北部マスタープラン[7)] をもとに作成

図-9　生活史を通したウスメバルの分布の模式図

(3) 産仔

メバル属魚類はすべて胎生魚であるため、雄と雌との交尾により精子が雌に受け渡され、受精は雌の体内でおこる[8)]。

ウスメバルは、青森県および秋田県では3～5月頃、山形県および新潟県では2～4月頃、新潟県および京都府では2～3月頃に産仔しており、産仔時期は地理的に南に行くほど早まり、かつその期間が短くなる傾向がある[8)]。水深70～150mの漁場で漁獲されたウスメバルにおいて、いずれも孕仔個体がみられたことから、ウスメバルは、各々の生息水深で産仔を行っていると考えられている[9)]。

・浮遊生活（仔魚期、稚魚期）

産仔された仔魚は、浮力により表層へ運ばれ、浮遊生活に移行する[10)]。ウスメバルは産出後40日前後を表層で過ごした後、体長が20㎜程に成長すると稚魚期に移行して遊泳力がつき、流れ藻に随伴する[10)11)]。流れ藻に随伴していた稚魚は、体長35㎜前後に達したところで、底生生活に移行する[10)]。流れ藻からの離脱は、ウスメバルの骨組織の生成が終了し、鱗組織が発達していく段階で行われる[11)]。流れ藻に随伴する期間は、ほぼ50日であるが、底生生活への移行が遅れる個体では、70～90日に及ぶ。流れ藻への随伴を含めた平均的な浮遊期間は約90日、最長で約130日と考えられている[10)]。

・底生生活（稚魚期以降）

流れ藻から離れたウスメバル稚魚は、水深11～50mの天然礁や魚礁に着底する[10)]。その後、ウスメバル稚魚は、水温の上昇とともに深所へ移動し、満3歳になるまで水深50～80mで未成魚期までを過ごす[10)]。しかし、漁獲対象となる以前の1～2歳魚の分布には不明な点が多い。

3歳以上になると、成長の良い個体から産仔に関与し、より好適な水温帯（9～16℃）を求めて水深80～150mの海域に移動する。ウスメバル成魚は、その水深帯で周年生息し、産仔する[10) 12)]。

(4) 成熟

メバル属魚類のように、体内で受精を行う魚類では、精子が雌の体内に貯留された後に受精する場合も多く、交尾と受精の時期は必ずしも一致しない[8)]。尾叉長が21cm以上（4歳以上）のウスメバルの雌について、生殖腺指数（GSI=100×生殖腺重量/内臓除去重量）を調べた結果、青森県では、1～4月にかけて高い値を示し、雄では11月に高くなっていた。秋田県では、雌の平均GSIは4月に高かったが、5月では急激に減少していた。山形県では、雌の平均GSIは12～3月にかけて高い値を示し、雄では11月～12月に高い値を示していた。新潟県では、雌の平均GSIは2～3月にかけて高い値を示し、雄では12月に高い値を示していた。京都府では、雌の平均GSIは2～3月に高い値を示した後、4月以降、急激に減少していた。雄の平均GSIは10月に高い値を示していたものの、顕著なピークはみられなかった[8)]。

ウスメバルにおける雌の生殖腺の成熟段階を目視により判別すると、“成熟”～“産仔直前”となる個体の割合は、2000年の青森県では4月中旬、山形県では1996年は4月中旬、1997年は3月上旬、1998年では2月中旬、1999年では3月中旬、2000年の新潟県では2月中旬にそれぞれ最も高い値を示していた。“産仔後”の個体の割合は、2000年の青森県では4月下旬、山形県では1996年は5月中旬、1997年は4月上中旬、1998年は5月中旬、1999年は4月中旬、2000年の新潟県では2

月下旬がそれぞれ高い値を示していた[8]。

ウスメバルの交尾は青森県や秋田県では 12 月頃、山形県、新潟県では 12～1 月に行われ、その後、雌の成熟が進み、青森県および秋田県では 3～5 月頃、山形県、新潟県では 2～4 月頃、新潟県および京都府では 2～3 月頃に産仔すると考えられている[8) 13)]。

現時点で確認されているウスメバルの最小の産仔個体は、青森県、秋田県、京都府では満 4 歳魚、山形県、新潟県では満 3 歳魚であり、成長の良い 3 歳魚以上から産仔に関与していくと考えられている[8)]。しかし、産仔時期であっても、未成熟や、成熟過程の生殖腺を持つ個体が多数確認されており[8)]、産仔年齢以上の個体であっても、毎年産仔に関与しているとは限らない可能性もある。

ウスメバルの尾叉長から求めた年齢と、計数した孕仔数をアロメトリー式にあてはめた結果、産仔数は、1 尾あたり 4 歳魚で約 11,000 個体、5 歳魚で約 18,000 個体、6 歳魚で約 29,000 個体であると考えられている[8)]。

(5) 食性

仔魚期では、ウスメバルは、沿岸性の橈脚類、枝角類等のプランクトンを主体的に摂餌している[9) 14)]。

1 歳魚になると外洋性の橈脚類がウスメバル餌料の主体となる。

2 歳魚ではヤムシ類の捕食割合が高くなるものの、1 歳魚と同様に橈脚類が餌料の主体である。また、餌料生物の対象がイカ類や魚類にまで拡大する。

3 歳魚の餌料生物は、2 歳魚とほぼ同様であるが、橈脚類への依存はさらに低くなる。1～3 歳魚は、索餌のために大きく移動することはなく、生息域で濃密に分布するプランクトンや、昼夜間に鉛直移動をするプランクトンを捕食していると考えられている。

4 歳魚以上になると、索餌活動が活発になり、外洋の中層に広く分布する端脚類、オキアミ類や魚類等の摂餌効率の良い大型生物を捕食する。餌料生物の組成も 1～2 歳の未成魚と大きく異なり、橈脚類がほとんど摂餌されなくなる[15)]。

(6) 移動

青森県、秋田県、山形県、京都府において、釣獲あるいは籠や建網に入網したウスメバル、または稚魚期に採集し、1 年弱飼育したウスメバルを標識放流した調査では、放流地点より 10km 以内での再捕が 69%、放流点から移動しての再捕が 31%であった[16)]。この調査において、移動した個体は、青森県脇野沢では 1 尾が約 15km 北上し、青森県平内では 1 尾が陸奥湾を西に 12km 移動した。秋田県男鹿では 1 尾が約 50km を北上した。山形県大瀬では、7 尾が 160～270km 南下し、新潟県南部から富山県にかけての海域で再捕された。青森県の陸奥湾で移動したウスメバルは、湾奥部から湾口へ移動している傾向がみられた[16)]。この事例に加え、秋田県の八森町沖では、青森県と秋田県の県境付近に位置する「テリ場」と呼ばれるウスメバルの好漁場に移動した個体と、男鹿半島に南下した個体が再捕された[17)]。新潟県の佐渡南部海域で放流した結果では、放流点付近で再捕された個体が多かったが、鳥取県と石川県猿山沖に各 1 尾、柏崎から西頸城郡にかけての新潟南部海域に 3 尾の合計 5 尾が南下し、1 尾が佐渡北部沿岸まで北上して再捕されていた[18)]。これら全ての標識放流の結果を踏まえると、ウスメバルは、北上した個体よりも

南下した個体が多く、底生生活移行後では、南下移動が卓越していると考えられている[16]。南下移動が卓越する理由としては、浮遊期における北方への受動的輸送の補償行動であると考えられている[19]。また、山形県大瀬から富山県魚津で再捕されたウスメバルは、85 日間で約 270km を南下し、最も移動速度が速かった。これは、160km を 148 日で移動した佐渡の事例[18]と比べると 3 倍の速さであり、ウスメバルには、少なくとも 1 日数 km の距離を長期間移動できる遊泳能力があることになる[16]。

人工礁を放流地点としたウスメバルは、放流地点より移動して再捕される個体が多く、天然礁を放流地点としたウスメバルは、放流点付近で再捕される個体が多かった[16]。人工礁で放流した個体の多くが、人工礁から離れた海域で再捕されるのは、ウスメバルがより深所へと移動する際に立ち寄る一時的な生息地として人工礁を利用しているため、人工礁に滞留しなかったものと考えられている[16]。

新潟県小木町では、流れ藻から採集した稚魚を 1 年間飼育し、全長 9～12cm に成長した 1 歳魚を 1978 年 5 月に水深 40m で放流した結果、放流地点から 8km 以内で採捕された[18]。同海域において、釣りにより漁獲した 2 歳魚中心の未成魚 521 尾を放流した結果、49 尾が 6km 以内で採捕された[18]。これらの結果から、1～2 歳魚の移動距離は少ないことが示唆されている[18]。これに対し、同海域において水深 100m で全長 16～32cm の成魚 247 尾を放流した結果では、5～6 歳のウスメバル 2 尾が島根県沖、能登半島沖まで南下し、再捕された[18]。また、山形県大瀬では、年齢別にウスメバルの DNA 分析を行った結果、2 歳魚より 3 歳魚の方が集団の入れ替わりが激しいことが推察されている[20]。これらの結果から、大きい個体ほど長距離を移動する可能性が考えられる。

2　蝟集状況の把握

(1)　潜水目視観察

天然礁および風合瀬地先（水深約 30m）の高層魚礁（KK10）における魚類の目視観察結果は、表-10 に示すとおりである。

天然礁で観察された魚類は、マダイ（全長 20～50 ㎝）、クロダイ（全長 30 ㎝）、スズメダイ（全長 7 ㎝）、コブダイ（全長 50 ㎝、80 ㎝）、ササノハベラ（全長 10 ㎝）、アカメバル（全長 10 ㎝、15 ㎝）、アイナメ（全長 10～25 ㎝）、ババガレイ（全長 30 ㎝）の計 8 種で、天然礁 1（水深 21～37m）では 6 種、約 2,100 尾、天然礁 2（水深 2～15m）では 6 種、80 尾、天然礁 3（水深 10～33m、独立礁）では 6 種、約 6,100 尾、天然礁 4（水深 29～40m）では 4 種、約 130 尾であった。

KK10 では、キュウセン（全長 20 ㎝）、ウスメバル（全長 3 ㎝）、クロソイ（全長 30 ㎝）、キツネメバル（全長 30 ㎝）、ヒラメ（全長 70 ㎝）、ウマヅラハギ（全長 20 ㎝）計 6 種、約 340 尾が観察された。

平成 27 年 6 月の調査では、ウスメバル稚魚は、天然礁では確認されず、KK10 のみで約 30 尾が観察された。また、ウスメバル未成魚は、いずれの地点においても確認されなかった。

表-10　魚類の目視観察結果

単位:尾

魚種	全長(cm)	天然礁 1 (21-37m) (700 ㎡)	天然礁 2 (2-15m) (600 ㎡)	天然礁 3 (10-33m) (2,000 ㎡)	天然礁 4 (29-40m) (100 ㎡)	高層魚礁 (20-30m) (144 ㎡)
マダイ	50		3			
	40		5	30		
	20		10		50	
クロダイ	30		3			
スズメダイ	7	2,000		5,000	50	
コブダイ	80	5		10		
	50		1			
ササノハベラ	10	30	5	40		
キュウセン	20					10
アカメバル	15	50	50	1,000		
	10				20	
ウスメバル	3					30
クロソイ	30					1
キツネメバル	30					1
アイナメ	25		1		2	
	20	2		10	2	
	15	5		10	3	
	10	5	2	10		
ヒラメ	70					1
ババガレイ	30	1				
ウマヅラハギ	20					300
合計		2,098	80	6,110	127	343

※ 調査地点下段の（ m）は水深帯、（ ㎡）は観察面積を示す。

これまでに同海域で確認されているウスメバルの出現状況は、図-10、写真-42～写真-46 に示すとおりである。

全長 3 ㎝のウスメバルが水深約 30ｍの高層魚礁で平成 27 年 6 月（本調査）に約 30 尾、全長 5 ㎝の個体が水深約 30ｍの天然礁で平成 21 年 8 月および 9 月に各々約 5,000 尾および 100 尾、全長 5～20 ㎝のウスメバルが、水深約 50m のヤリイカ産卵礁で平成 23 年 9 月に 200～1200 尾確認されている。

