

**a. 課題名**

平成 28 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. ねらい**

ウスメバルは、メバル類の中では寒海性で、日本海側では北海道から対馬海峡付近、太平洋側では函館から銚子まで分布する<sup>1) 2)</sup>。本種は魚礁性が強く、高価格魚であり、日本海側では漁業上の重要魚種となっており、水産環境整備事業における本州日本海北部地区環境整備マスタープランの指標種となっている。

ウスメバルの生活史を概観すると、卵胎生魚でその産仔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。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。体長が 20 mm 程になると、稚魚期に移行し、流れ藻に随伴する。体長 35 mm 前後に達すると、ウスメバル稚魚は、流れ藻から離れ、水深 10～50 m の天然礁や藻場に着底する。その後、ウスメバル稚魚は、深所へ移動し、満 3 歳になるまで水深 50～80 m で未成魚期までを過ごす。1～3 歳のウスメバルは、生息域に分布するプランクトンや昼夜に鉛直移動するプランクトンを主に摂取している<sup>3)</sup>。

3 歳以上になると、より好適な水温帯 (9～16 °C) を求めて水深 80～150 m の深い水深帯へ移動し、成魚は、その水深帯で周年生息し、産仔するするとされている<sup>4) 5)</sup>。また、4 歳魚以上の胃内容物は、ツノナシオキアミが主体となり、他にホタルイカやキュウリエソも出現し、索餌活動する可能性が示唆されている<sup>3)</sup>。

着底期以降は魚礁性が高い魚種であるが、深所で生活することから魚礁 (天然礁および人工魚礁) への滞留状況や移動経路といった行動特性について未解明な部分が多い。漁獲の主な対象であるウスメバル成魚の行動特性を解析し、魚礁との関わりを解明して、育成場の整備および人工魚礁設置による漁場の拡大に資する整備方針を検討していくことが重要であると考えられる。

そこで、着底期以降のウスメバルを対象に、超音波発信機を魚体に装着して追跡するバイオテレメトリー調査手法等によって魚礁およびその周辺での行動や生態を把握して、魚礁の構造や配置間隔等について検討を行い、効果的な漁場整備に資する必要がある。