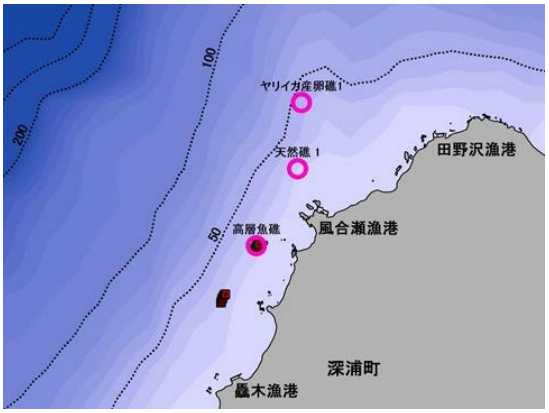


図-10 ウスメバル確認地点

写真-42 全長 3 ㎝（H27 年 6 月）

写真-43 全長 5 ㎝（H21 年 8 月）

写真-44 全長 5 ㎝（H21 年 9 月）

写真-45 全長 5～15 ㎝（H23 年 9 月）

写真-46 全長 5～20 ㎝（H23 年 9 月）

(2)　釣獲調査

釣獲調査による採捕状況は、表-11 に、釣獲した水深ごとのウスメバルの体長組成は、図-11 に示すとおりである。

釣獲調査を実施した水深 97～113m において出現したウスメバルの体長は最小で 13.5 cm、最大で 25.4 cmであった。

表-11　釣獲調査による採捕状況

調査地点	日付	水深（m）	開始時刻	終了時刻	採捕数（尾）
釣獲 1	6 月 15 日	100	6:10	11:50	21
釣獲 2	6 月 17 日	113	7:10	12:15	22
釣獲 3	6 月 22 日	97	6:50	11:10	47

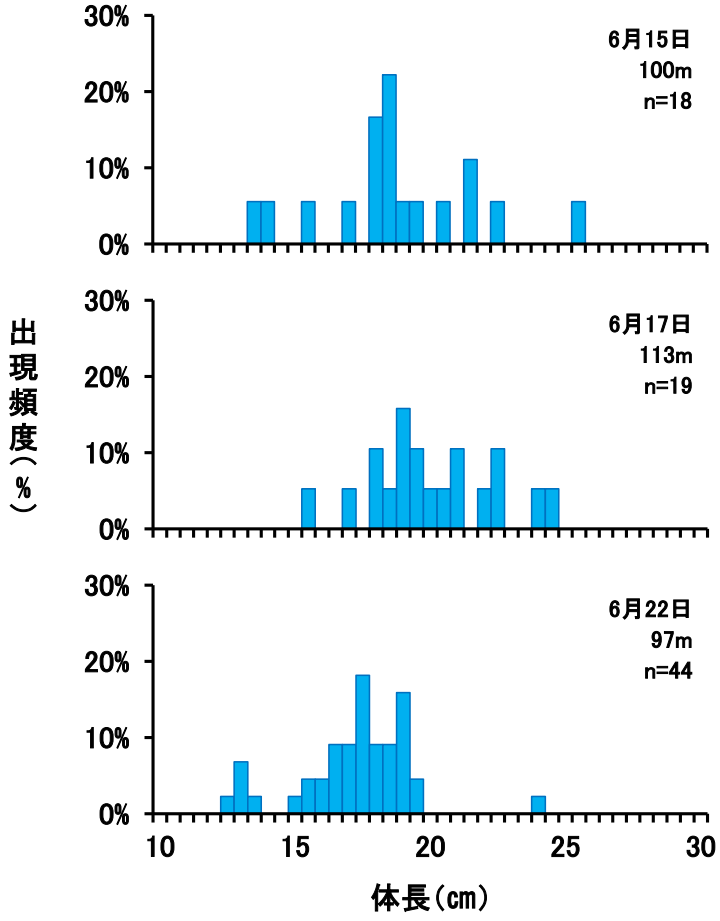


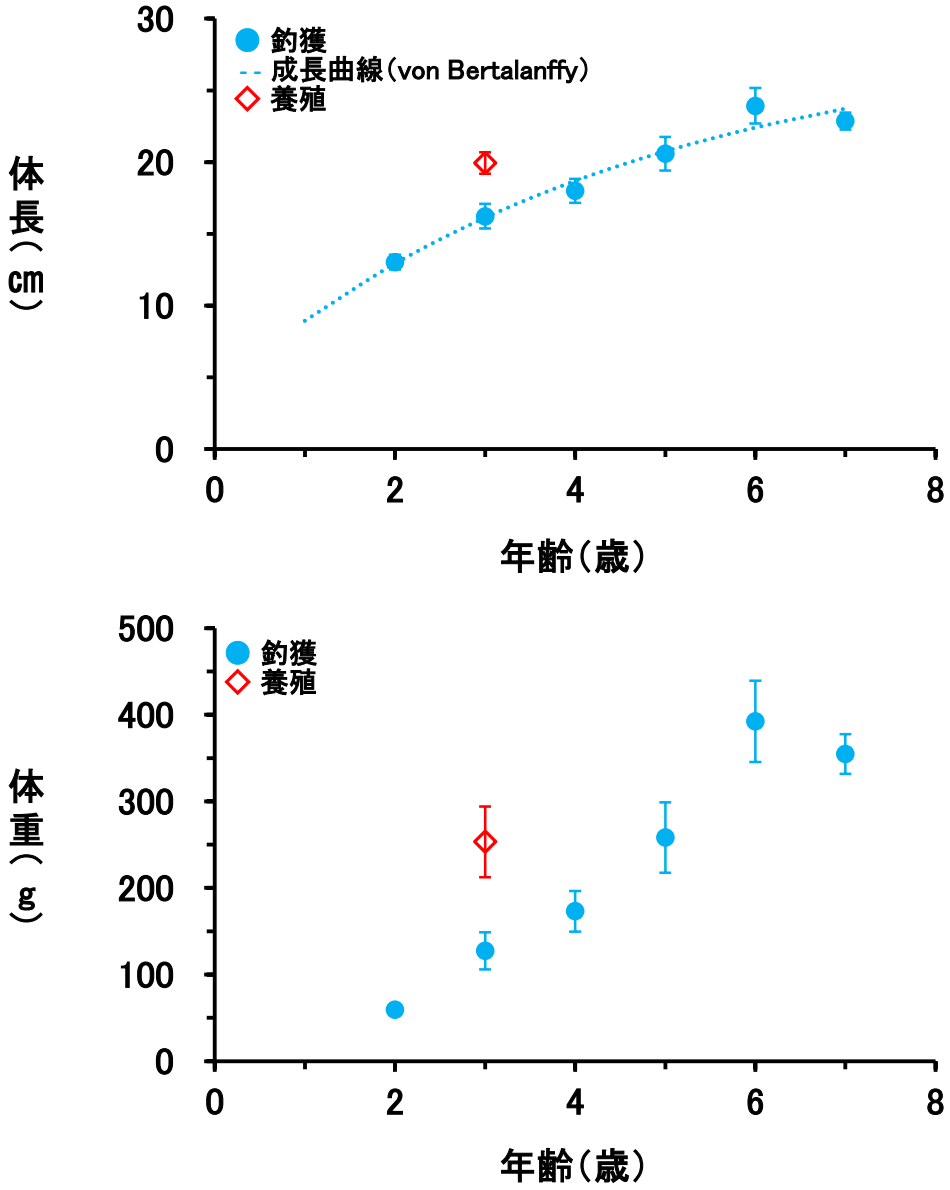
図-11　釣獲調査日ごとの体長組成

ウスメバルの耳石の輪紋から査定した年齢と体長、体重の関係は、図-12 に、体長と体重の関係は、図-13 に示すとおりである。また、釣獲により採捕したウスメバルおよび養殖のウスメバルの耳石は、写真-47 に示すとおりである。

ウスメバルの体長の成長が von Bertalanffy の成長式に従うものとし、最小二乗法によりパラメータを求めた結果、次のとおりとなった。

$$TL = 29.13 \times [1-\exp\{-0.22017 \times (t + 0.66326)\}]$$

竜飛ひらめ養殖生産組合で養殖されたウスメバルの体長は 3 歳で 19.9±0.7 cm であり、釣獲調査で採捕したウスメバルの 5 歳の体長（20.6±1.2 cm）に相当するものであった。



※ I は標準偏差を示す。

図-12 年齢と体長、体重の関係

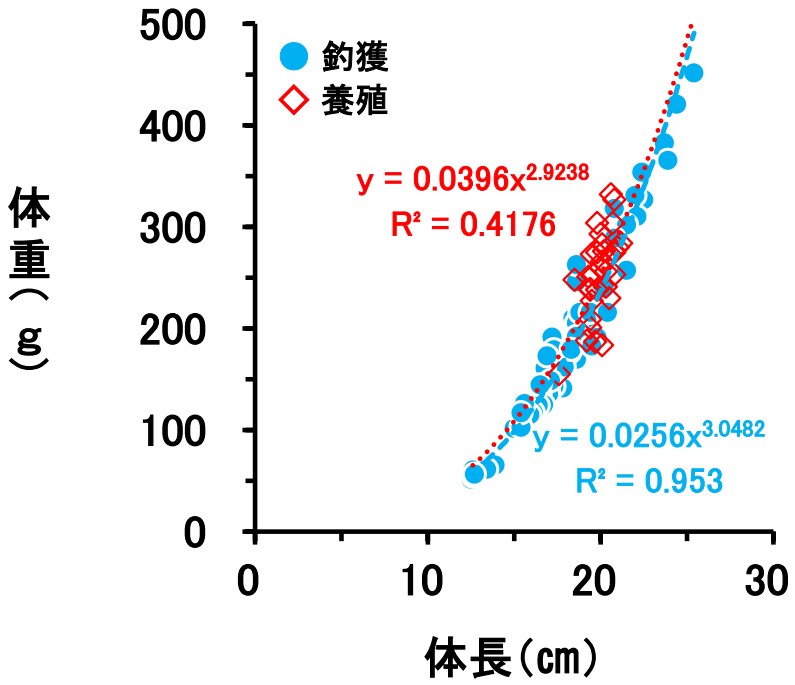


図-13　体長と体重の関係

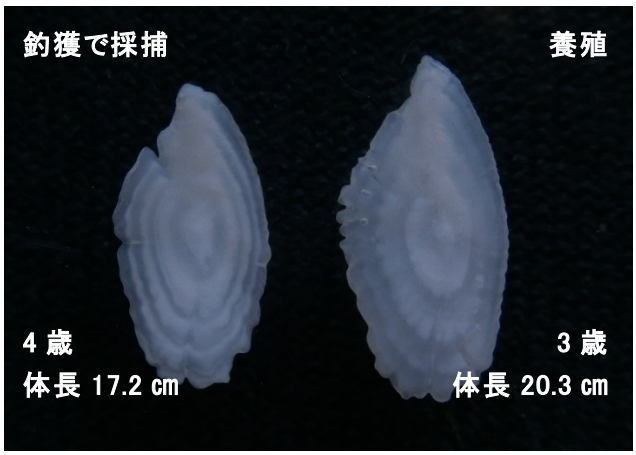


写真-47　ウスメバルの耳石（左：釣獲 4 歳、右：養殖 3 歳）

釣獲水深別のウスメバルの年齢組成は、図-14 に示すとおりである。

いずれの水深においても 4 歳の出現頻度が高かった。水深 97m では 5、7 歳に比べて、2、3 歳の出現頻度が高かったのに対し、113m では 5、6、7 歳の出現頻度が高かった。

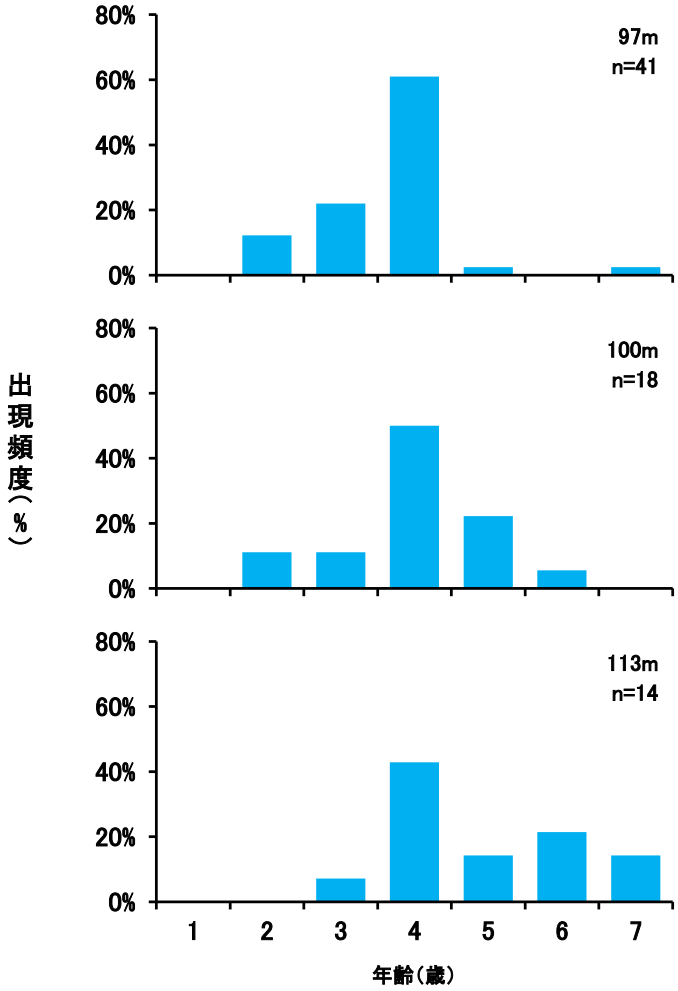


図-14 釣獲水深別のウスメバルの年齢組成（27 年 6 月）

3　バイオテレメトリー調査方法の検討

(1)　装着試験

（ア）施術および術後の経過

施術に要した時間および術後の経過観察結果は、表-12 に示すとおりである。

施術に要した時間は、腹腔内装着で平均 10 分、外部装着で平均 9 分、胃内挿入で平均 7 分であり、胃内挿入が最も短時間で施術できた。また、腹腔内装着および無標識における麻酔時間は 0.20mL/L で 12 分、0.15mL/L で 14 分であった。

術後の経過観察では、いずれの施術方法においても遊泳の異変や活力の低下は、みられなかった。腹腔内装着および外部装着では、観察期間内における模擬発信機の脱落はなかったが、胃内挿入においては、術後 6 日、8 日、10 日に模擬発信機の脱落が確認された。

表-12　施術に要した時間および術後の経過観察結果

No.	装着方法	体長（cm）	施術時間（min）	麻酔濃度（ml/L）	麻酔時間（min）	遊泳の異変									活力の低下									模擬発信機の脱落								
						施術後（日）									施術後（日）									施術後（日）								
						1	2	3	5	6	7	8	10	12	1	2	3	5	6	7	8	10	12	1	2	3	5	6	7	8	10	12
1	腹腔内装	19.3	10	0.20	10	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2	腹腔内装	19.5	11	0.20	10	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
3	腹腔内装	19.4	11	0.20	12	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
4	腹腔内装	20.8	9	0.20	12	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
5	腹腔内装	20.7	8	0.20	15	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
6	外部装着	19.8	8	−	−	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
7	外部装着	20.8	13	−	−	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
8	外部装着	20.0	8	−	−	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
9	外部装着	19.6	8	−	−	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
10	外部装着	20.3	8	−	−	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
11	胃内挿入	20.1	7	−	−	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
12	胃内挿入	21.0	7	−	−	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	脱落	
13	胃内挿入	20.0	8	−	−	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	脱落		
14	胃内挿入	20.3	7	−	−	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
15	胃内挿入	19.4	7	−	−	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	脱落				
16	無標識	19.5	7	0.15	15	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
17	無標識	19.8	7	0.15	12	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
18	無標識	21.2	9	0.20	10	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
19	無標識	20.6	8	0.20	12	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
20	無標識	20.8	8	0.20	12	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

※「○」は異常なしを示す

（イ）バイオテレメトリー装着方法の比較

模擬発信機の施術および術後の経過を踏まえたバイオテレメトリーの装着方法の評価表は、表-13 に示すとおりである。

評価には、バイオテレメトリー調査の確実性の観点から、「脱落のリスク」、ウスメバルの行動に関する観点から、「施術時のストレス」、「遊泳行動への影響」および「活力の維持」を指標とし、それぞれ「○」、「△」、「×」の三段階で評価した。

バイオテレメトリーの脱落のリスク：胃内挿入では、5 個体中 3 個体で発信機の脱落がみられたことから「×」とした。また、外部装着では、術後の観察中の脱落はみられなかったものの、実海域では、構造物や海底に引っかかる恐れがあることから「△」とした。

施術時のストレス：腹腔内装着では、麻酔を必要とすること、施術時間が最も長く必要となることから「×」とした。胃内挿入は、最も短時間で施術可能であったが、挿入時に食道や胃に傷を付ける可能性があることから「△」とした。

遊泳行動への影響：いずれの装着方法においても、術後の経過で異常はみられなかったが、外部装着では、潮流や海流の影響を受ける可能性があることから「△」とした。

活力の維持：いずれの装着方法においても、術後の経過で活力の低下はみられなかったが、胃内挿入では、長期間では摂餌への影響が懸念されることから「△」とした。

腹腔内装着は、外部装着や胃内挿入に比べて施術時のストレスが高くなると考えられるが、遊泳行動への影響や活力の維持への影響は少なく、また、脱落のリスクが最も低いことから、最も適切な装着方法であると判断した。

表-13 バイオテレメトリー装着方法の評価表

	脱落のリスク	施術時のストレス	遊泳行動への影響	活力の維持
腹腔内装着	○	×	○	○
外部装着	△	○	△	○
胃内挿入	×	△	○	△

(2)　追跡調査

（ア）供試魚の採捕

釣獲方法別の採捕尾数と生残尾数は、表-14 に示すとおりである。

60m で 5 分間、30m で 3 分間停止し、船上で籠に移し、速やかに釣獲調査近くの海域の水深 20m に 2 時間程度垂下させた場合の生残率が 73%で最も高かった。

表-14 釣獲方法別の採捕尾数と生残尾数

	処置				採捕数（尾）	生残数（尾）	生残率（%）
	60m で停止	30m で停止	エア抜き	20m で馴致			
Case 1	○	○	○		30	7	23
Case 2	○	○			12	0	0
Case 3	○	○		○	37	27	73
Case 4			○		8	3	38

（イ）発信機の装着

腹腔内装着を実施する際の 2-フェノキシエタノールによる麻酔の濃度および時間は、表-15 に示すとおりである。

表-15 フェノキシエタノールによる麻酔の濃度および時間

追跡調査	ケース	体長（cm）	麻酔濃度（mL/L）	麻酔時間（min）
連続型追跡	Case 1	18.6	0.15	3
	Case 2	20.8	0.08	3
	Case 3	19.4	0.06	7
設置型追跡	1	20.4	0.05	28
	2	19.5	0.13	4
	3	18.6	0.13	11
	4	16.9	0.13	4
	5	15.4	0.13	4

（ウ）連続型追跡

Case 1（体長 18.6 ㎝、4 歳）

Case 1 におけるウスメバルの軌跡は、図-15 に、放流地点からの水平方向の移動の経時変化は、図-16 に、鉛直方向の移動の経時変化は、図-17 に示すとおりである。

19 日 18 時 5 分に高層魚礁（KK21）近く、水深 73m で放流した後、ウスメバルは、日の入り（19 時 15 分）前まで、放流した KK21 付近の上方、水深 30m に定位した。その後、ウスメバルは、19 時から 19 時 30 分まで、水深 40m の深さを東方向に 800m 程度移動した後、21 時 30 分まで鉛直方向に 10～20m の潜行、浮上を繰り返しながら西方向に向かい、

放流地点から東に 200m の地点まで移動した。20 日 0 時まで潮上方向（操船による判断）となる、南方向に約 1,500m 移動した後、3 時 15 分まで、水平方向にはほとんど移動せず、鉛直方向に 30～40m 程度の潜行、浮上を繰り返した。漁業者によると、ウスメバルが滞留した海域は、海面のブイの配置等から底建網が設置されている海域であった。その後、潮上方向（操船による判断）となる北東方向に移動し、3 時 45 分から追跡終了となる 5 時まで水深 50m で再び滞留した。定位した海域は、底建網の設置海域であった。なお、21 日の 15 時には、同地点で放流したウスメバルを確認することはできなかった。