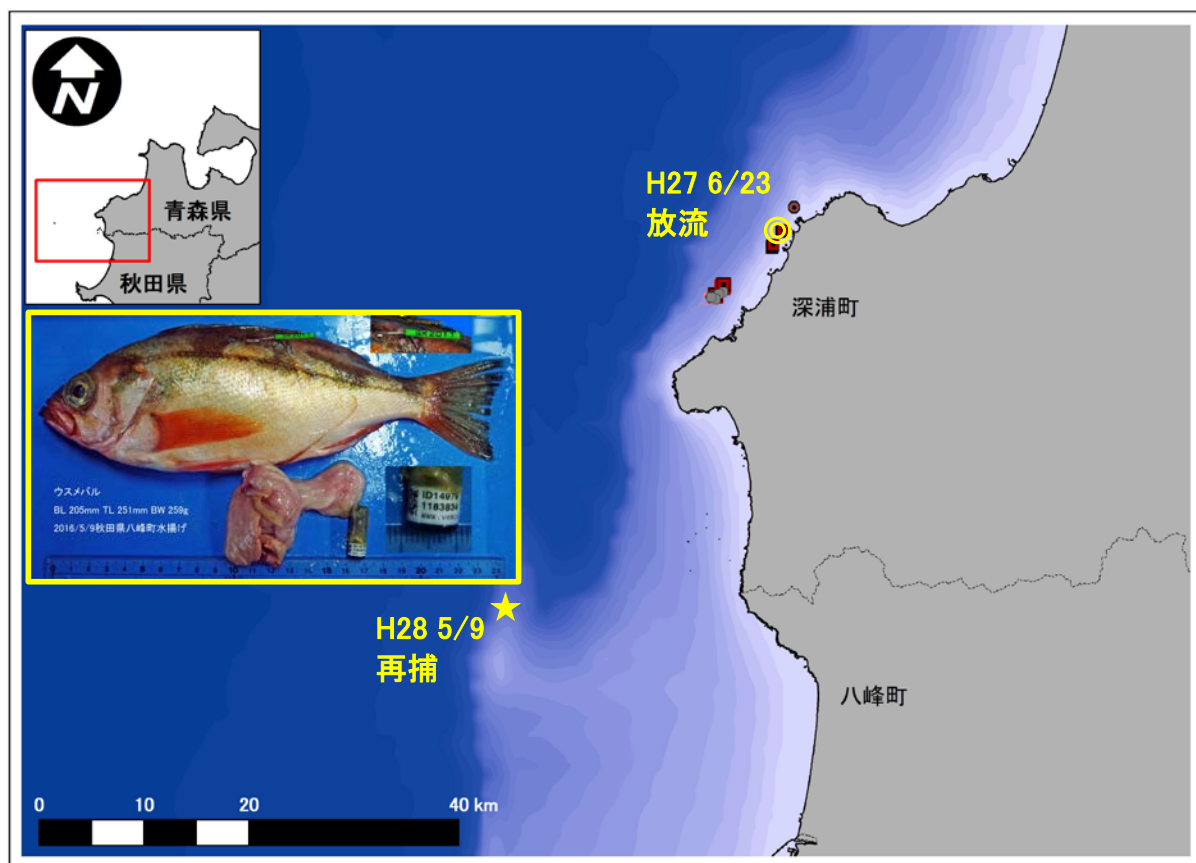
### c.1 27 年度調査の成果

深所に生息するウスメバルのバイオテレメトリー調査のための適切な発信機の装着法および健全な供試魚を得るための採捕方法を確立した。

試行的に実施した、船舶に搭載した受信機による追跡 (Active tracking, 以下「追跡型調査」という) では、水深 80 m で放流したウスメバルは、「夜間に天然礁等に移動、翌日の夜間まで滞留」を繰り返すことが示唆された。

設置型超音波受信機による追跡 (Passive tracking, 以下「設置型調査」という) では、水深 30 m で放流したウスメバルは、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示された。

27 年 6 月 23 日に青森県深浦町風合瀬沖の水深 30 m で放流したウスメバル (体長: 18.6 cm) が、28 年 5 月 9 日に約 50 km 南の秋田県八峰町地先の水深 180 m で刺網により採捕された (図 c-1)。採捕されたウスメバルは、体長 20.5 cm に成長しており、本手法を用いたバイオテレメトリー調査の妥当性が裏付けされた。



※ 水深のコンタは海上保安庁の 500 m メッシュデータ<sup>6)</sup>をもとに作成

図 c-1 発信機を装着したウスメバルの採捕(28 年 5 月 9 日)

### c.2 28 年度調査のねらい

4 歳魚以上のウスメバルについて、放流する水深による日周行動や離脱する時間帯、移動範囲、移動方向等の行動特性の違いおよび水温、塩分といった環境条件の違いを把握するため、水深 80 m と水深 30 m において追跡型調査および設置型調査を実施する。また、設置型調査では雌の成熟期におけるウスメバルの魚礁の利用を把握