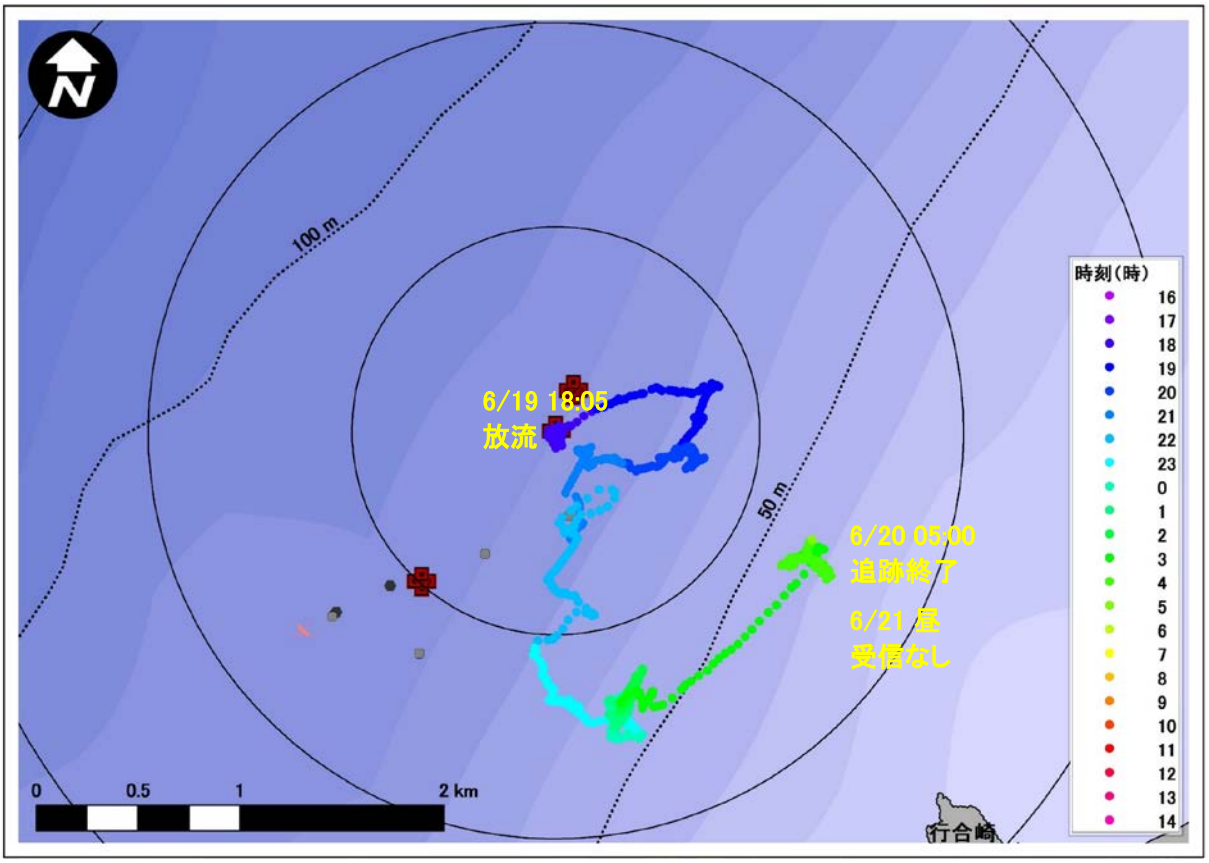


図-15 ウスメバルの軌跡（Case 1）

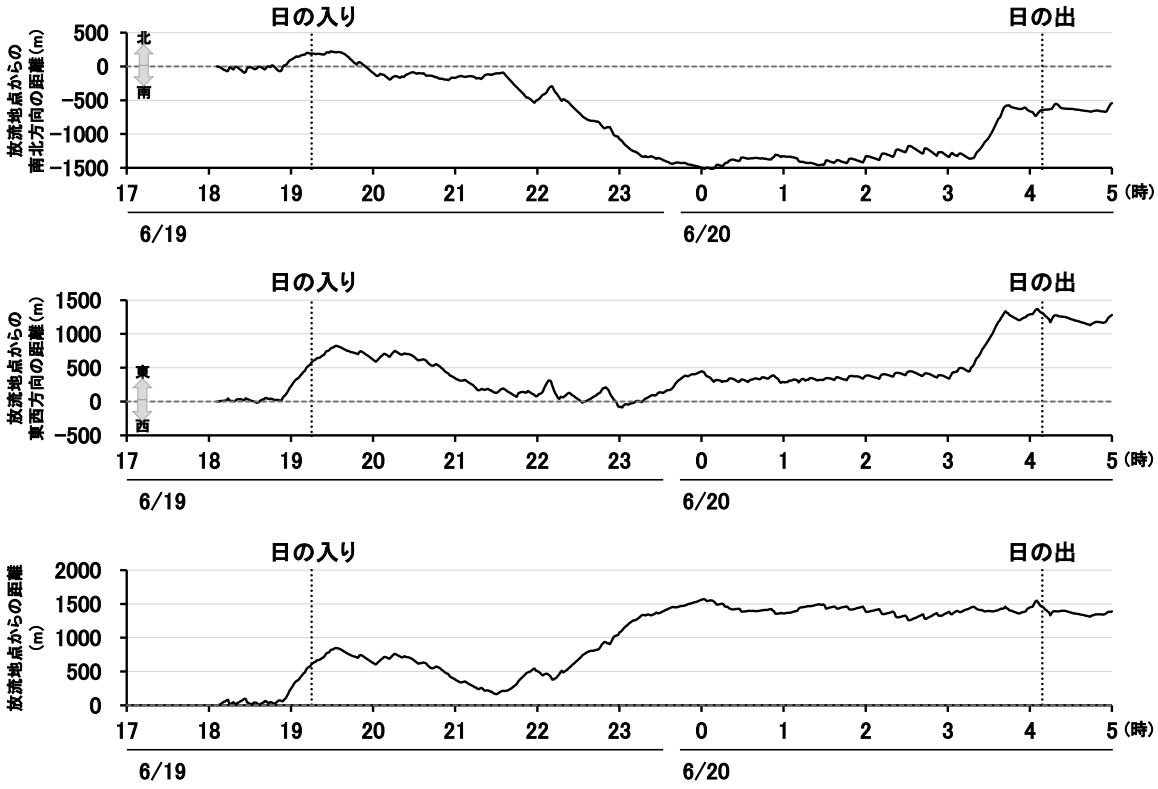


図-16　ウスメバルの放流地点からの水平方向の移動の経時変化（Case 1）

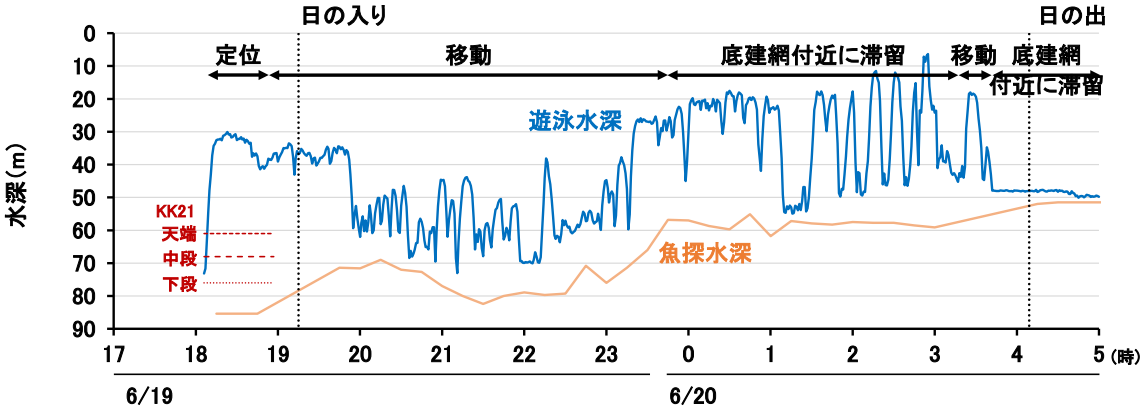


図-17　ウスメバルの放流地点からの鉛直方向の移動の経時変化（Case 1）

Case 2（体長 20.8 cm、5 歳）

Case 2 におけるウスメバルの軌跡は、図-18 に、放流地点からの水平方向の移動の経時変化は、図-19 に、鉛直方向の移動の経時変化は、図-20 に示すとおりである。

22 日 15 時 45 分に高層魚礁（KK21）近く、水深 72m で放流した後、ウスメバルは、日の入り（19 時 15 分）まで、KK21 の天端の影（水深 63m）に定位した。日の入り後、一旦海底近く（水深 78m）まで潜って、水深 62m まで浮上した後、再度海底付近まで潜り、19 時 30 分頃から潮上方向（操船による判断）となる、南東方向に移動を開始した。移動中、ウスメバルは海底上方を遊泳し、20 時 30 分頃には、放流地点から 750m 離れた水深 62m

の海域に達し、追跡終了となる 23 日の 7 時まで滞留した。滞留した海域は、ダウンスキャン、魚探画像（図-21）および漁業者の経験から、底建網（写真-48、写真-49、網の高さ 4 間：7.2m）が設置されている海域であった。その後の遊泳水深は、約 55m で底建網の上面付近に定位した。24 日の 15 時には、同地点で放流したウスメバルを確認することはできなかった。

25 日には、新深浦町漁協（驫木支所）の組合員が設置していた底建網で Case 2 のウスメバルが再捕された（写真-50、写真-51）。漁獲場所は、放流地点から北東方向に 5km 離れた水深約 50m の海域であった（図-22）。

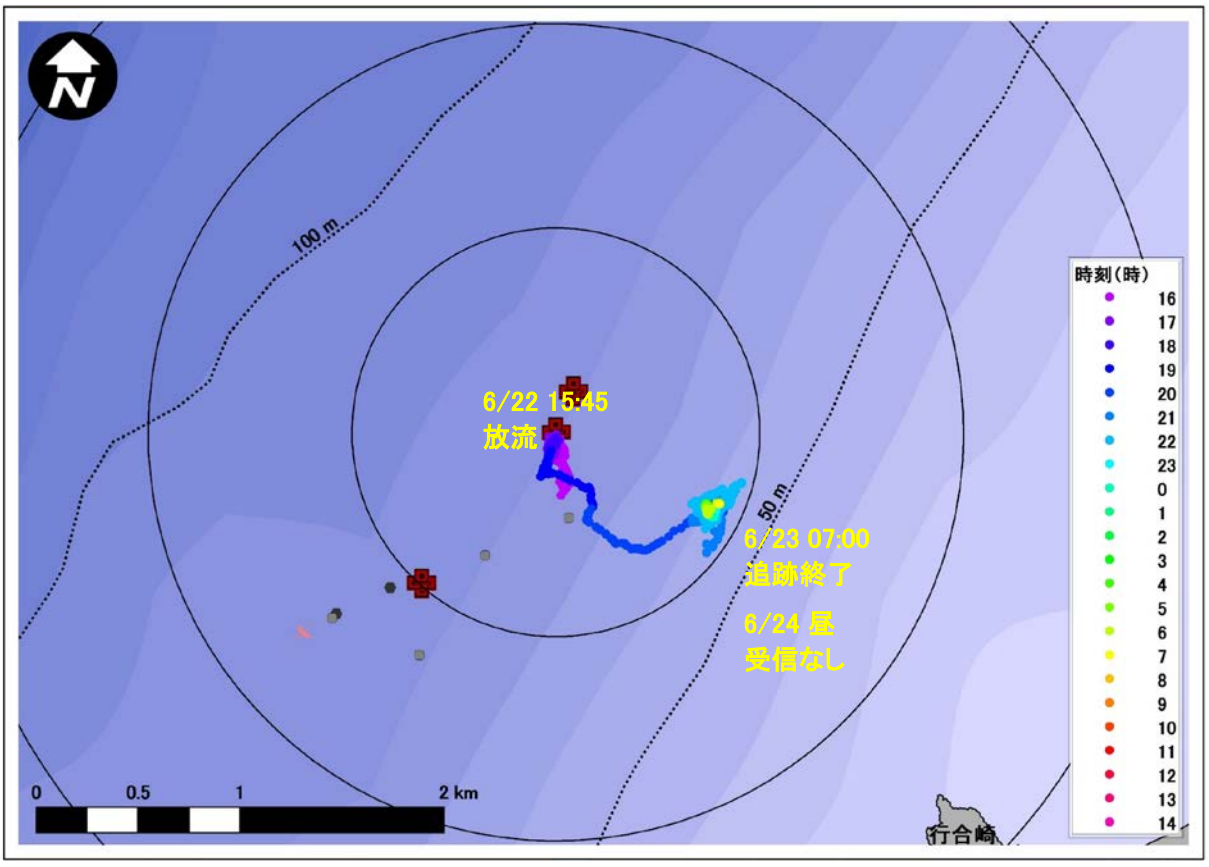
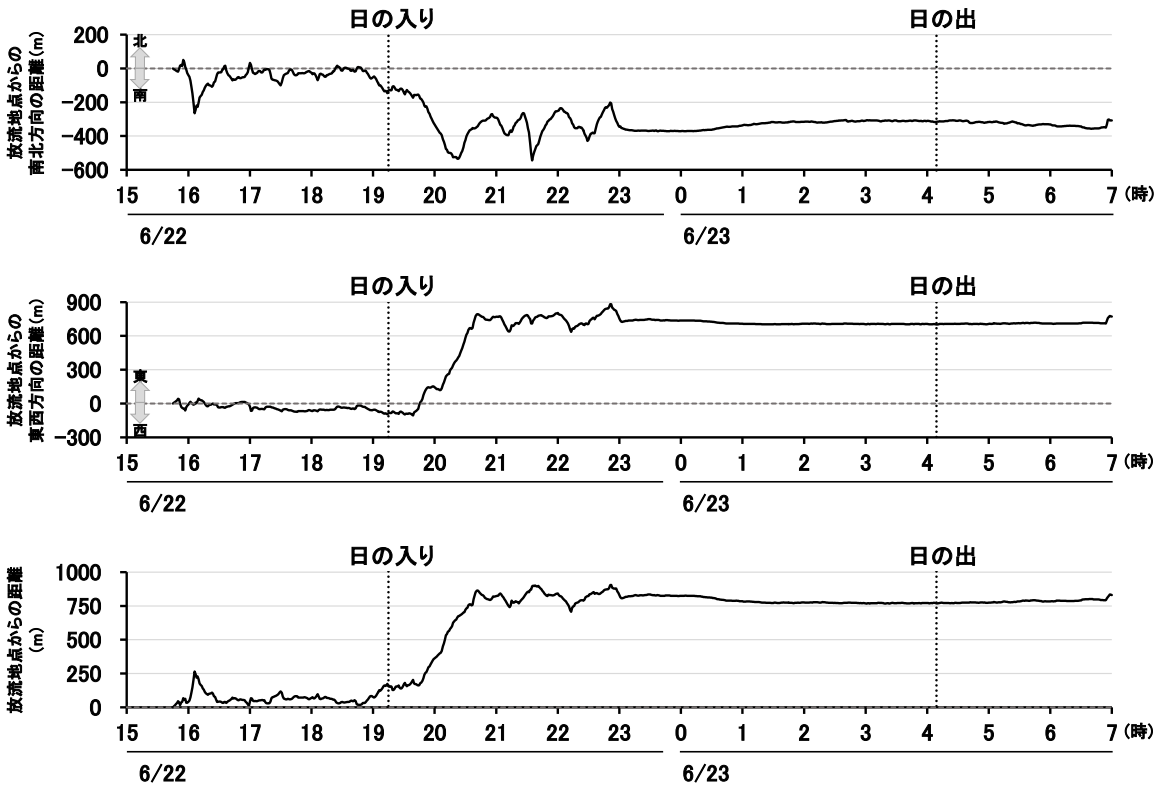
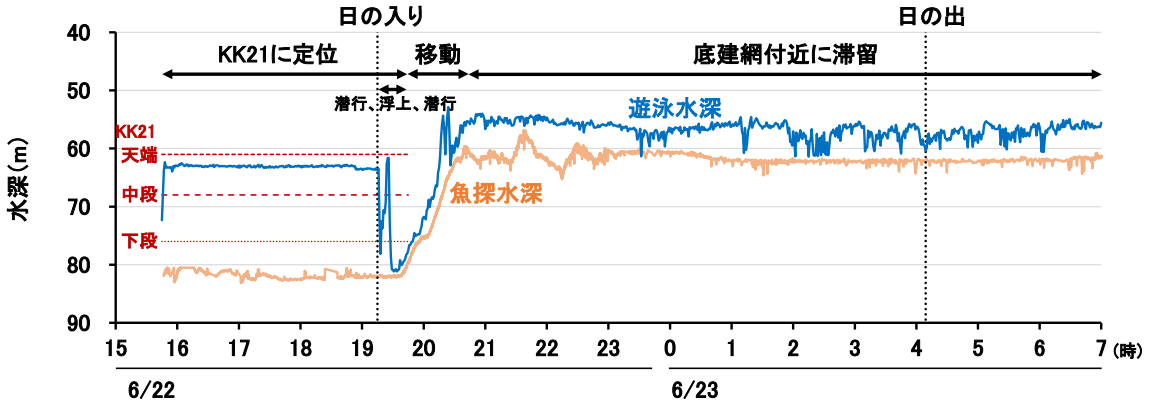