できるよう観測期間を設定する。さらに、供試魚の採捕状況に応じて3歳魚についても設置型調査を実施し、年齢による行動特性の違いについて検討する。

併せて流況調査を行い、ウスメバルの移動方向と流向との関係を把握することで、効果的な漁場整備の検討に資する。

d. 方法

調査は、図 d-1 に示す青森県深浦町地先の海域で実施した。

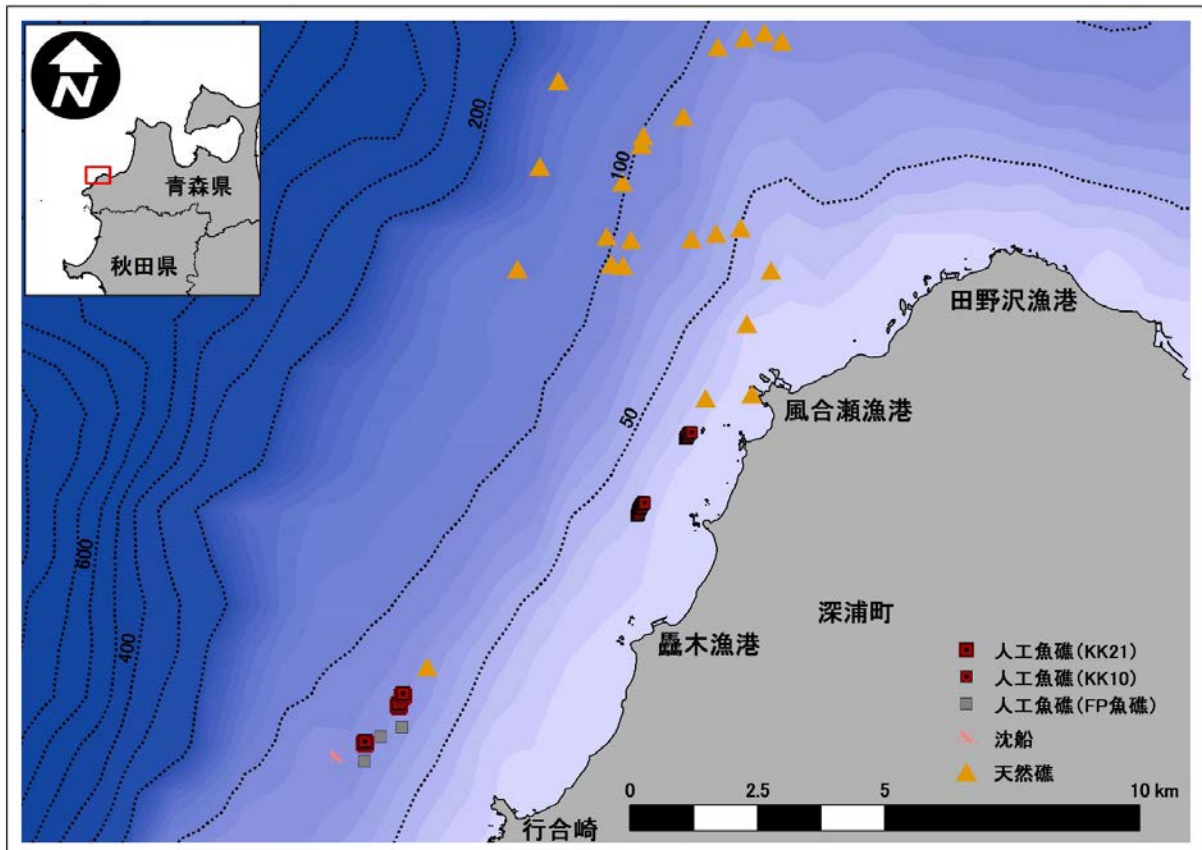


図 d-1 調査海域

業務工程は、表 d-1 に示すとおりである。

表 d-1 業務工程

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
計画、準備	■	■										
行動特性の把握												
供試魚の採捕			■									
追跡型調査			■	■								
設置型調査				■	■	■	■	■	■	■	■	■
流況調査			■	■	■	■	■	■				
蛸集状況等の把握												
潜水目視観察調査			■									