図-18 ウスメバルの軌跡（Case 2）



図−19　ウスメバルの放流地点からの水平方向の移動の経時変化（Case 2）



図−20　ウスメバルの放流地点からの鉛直方向の移動の経時変化（Case 2）

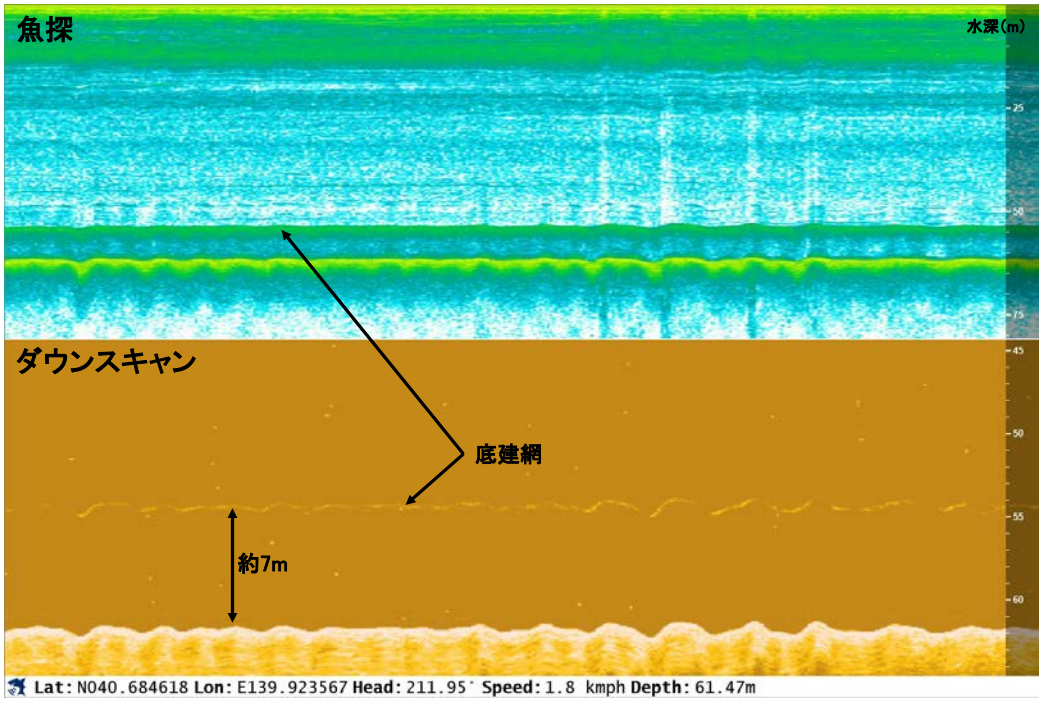


図-21　滞留した海域の魚探およびダウンスキャン画像（Case 2）

写真-48　底建網

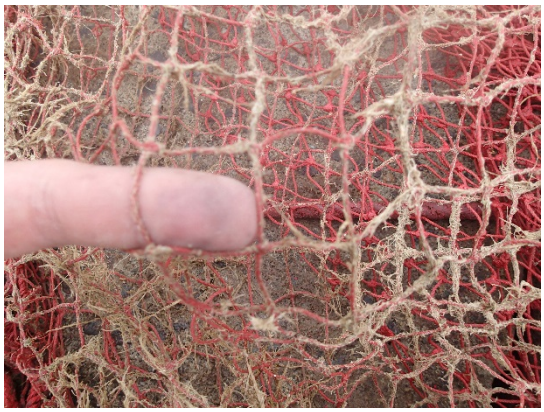


写真-49　底建網（洗浄後）

写真-50　再捕されたウスメバル（Case 2）

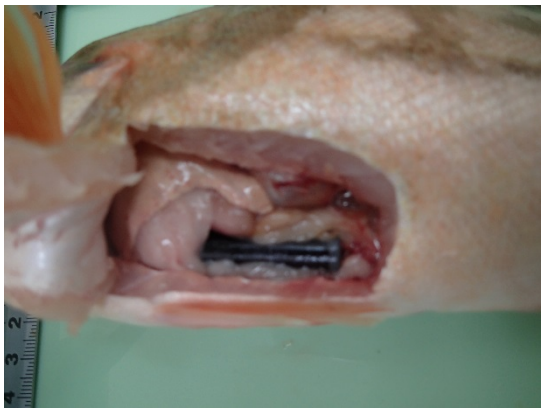


写真-51　再捕個体内の発信機

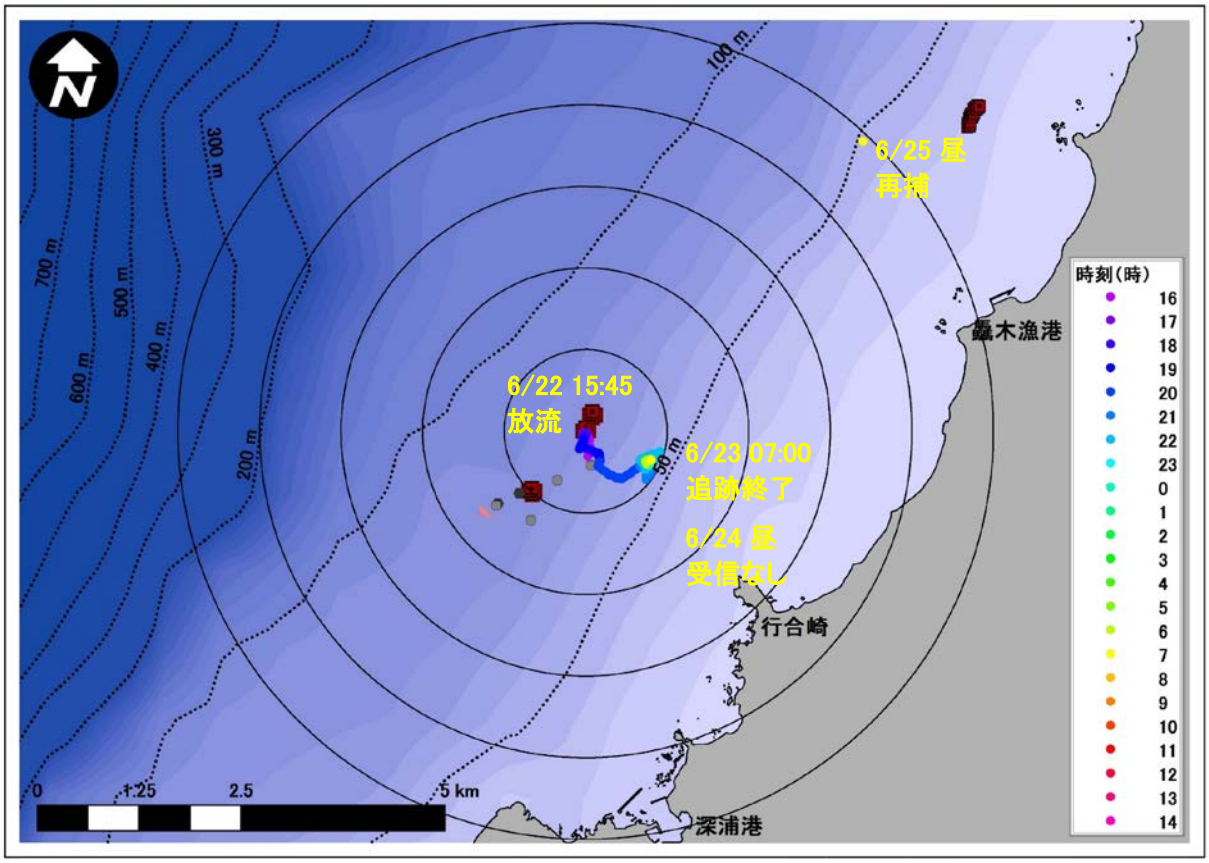


図-22 ウスメバルの再捕(Case 2)

Case 3(体長 19.4 cm、5 歳)

Case 3 におけるウスメバルの軌跡は、図-23 に、放流地点からの水平方向の移動の経時変化は、図-24 に、鉛直方向の移動の経時変化は、図-25 に示すとおりである。

24 日 16 時 25 分に高層魚礁(KK21)近く、水深 71m で放流した後、ウスメバルは、21 時 50 分頃まで KK21 の天端の影(水深 63m)および KK21 の中段の影(水深 70m)に定位した。その後、一度海底近く(水深 82m)まで潜り、水深 56m まで浮上した後、再度海底近傍まで潜り、22 時頃から潮上方向(操船による判断)となる、北東方向に移動を開始した。移動中、ウスメバルは海底上方を遊泳し、0 時 30 分頃には、放流地点から約 1,500m 離れた水深 75m の海域に達した。滞留した海域は、ダウンスキャンおよび魚探画像(図-26)から、岩礁域であった。この岩礁域は、東西に 500～600m、南北に 400m の範囲に広がり、周辺の水深は約 70～80m であるのに対し、浅いところでは水深 58m となっていた。ウスメバルは、25 日の日の出(4 時 10 分)までの間、概ね水深 60～67m に分布し、日の出後から追跡終了となる 7 時までの間は、水深 75m に分布した。25 日 12 時においても、同じ岩礁域の水深 74m でウスメバルを確認することができた(写真-52)。

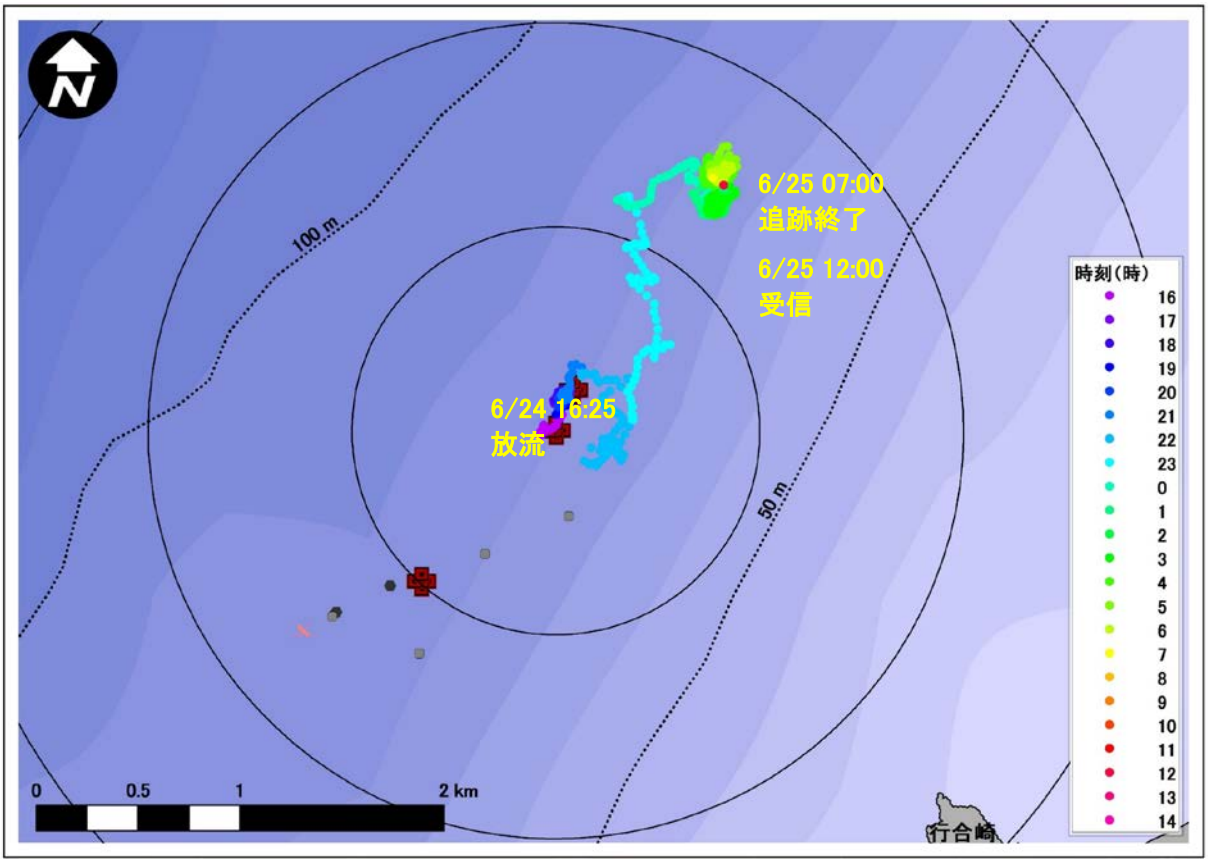


図-23 ウスメバルの軌跡(Case 3)

写真-52 連続追跡後の確認(Case 3)

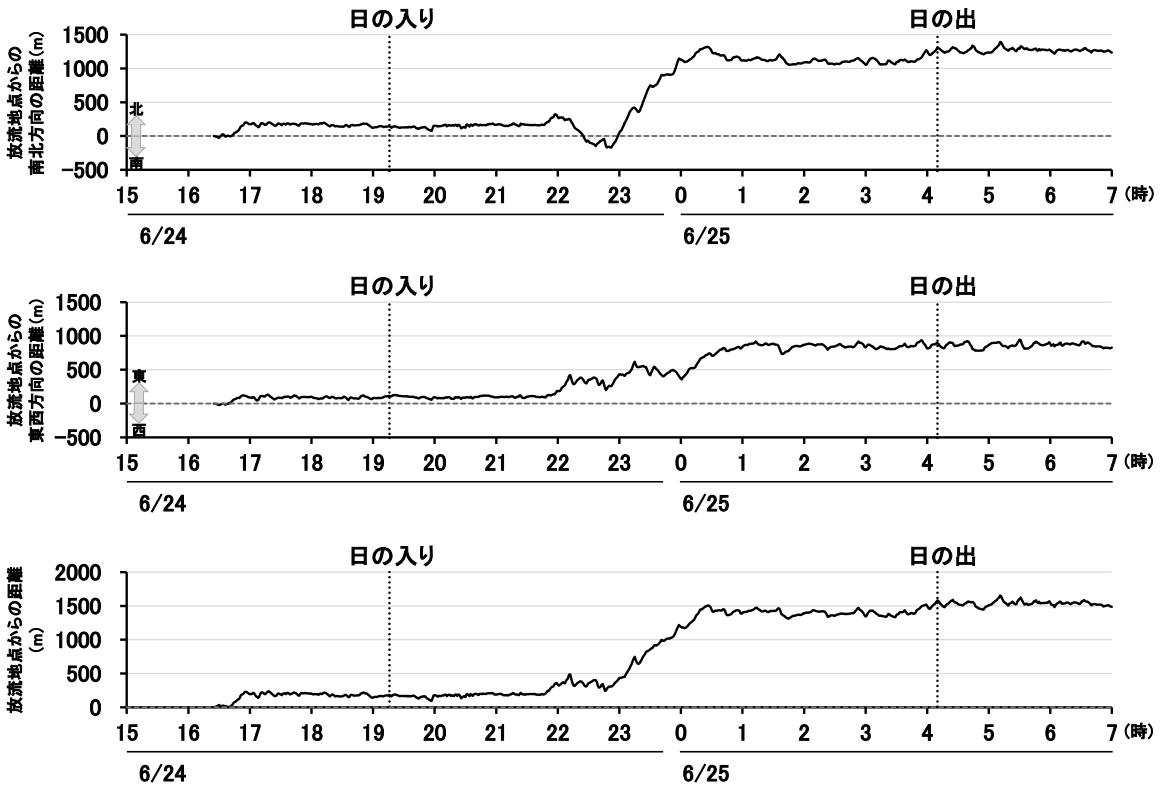


図-24 ウスメバルの放流地点からの水平方向の移動の経時変化(Case 3)

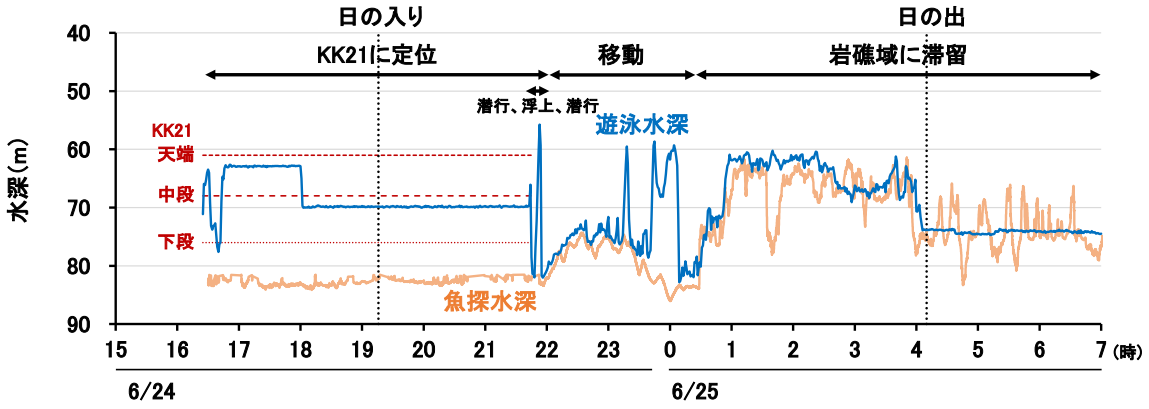
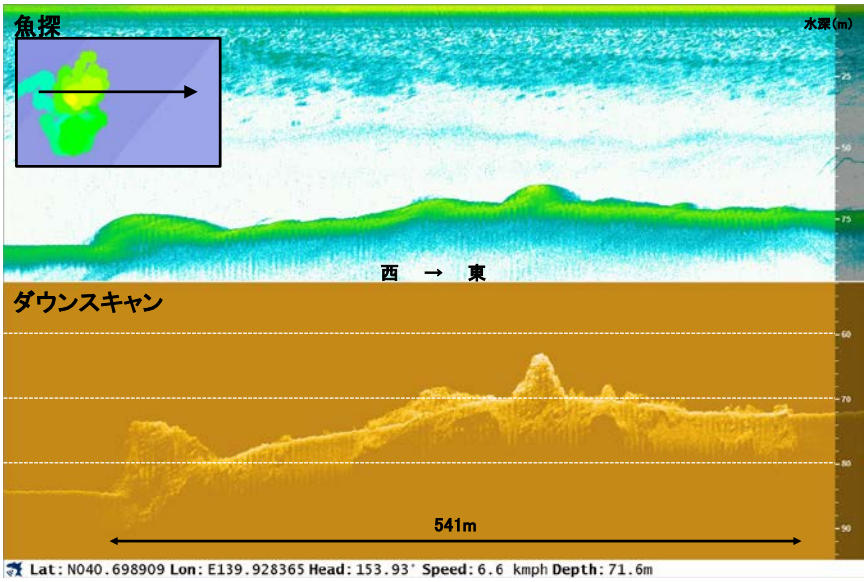
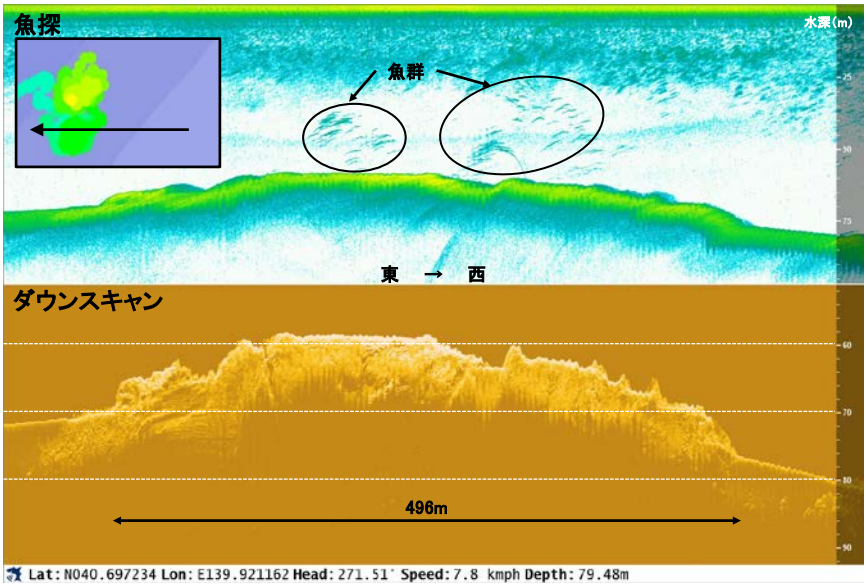


図-25 ウスメバルの放流地点からの鉛直方向の移動の経時変化(Case 3)





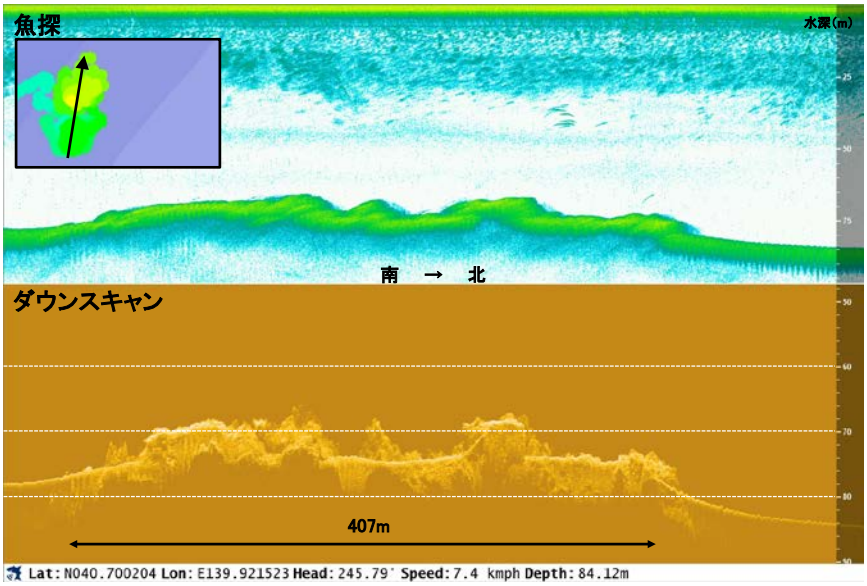


図-26 滞留した海域の魚探およびダウンスキャン画像(Case 3)

（エ） 連続型追跡調査結果の整理

・水深約 80m に設置されている高層魚礁で日没前に放流したウスメバル 4 歳および 5 歳は、高層魚礁の天端、中段或いは上方に定位した。
・日没前後から 22 時頃までの間に魚礁を離れた。
・魚礁を離れる直前には、一度海底付近まで潜行、魚礁天端付近まで上昇し、再び海底付近まで潜行し、移動を開始した。
・移動方向は、操船による判断からでは潮上方向で、1～5 時間移動した。
・滞留した海域は、水深約 60m に設置されている底建網の網の上部（Case 1、2）や水深約 60～80m に分布する岩礁域（Case 3）であった。
・連続型追跡では、いずれのケースもウスメバルは日の出まで滞留し、Case 3 では、正午においても同海域にとどまっていたことを確認した。
・また、Case 1、2 のウスメバルは、翌日の昼の時点で滞留していた海域にいなかった。
・連続型追跡におけるウスメバルの移動距離は、0.8～1.5km/日であり、追跡終了の 2 日後に約 5km 先の底建網により再捕された Case 2 では、少なくとも 1 日あたり 2.5km を移動したものと考えられる。

（オ）設置型追跡

放流したウスメバルは、写真-53、写真-54、設置型受信機による受信状況は、図-27 に示すとおりである。

A の高層魚礁（KK-10）で放流したウスメバルのうち、とどまる期間が最も短かったのは、体長 20.4 ㎝、5 歳と体長 15.4 ㎝、3 歳のウスメバルで、翌日の夜以降は、受信機を回収した 10 月 23 日まで確認されなかった。最も長くとどまったのは、体長 16.9 ㎝、3 歳のウスメバルで、7 月 11 日の夜まで 19 日間とどまり続けた。

また、いずれの個体も受信が途絶えるのは、夜間（20 時から 0 時まで）であった。

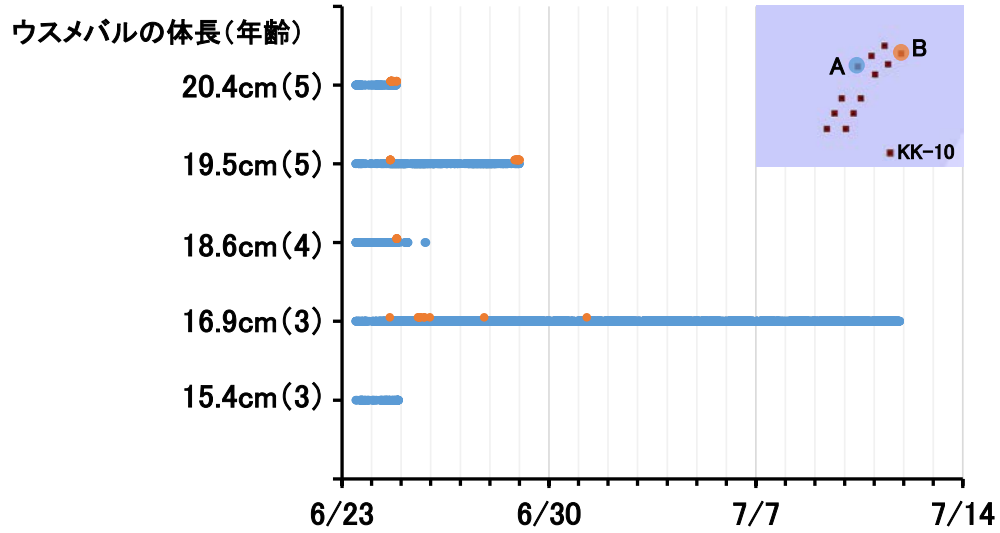


図-27　設置型受信機による放流したウスメバルの受信状況

写真-53　放流したウスメバル

写真-54　放流したウスメバル

4　ウスメバルの餌料の検討

(1)　胃内容物

胃内容物中の個体数および重量の組成は、図-28、表-16 に示すとおりである。

2 歳のウスメバル胃内容物中には、硬骨魚綱の鱗片が確認された。3 歳のウスメバルでは、端脚類やカイアシ類などの節足動物の占める割合が高く、この他に毛顎動物のヤムシ属が含まれた。4 歳のウスメバルでは、3 歳の胃内容物と同様に、カイアシ類や端脚類の節足動物の占める割合が高く、この他に毛顎動物、線形動物、軟体動物および硬骨魚綱の鱗片が出現した。