## d.1 ウスメバルの行動特性の把握

### d.1.1 供試魚の採捕

#### 1) 工程

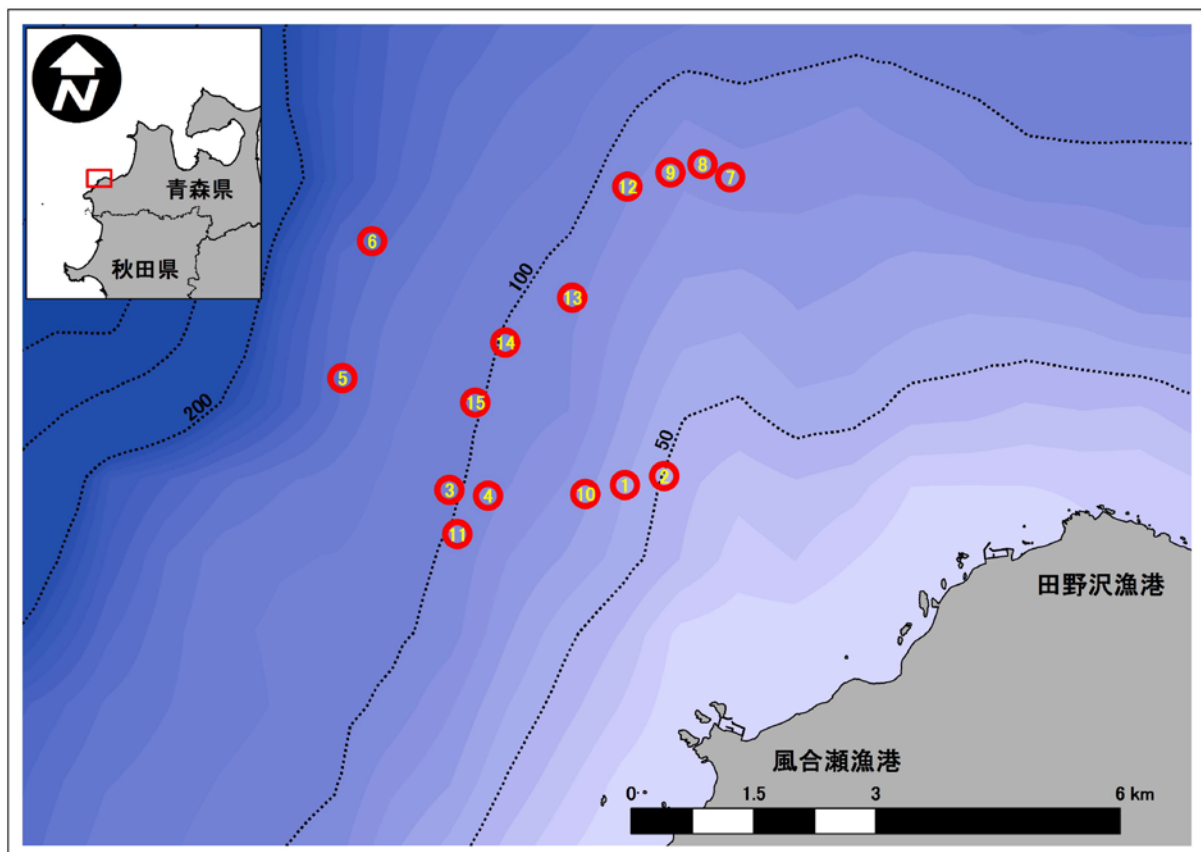
供試魚の採捕の工程は、表 d-2 に示すとおりである。

表 d-2 供試魚の採捕の工程

調査月日	開始時刻	終了時刻	採捕者(人)
5月23日	7時00分	12時00分	1
5月24日	6時00分	12時00分	1
5月28日	13時00分	17時00分	1
5月30日	7時00分	12時00分	1
6月7日	6時30分	12時00分	1

#### 2) 採捕地点

釣りによる供試魚の採捕地点は、図 d-2、表 d-3 に示すとおりである。



※ 図中の数字は St. 番号を示す

図 d-2 供試魚の採捕地点

表 d-3 供試魚の採捕地点

採捕地点	水深(m)	時間(分)	調査月日
St. 1	69	46	5月23日
St. 2	55	38	5月23日
St. 3	101	31	5月23日
St. 4	95	34	5月23日
St. 5	121	118	5月24日
St. 6	126	100	5月24日
St. 7	82	52	5月28日
St. 8	80	13	5月28日
St. 9	87	72	5月28日
St. 10	74	27	5月30日
St. 11	98	203	5月30日
St. 12	93	35	6月7日
St. 13	94	25	6月7日
St. 14	99	65	6月7日
St. 15	100	145	6月7日

### 3) 供試魚の採捕

深所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。そこで、27年度に確立した次に示す要領でウスメバルを採捕した。採捕時に急激な減圧を避けるため、リールの巻取り速度を0.2 m/s程度とし、水深60 mで5分、30 mで3分間巻取りを停止して水深を維持、水圧調整した。船上では、速やかにウスメバルを籠(56×39×28 cm)に収容し、加圧のため水深20 mに戻して2時間垂下した。採捕地点、採捕月日ごとに区分した個体を上述の籠に収容し、風合瀬沖の水深30 mに設置されている人工魚礁KK10の天端部(水深20 m)に設置した。

### d.1.2 追跡型調査

#### 1) 工程

追跡型調査の工程は、表 d-4 に示すとおりである。

スポット確認および受信機設置は、各 Case の追跡型調査の終了時における滞留海域において行った。

表 d-4 追跡型調査の工程

放流地点	Case No.	放流日時	終了日時	スポット確認	受信機設置
水深 80 m 行合崎沖 KK21	Case 80-1	5月29日 11時30分	5月30日 9時00分	5月30、31日、6月3日	6月3日
	Case 80-2	6月6日 16時00分	6月6日 20時00分	6月7日まで捜索	
	Case 80-3	6月11日 10時40分	6月13日 7時00分	6月14、15、28日	6月15日
水深 30 m 風合瀬沖 KK10	Case 30-1	6月15日 15時00分	6月17日 7時00分	6月22、29、30日	
	Case 30-2	6月21日 13時40分	6月23日 4時03分	6月24、29、30日	
	Case 30-3	6月28日 12時40分	6月30日 6時30分		6月30日

#### 2) 放流地点

放流地点は、図 d-3 に示すとおりである。

放流地点は、行合崎沖の水深約 80 m に設置された人工魚礁 (KK21)、風合瀬沖の水深約 30 m に設置された人工魚礁 (KK10) とした (図 d-4)。

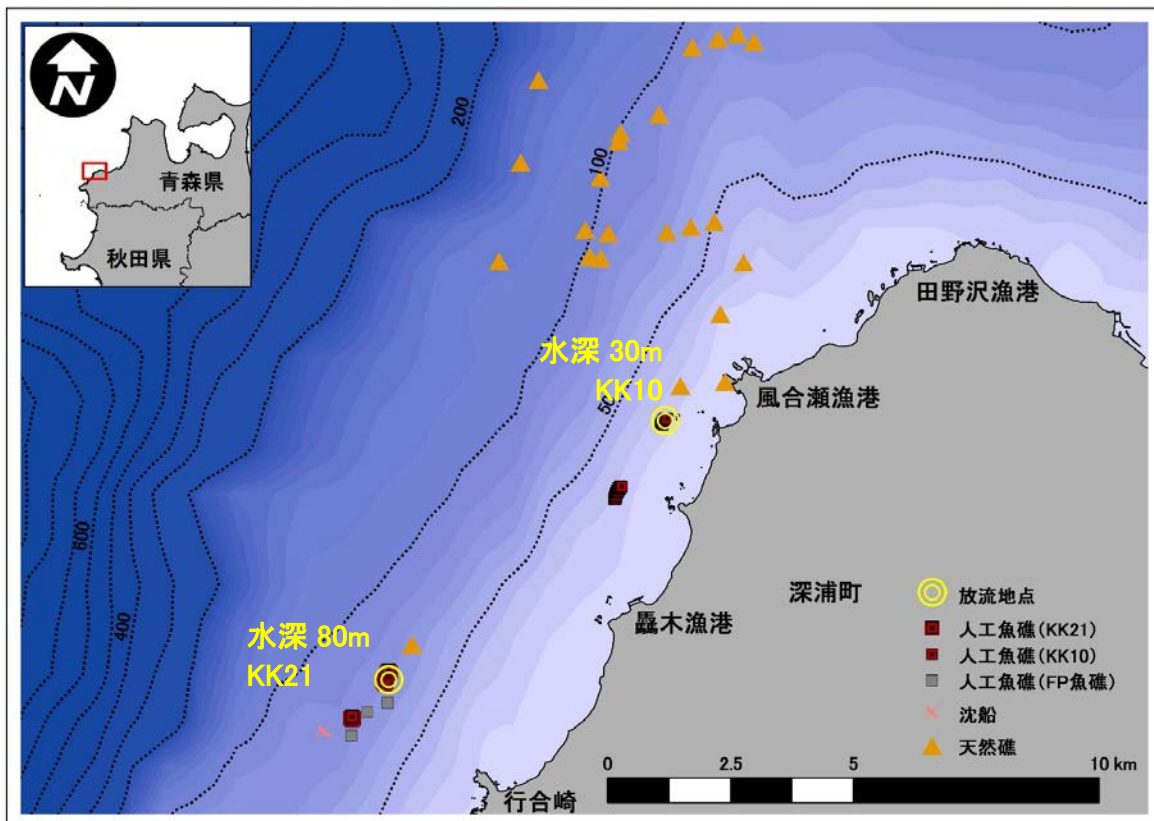


図 d-3 追跡型調査の放流地点

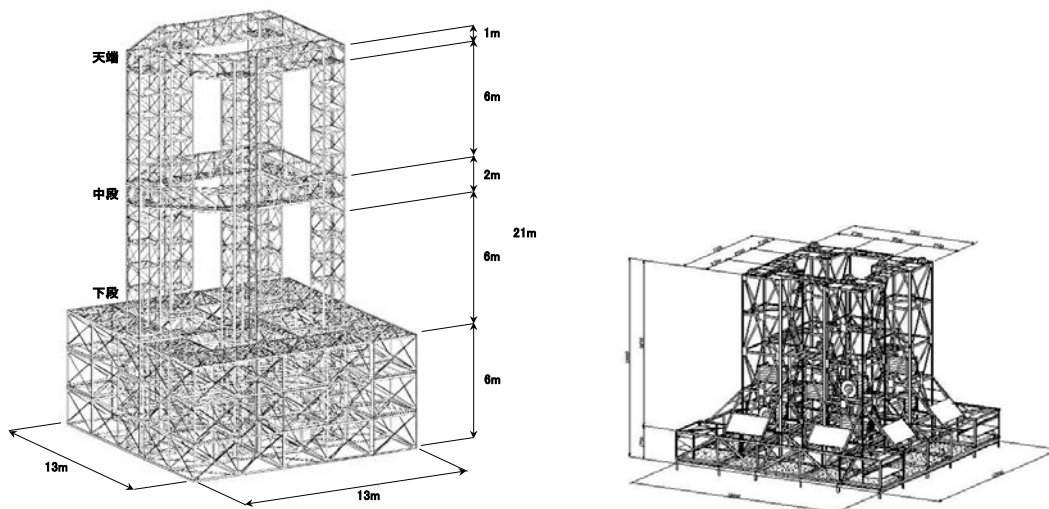


図 d-4 放流地点の人工魚礁(左;KK21、右;KK10)