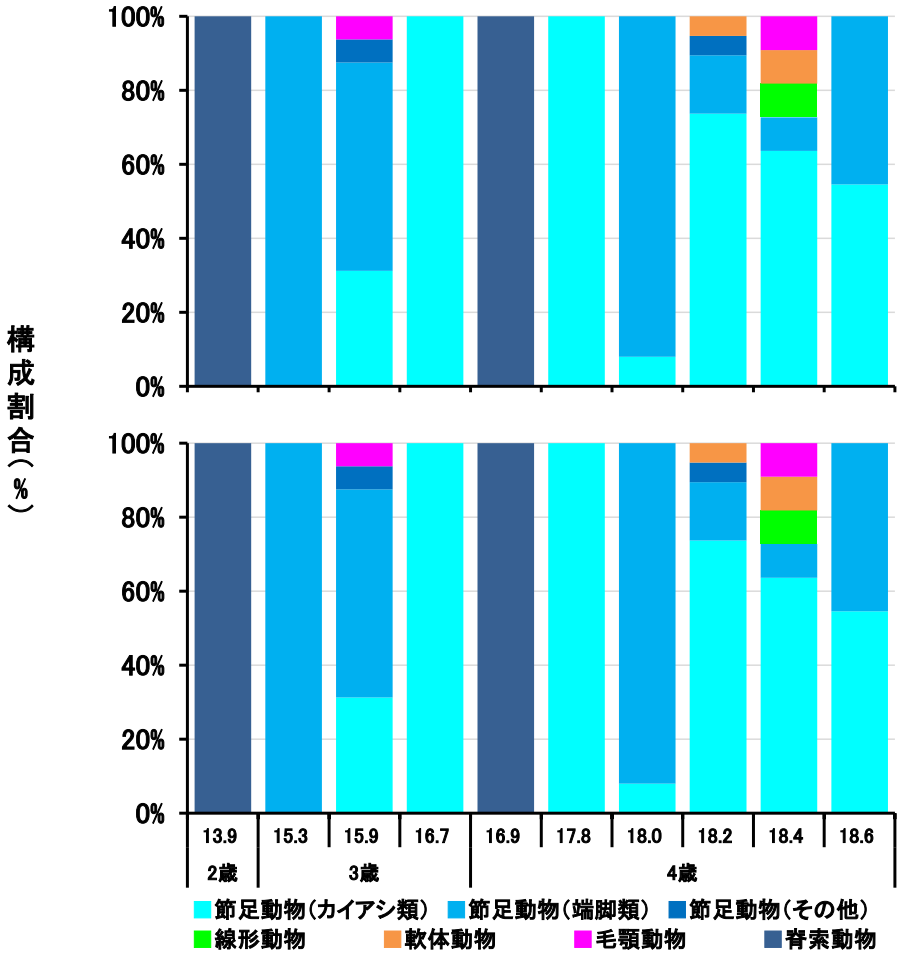


図-28　ウスメバルの胃内容物の組成（上：個体数、下：重量）

表-16 ウスメバルの胃内容物中の組成

単位:個体数、湿重量(g)／胃

No.	門	綱	目	科	種名	項目	2歳		3歳						4歳											
						体長	13.9cm		15.3cm		15.9cm		16.7cm		16.9cm		17.8cm		18.0cm		18.2cm		18.4cm		18.6cm	
							個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量
1	線形動物	–	–	–	NEMATOIDA	線形動物門																	1	0.0001		
2	軟体動物	腹足	異足	ｸﾁｷﾚｳｷｶﾞｲ	Atlantidae	ｸﾁｷﾚｳｷｶﾞｲ科																	1	0.0001		
3			–	–	GASTROPODA(operculum)	腹足綱の蓋															1	+				
4	節足動物	顎脚	ｶﾗﾇｽ	ｶﾗﾇｽ	*Calanus sinicus*						1	0.0001									5	0.0002	2	0.0003	2	0.0001
5				ｶﾝﾀﾞｼｱ	*Candacia bipinnata*																1	+				
6				ﾕｳｶﾗﾇｽ	*Eucalanus attenuatus*												1	0.0006								
7				ﾕｳｷｰﾀ	Euchaetidae	ﾕｳｷｰﾀ科							1	0.0002					1	0.0001					1	0.0001
8				–	CALANOIDA	ｶﾗﾇｽ目					4	0.0001	2	0.0002					1	0.0001	8	0.0003	5	0.0002	3	0.0001
9			–	–	COPEPODA(part)	ｶｲｱｼ亜綱の一部分			–	+																
10		軟甲	端脚	ｽｶﾞﾒｿｺｴﾋﾞ	Ampeliscidae	ｽｶﾞﾒｿｺｴﾋﾞ科													1	0.0035						
11				ｲｼｸﾖｺｴﾋﾞ	Isaeidae	ｲｼｸﾖｺｴﾋﾞ科					7	0.0015							22	0.0050						
12				–	GAMMARIDEA	ﾖｺｴﾋﾞ亜目					1	+									2	0.0001			1	+
13				ﾜﾚｶﾗ	*Caprella simia*	ｶﾏﾃﾜﾚｶﾗ					1	0.0005														
14				ｸﾗｹﾞﾉﾐ	Hyperiidae	ｸﾗｹﾞﾉﾐ科			1	0.0010															1	0.0005
15				ﾏﾙｵｳﾐﾉﾐ	*Primno macropa*	ﾄｹﾞｳﾐﾉﾐ																	1	0.0023	1	0.0002
16				–	HYPERIIDEA	ｸﾗｹﾞﾉﾐ亜目															1	+			2	0.0005
17			ｸｰﾏ	–	CUMACEA	ｸｰﾏ目															1	0.0003				
18			十脚	–	DECAPODA(larva)	十脚目の幼生					1	0.0001														
19		–	–	–	CRUSTACEA(part)	甲殻亜門の一部分									–	+							–	0.0019		
20	毛顎動物	現生矢虫	無膜	ﾔﾑｼ	*Sagitta* sp.	ﾔﾑｼ属					1	0.0009											1	0.0016		
21					*Sagitta* sp.(hook)	ﾔﾑｼ属の顎毛															–	+			–	+
22	脊索動物	硬骨魚	–	–	Osteichthyes(scale)	硬骨魚綱の鱗	–	0.0011			–	0.0003			–	0.0005			–	0.0006	–	+	–	+	–	+
23	–	–	–	–	Unidentified or digested matter	不明物または消化物	–	0.0515	–	0.0688	–	0.0862	–	0.0768	–	0.0639	–	0.0407	–	0.1065	–	0.1607	–	0.1119	–	0.1365
24	–	–	–	–	Sand grains	砂粒													–	0.0002	–	0.0004				
						種類数	2		3		9		3		3		2		7		11		9		10	
						個体数、湿重量合計	–	0.0526	1	0.0698	16	0.0897	3	0.0772	–	0.0644	1	0.0413	25	0.1160	19	0.1620	11	0.1184	11	0.1380

注）個体数の – は計数困難を、湿重量の + は 0.0001g 未満を表す。

(2)　炭素・窒素安定同位体比

ウスメバルの養殖個体および配合飼料の CN マップは、図-29 に示すとおりである。

ウスメバル筋肉について脱脂処理を施した場合、δ ^{13}C は 0.7‰、δ ^{15}N は 0.7‰高くなり、配合飼料では、δ ^{13}C で 0.9‰、δ ^{15}N は 0.2‰高くなった。

脱脂処理を施したウスメバルの養殖個体の筋肉と配合飼料間のδ ^{13}C およびδ ^{15}N の差は、それぞれ 2.8‰、4.9‰であった。

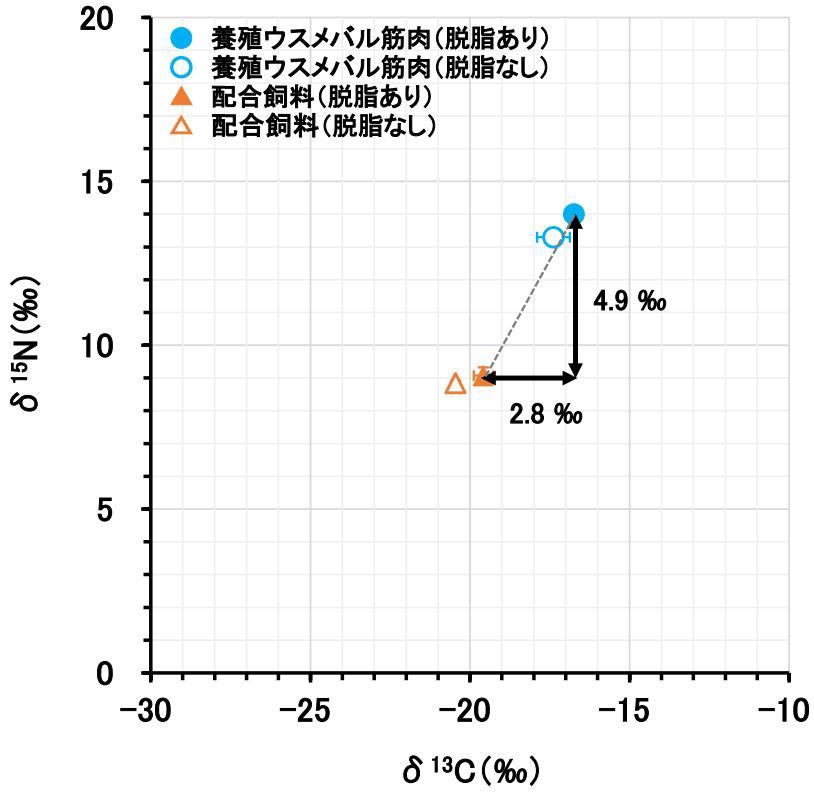
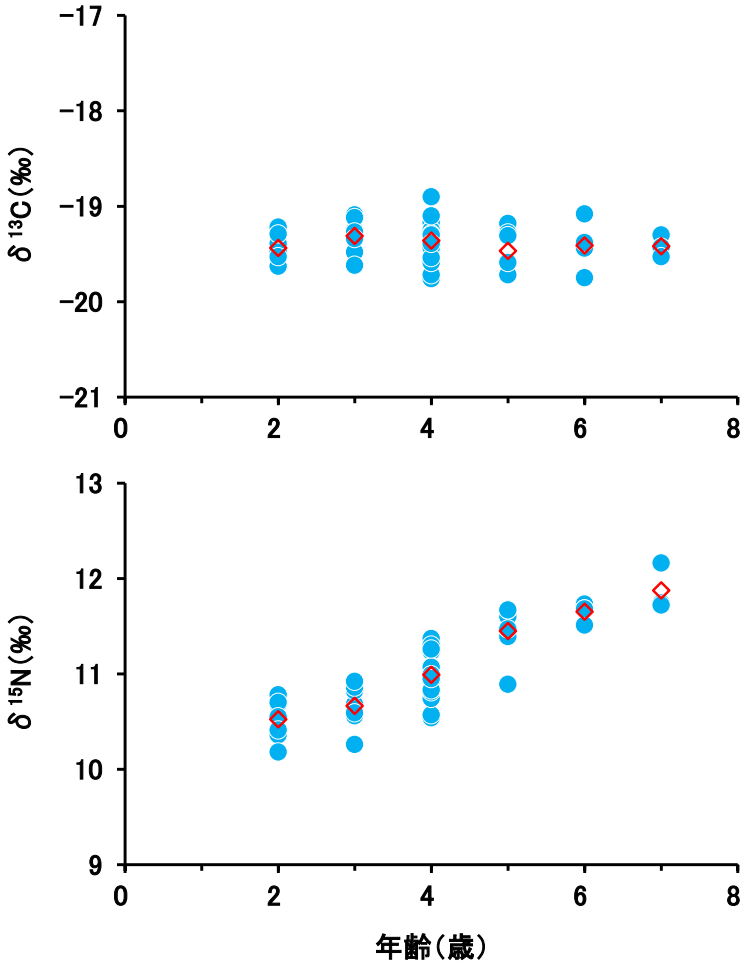


図-29　ウスメバルの養殖個体および配合飼料の CN マップ

ウスメバルの年齢別の炭素、窒素安定同位体比は、図-30 に示すとおりである。ウスメバルの $\delta^{13}C$ は、年齢に関わらず、-19.5‰程度であった。

$\delta^{15}N$ は、2 歳と 3 歳では、それぞれ 10.5‰、10.7‰でほぼ同じであった。4 歳以上になると、高齢になるに従い $\delta^{15}N$ が高くなる傾向がみられ、6 歳と 7 歳ではそれぞれ 11.7‰、11.9‰であった。



※ ◇ は平均を示す。

図-30 ウスメバルの年齢別の炭素、窒素安定同位体比

f　今後の課題

1　平成 27 年度の調査で明らかになった点と次年度以降に向けた課題

27 年度調査で明らかになった点を黒字、不明点や課題を赤字で示す。

(1)　ウスメバルの生活史や行動の概要

産仔されたウスメバル仔魚は、浮力により表層に運ばれ、流れ藻に随伴して北上する[10]。底生生活移行後では、南下への移動が卓越する。これは、浮遊期に受動的に北方に輸送されることへの補償行動であると考えられている[19]。しかし、漁獲対象となる前の 1～2 歳魚の分布には不明な点が多い。