### 3) 供試魚

28 年度調査では、4 歳魚以上のウスメバルを対象とした。ウスメバルの耳石の輪紋から査定した年齢と体長の関係 (図 d-5、27 年度調査結果) を基に供試魚を選定した。

各ケースに用いたウスメバルは、表 d-5 に示すとおりである。

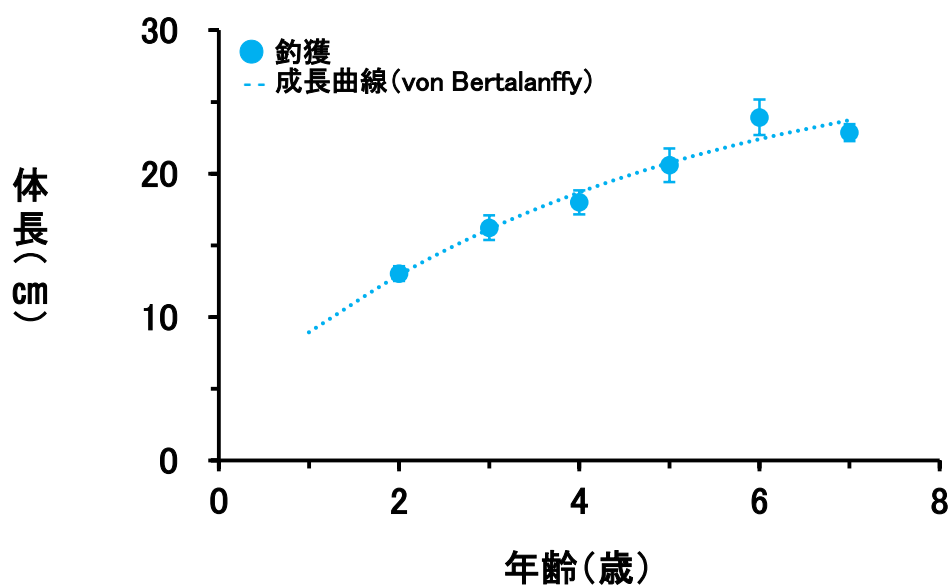


図 d-5 ウスメバルの年齢と体長の関係 (27 年度調査結果)

表 d-5 追跡型調査に用いたウスメバル

放流地点	Case No.	全長 (cm)	体長 (cm)	尾叉長 (cm)	体高 (cm)	体重 (g)	推定 年齢	採捕海域
水深 80 m 行合崎沖 KK21	Case 80-1	26.7	22.8	25.0	7.4	236	6	風合瀬沖 95 m
	Case 80-2	22.2	18.9	21.7	7.2	229	4	風合瀬沖 98 m
	Case 80-3	26.5	22.3	24.0	7.6	257	6	風合瀬沖 82 m
水深 30 m 風合瀬沖 KK10	Case 30-1	25.4	21.7	24.4	8.7	273	6	風合瀬沖 100 m
	Case 30-2	25.4	22.0	24.4	7.9	219	6	風合瀬沖 126 m
	Case 30-3	23.8	20.4	22.7	6.9	171	5	風合瀬沖 100 m

#### 4) 発信機の装着

発信機の装着は、放流の前日に潜水士により蓄養籠を風合瀬沖（水深 30 m）の KK10 から取り外し、ゆっくり引き上げて船上で行った。

発信機には、ADT-LP-7.3\_PULSE ; Thelma Biotel 社製（直径：7.3 mm、長さ：25 mm、空中重量：3.0 g、水深センサー付き、発信間隔：1 秒（※水深は 60～120 秒）、音圧：145 dB、周波数：62～65, 73, 75 kHz、電池寿命：約 8 日、写真 d-1）を用いた。

装着方法は、27 年度の結果から、遊泳行動への影響や活力の維持への影響が少なく、脱落のリスクが最も低い、腹腔内装着とした。腹腔内装着法では、渡辺ら<sup>7)</sup>を参考に、濃度を 0.10～0.25 mL/L に調整した麻酔剤 2-フェノキシエタノールを用い、エアレーションを行った 20 L 容量のバケツ内で 10～15 分間、ウスメバルを浸漬した。ウスメバルが横転はしないが、反応が鈍くなったことを確認した後、腸管の損傷に配慮し、肛門近くを避けて側腹部を約 2 cm 開腹して、発信機を挿入した後、1 針縫合した。手術時には供試魚の乾燥や擦れを極力避けるため、V 字型の木枠に常時新鮮な海水を供給し、魚体に直接触れないため、ポリウレタンフォームで包むように扱った（写真 d-2）。装着後は、傷口へ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）による薬浴を施した。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、再び籠に移して、潜水士により KK10 の天端（水深 20 m）に固定し、翌日の追跡調査まで馴致した。

#### 5) 放流

放流の当日に、潜水士により蓄養籠を風合瀬沖の KK10 から取り外し、船上にゆっくり引き上げ、調査船上のコンテナに収容し、放流地点まで移動した。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、上底半径：33 cm、下底半径：41 cm、高さ：46 cm）に、群れで行動するウスメバルの生態を考慮して、発信機を装着したウスメバル 1 尾とお供個体 3 尾程度をバケツで移し（写真 d-3）、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を確認しながら、各魚礁の天端から中段まで（KK21：70 m、KK10：25 m）垂下し、籠を開いて放流した。



## 6) 追跡

連続型追跡には受信機（VR100；VEMCO 社製、写真 d-4）と指向性ハイドロフォンを接続し、調査船右舷の水深約 1 m に固定した。発信機から発信されるウスマ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、サイドスキャンソナー機能を有する魚群探知機（HDS-10；LOWRANCE 社製）を調査船右舷に設置し、水深や海底地形を記録した。さらに、多項目水質計（ASTD；JFE アドバンテック社製）により、放流地点や滞留海域における水温や塩分の鉛直分布を観測した。



写真 d-1 発信機



写真 d-2 腹腔内への装着



写真 d-3 追跡個体の放流籠への収容



写真 d-4 追跡型受信機 (VR100)