胃内容物中の出現から、1～3 歳魚は、生息域に分布しているプランクトンや昼夜間に鉛直移動するプランクトンを捕食していると考えられている。4 歳魚以上の胃内容物は、ツノナシオキアミ等が主体となり、また、魚類やホタルイカ等の頭足類が出現することから、索餌活動を行っている可能性があるとされている[15]。しかし、ウスメバル幼稚魚は胃内容物を吐き出す個体が多く、索餌に関する知見の収集が必要である。

(2)　ウスメバルの蝟集状況

27 年 6 月の釣獲調査において、水深 97m では 5、7 歳に比べて、2、3 歳の出現頻度が高かったのに対し、113m では 5、6、7 歳の出現頻度が高かった。

(3)　供試魚の採捕方法

釣り上げ時には、水圧の変化を抑えるため、0.2m/s 程度でリールを巻いた。試行した釣り上げ方法のうち、最も生残率が高かった方法は、①釣獲水深の約 1/2 層（水深 60m）で 5 分間、②水深 30m で 3 分間減圧のため停止し、③エア抜きはせずに、④速やかに採捕地点付近の海域の水深 20m に 2 時間程度垂下させた場合であった。

(4)　発信機の装着方法

発信機の装着時には、太陽光によるウスメバルの眼球への影響を抑えるため、弱光下で施術した。装着方法は、腹腔内装着（腹部切開、縫合）、外部装着（尻鰭基部）、胃内挿入を試行した。いずれの方法においても術後 12 日間の観察において、遊泳の異変や活力の低下は確認されなかった。ただし、胃内挿入においては、術後 6 日、8 日、10 日後に模擬発信機の脱落が確認された。脱落のリスクが最も低く、遊泳行動や活力の維持への影響が少ない腹腔内装着が、最適な装着方法と判断された。

さらに、スパゲティタグなどの標識を併せることで、再捕によるウスメバルの行動に関する情報を収集できることが 27 年度の追跡調査（連続型追跡；Case2）で実証された。

(5)　追跡調査

27 年度には、1 昼夜の連続型追跡を 3 ケース（4 歳魚；1 ケース、5 歳魚；2 ケース、各ケース 1 昼夜）および 5 尾（3 歳魚；2 尾、4 歳魚；1 尾、5 歳魚；2 尾）を対象に設置型追跡を 122 日間実施した。放流地点はそれぞれ水深約 80m に設置された高層魚礁、水深約 30m の

人工魚礁とした。

連続型追跡の放流には、青森県産業技術センター水産総合研究所の放流籠を用いた。垂下時には、ロープの目盛りや受信機で測得される発信機の水深、魚群探知機の画像を確認することで、魚礁の中段（水深約 70m）で放流することができた。また、追跡時には、サイドスキャンソナー機能を有する魚群探知機を併用することにより、ウスメバルの移動海域の海底地形や連続的な水深を記録することが可能となり、調査の精度を高めることができた。

ウスメバルは、放流後には水深約 80m に設置されている高層魚礁に定位し、夜間に魚礁を離れた。1～5 時間移動した後に滞留した海域は、水深約 60m に設置されている底建網の網の上部や水深約 60～80m の岩礁域であった。その後、ウスメバルは日の出まで滞留海域にとどまった。スポット的な確認では、正午においても滞留していた海域にとどまるが（Case 3）、翌日の昼の時点では、滞留した海域におらず、移動したものと考えられた（Case 1、2）。3 ケースの連続型追跡におけるウスメバルの移動距離は、0.8～1.5km/日であった。また、再捕されたウスメバルは、少なくとも 1 日あたり 2.5km を移動したものと考えられた。

設置型追跡では、発信機を装着したウスメバルを収容した籠を、潜水士が魚礁まで持ち運び、蓋を開けることで放流した。

ウスメバル 5 歳魚は、1.5～5.5 日、4 歳魚では 2.5 日、3 歳魚では 1.5～18.5 日、放流地点の魚礁に定位した。

1 昼夜の連続型追跡調査（水深 80m）では、ウスメバルは、「夜間に移動→翌日の夜間まで滞留」を繰り返すことが示唆されたが、設置型追跡調査（水深 30m）では、1.5～18.5 日間滞留しており、滞留する期間が水深帯や年齢によって異なる可能性がある。

ウスメバルの移動方向は、操船時海面上では潮上方向と判断されたが（船長の感覚）、ウスメバルが遊泳した底層の流れは不明である。

(6) ウスメバルの餌料

ウスメバル 4 歳魚の胃内容物は、3 歳魚と同様に、カイアシ類や端脚類の節足動物の占める割合が高く、この他に毛顎動物、線形動物、軟体動物および硬骨魚綱の鱗片が出現した。

配合飼料を給餌されたウスメバル筋肉の $\delta^{13}C$ 濃縮係数は 2.8‰、$\delta^{15}N$ 濃縮係数は 4.9‰と算定された。

ウスメバル 2 歳魚と 3 歳魚の $\delta^{15}N$ はほぼ同じで、4 歳以上では年齢とともに $\delta^{15}N$ が高くなる傾向がみられた。このことから、栄養段階が高い生物を餌料として利用する割合が徐々に高まることが示唆された。年齢ごとの餌料の寄与率を把握するために、餌料生物も含めた炭素・窒素安定同位体比を分析することが必要である。

2　平成 28 年度以降の調査計画（案）

以上のことを踏まえて、平成 28 年度以降の調査の目的、方法を下記のとおり計画する。

(1)　目的

ウスメバルは、流れ藻に随伴して北上した後、水深 50m 程度までの天然礁や人工魚礁に着底し、底生生活に移行し、3 歳魚以上は、水深 80～150m を主分布域としている。しかし、漁獲対象となる 1～2 歳魚の分布や、魚礁およびその周辺の移動経路、滞留状況については依然、不明な部分が多い。

効果的な魚礁の構造や配置計画といった漁場整備を検討するためには、①バイオテレメトリー調査等によって魚礁や周辺の行動特性を把握し、②蝟集状況等についても把握する必要がある。

ウスメバルの行動特性を把握するために、平成 27 年度には、3 歳魚以上を対象としたバイオテレメトリー調査のための供試魚の採捕、発信機の装着方法を確立した。試行的に実施したバイオテレメトリー調査から、ウスメバルの行動特性は、①適切な方法で最適な時期に供試魚を採捕し、②連続型追跡調査および③設置型追跡調査によって水深帯や年齢に留意して把握する必要が示唆された。また、④ウスメバルの移動方向は流れと関係する可能性があり、これを検証する必要がある。産卵加入前の 1～2 歳魚については、資源管理の上で重要であるものの、魚体サイズによる制限からバイオテレメトリー調査は困難である。そのため、別の手法を用いて⑤若齢個体の行動を検討しなければならない。

ウスメバルの蝟集状況等を把握するため、①計量魚探調査や②釣獲調査、③餌料生物調査により、蝟集量やウスメバルの成熟、餌料の寄与等を明らかにする必要がある。

(2)　方法

①　ウスメバルの行動特性の把握

（カ）供試魚の採捕

ウスメバルを採捕する際、水深が深くなるほど水圧差により、目や腹が膨張する。そのため、(4)-③示した方法により、供試魚を採捕する。さらに、水圧の変化を抑制するために、浅所での釣獲が期待できる時期に調査を実施する。

（キ）連続型追跡調査

発信機の装着方法は、(4)-④に示した腹腔内装着を基本とする。水深 80m および水深 30m の人工魚礁を放流地点とする。追跡するウスメバルは、発信機の装着が可能な 3 歳魚以上で異なるサイズ（年齢）を対象とする。追跡期間は、行動様式を把握するため 3 昼夜とする。

（ク）設置型追跡調査

発信機の装着方法は、腹腔内装着を基本とする。放流地点は、水深 80m および水深 30m の人工魚礁とする。追跡するウスメバルは、発信機の装着が可能な 3 歳魚以上で異なるサイズ（年齢）を対象とする。受信機の設置箇所は、放流地点となる各水深帯の人工魚

礁を基本とする。連続型追跡調査の結果や漁業者等の情報により、ウスメバルが滞留する可能性のある海域への設置も検討する。追跡期間は3ヶ月以上とする。

（ケ）流況調査

連続型追跡調査の実施期間中に電磁流向流速計を実施海域の底層に設置し、ウスメバルの行動と流向の関係を把握する。

（コ）若齢個体の行動の検討調査

ウスメバルの耳石の酸素安定同位体比を分析し、酸素安定同位体比と水温の関係から、2歳以下のウスメバルの水温履歴を推定する。

② ウスメバルの蝟集状況等の把握

（ア）計量魚探調査

人工魚礁および天然礁において科学計量魚探により、ウスメバルの蝟集状況を定量的に把握する。同時に釣獲や潜水士による目視、ROV等により、魚類の蝟集状況を確認する。

（イ）釣獲調査

人工魚礁および異なる水深帯の天然礁で釣獲調査を実施し、ウスメバルの全長、体長、尾叉長を計測し、体重、生殖腺重量を秤量する。

調査海域において、水温、塩分等の鉛直観測を行う。

（ウ）餌料生物調査

人工魚礁および天然礁等において、ウスメバルおよび餌料生物を採集し、炭素・窒素安定同位体比を分析する。

〈引用文献〉

1) 海上保安庁. 500m メッシュデータ. http://jdoss1.jodc.go.jp/vpage/depth500_file_j.html

2) 石井利典(1997). フカサゴ科魚類のミトコンドリアDNAを指標とした種分化の研究. 上智大学生命科学研究所紀要, 16, 105-111.

3) 国立研究開発法人 水産総合研究センター. 水生生物情報データベース.http://aquadb.fra.affrc.go.jp/~aquadb/cgi-bin/speciesinfo.cgi?LANG=jp&TTAXID=105747&TARGET=1

4) 松原喜代松(1955). 魚類の形態と検索Ⅱ, 石崎書店, 1071-1089.

5) 桶坪敏明・田村真通(1983). 青森県日本海沿岸におけるウスメバルの生態と漁業. 栽培技研, 12(2), 1-11.

6) 樋口正仁(2001. 遺伝的集団構造. メバル類の資源生態の解明と管理技術開発 総括報告書, 72-80.

7) 水産庁. 本州日本海北部地区水産環境整備マスタープラン. http://www.jfa.maff.go.jp/j/gyoko_gyozyo/g_thema/pdf/nihonkaihokubu_masterplan.pdf

8) 菊谷尚久(2001). ウスメバルの生態:成熟と産仔. メバル類の資源生態の解明と管理技術開発 総括報告書, 43-48.

9) 青森県水産試験場(1982). 津軽海域総合開発調査. 昭和 56 年度青森県水産試験場事業概要, 106-125.

10) 永澤亨(2001). ウスメバルの生態:初期生態. メバル類の資源生態の解明と管理技術開発 総括報告書, 48-61.

11) 川原洋介(1999). ウスメバル稚仔魚の流れ藻への蝟集、離脱過程に関する形態学的、生態学的研究. 東北大学大学院農学研究科 修士論文, 21pp.

12) 笠原裕・関野正志・高木儀昌・新井健次(2001).超高層魚礁のウスメバル増殖機能の調査.沿岸漁場整備開発調査 (直轄) 報告書 平成 11 年度, 54-64.

13) 大池一臣・鈴木智之・池原宏二(1978). ウスメバル精巣組織の季節変化. 日水研報, 29, 121-135.

14) Nagasawa, T. and Kobayashi, T.(1995). The early life history of rock fish, *Sebastes thompsoni* (Scorpaenidae) in the Sea of Japan. Japanese Journal of Ichtyology, 41(4), 385-396.

15) 板野英彬(2001). ウスメバルの生態:食性. メバル類の資源生態の解明と管理技術開発 総括報告書, 67-71.

16) 笠原裕(2001). ウスメバルの生態:移動回遊. メバル類の資源生態の解明と管理技術開発 総括報告書, 62-67.

17) 八森小型船研究会(1994). ウスメバル中間育成・放流試験について. 平成 5 年度漁村青壮年婦人活動実績発表大会資料, 1-8.

18) 大久保久直(1984). ウスメバル.昭和 56～58 年度佐渡海域総合開発調査事業報告書, 240-280.

19)永澤(1999). ウスメバルの生活史ならびに生態に関する知見の整理と問題点. 平成10年度山形県沿整直轄調査検討会資料.
20)笠原裕・関野正志・高木儀昌・新井健次(2000). 高層魚礁のウスメバル増殖効果について. 日本水産工学会学術講演会講演論文集, 49-50.