### d.1.3 設置型調査

#### 1) 工程

設置型調査の工程は、表 d-6 に示すとおりである。

表 d-6 設置型調査の工程

放流地点	放流日時
水深 80 m(行合崎沖、KK21)	6月28日 11時30分
水深 30 m(風合瀬沖、KK10)	6月28日 12時40分

#### 2) 受信機の設置地点

受信機の設置地点は、図 d-6、表 d-7 に示すとおりである。

設置地点は、放流地点の2地点(KK21、KK10)の他、d.1.2 追跡型調査における追跡個体の滞留海域から3地点を選定した。

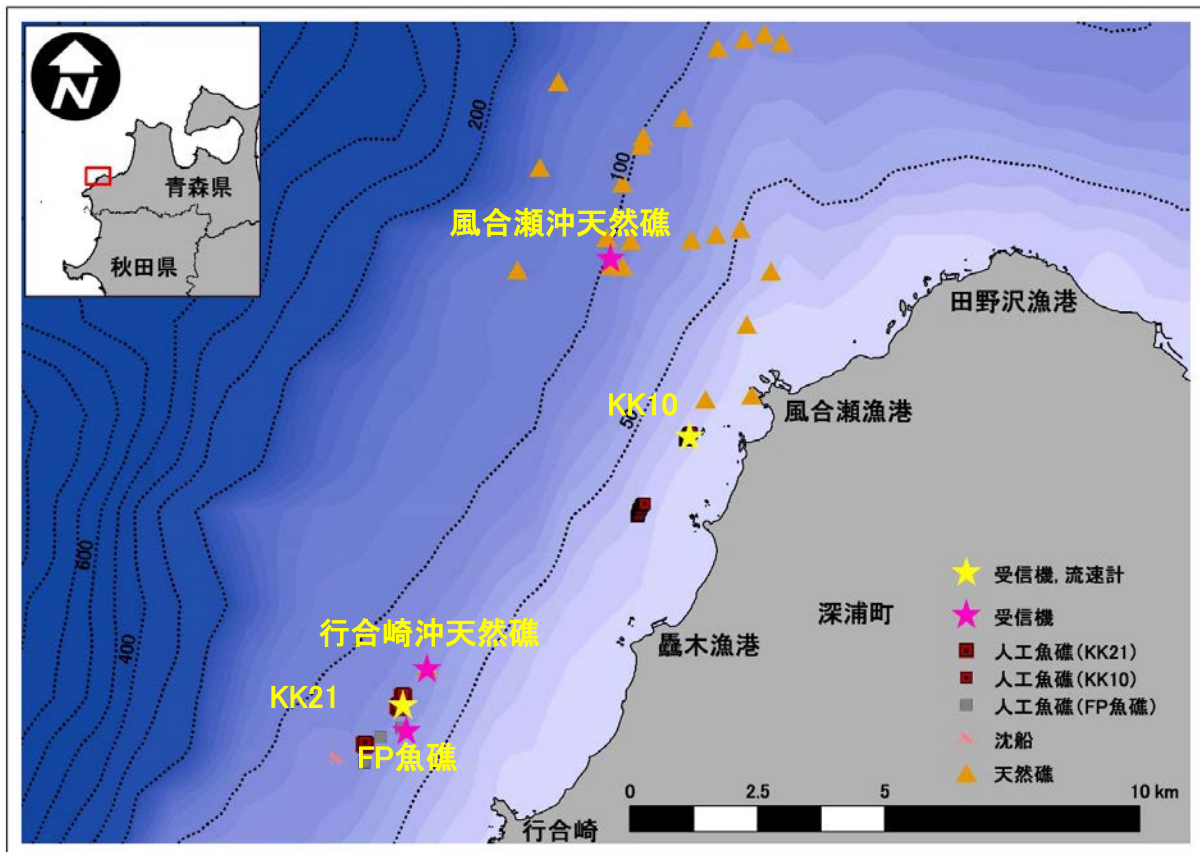


図 d-6 設置型受信機の設置地点

表 d-7 設置型受信機の設置地点

設置地点	水深(m)	受信機	設置	メンテナンス	回収
KK21	85	VR2W	5月29日	—	8月28日
		VR2AR	10月13日	2月5日	—
KK10	30	VR2W	5月24日	2月5日	—
FP 魚礁	80	VR2W	6月15日	—	8月28日
行合崎沖天然礁	75	VR2W	6月3日	—	8月28日
風合瀬沖天然礁	100	VR2W	6月30日	—	8月28日

### 3) 受信機の設置

KK21（水深 80 m）では、潜水士による設置が困難であるため、音響切り離し装置付き受信機（VR2AR；VEMCO 社製、写真 d-5）を用いた。KK10（水深 30 m）では、潜水士により、設置型受信機（VR2W；VEMCO 社製、写真 d-6）を設置した。その他の地点では、立ち上げ式による VR2W の設置とした。

### 4) 供試魚

設置型調査に用いたウスメバルは、表 d-8 に示すとおりである。

表 d-8 設置型調査に用いたウスメバル

放流地点	年齢区分	全長 (cm)	体長 (cm)	尾叉長 (cm)	体高 (cm)	体重 (g)	推定 年齢	採捕海域
水深 80 m 行合崎沖 KK21	4 歳以上	27.2	23.3	25.5	8.0	241	7	風合瀬沖 82 m
		25.2	22.0	24.9	8.1	275	6	風合瀬沖 100 m
		24.5	21.6	24.0	7.7	298	5	風合瀬沖 100 m
		23.2	20.9	22.5	7.8	252	5	風合瀬沖 87 m
		24.0	20.9	21.8	7.5	269	5	風合瀬沖 100 m
	3 歳	19.0	16.3	18.7	5.9	134	3	風合瀬沖 98 m
		19.0	15.7	18.1	6.4	119	3	風合瀬沖 98 m
		17.9	15.2	17.6	5.5	97	3	風合瀬沖 98 m
	水深 30 m 風合瀬沖 KK10	4 歳以上	26.8	22.3	26.4	7.5	291	6
26.8			22.2	25.9	8.4	308	6	風合瀬沖 100 m
25.0			21.1	24.3	7.4	253	5	風合瀬沖 87 m
22.0			19.3	21.6	6.6	185	4	風合瀬沖 99 m
22.5			19.0	22.0	7.1	216	4	風合瀬沖 100 m
3 歳		19.1	16.9	18.5	5.6	112	3	風合瀬沖 98 m
		19.1	16.3	18.7	5.5	116	3	風合瀬沖 98 m
		17.4	14.6	16.8	5.2	93	3	風合瀬沖 98 m

## 5) 発信機の装着

d. 1. 2 と同様に追跡を開始する前日に、腹腔内装着法により装着した。発信機には、ADT-LP-7.3\_LONG ; Thelma Biotel 社製（直径：7.3 mm、長さ：25 mm、空中重量：3.0 g、深度センサー付き、発信間隔：60～120 秒、音圧 139 dB、周波数：69 kHz）を用いた。

## 6) 放流

d. 1. 2 追跡型調査と同様に放流した。

## 7) レンジテスト

受信可能な範囲を把握するため、受信機の設置前に、次に示す要領で水深 80 m および水深 30 m においてレンジテストを実施した。

受信機と土嚢を固定したロープを海底まで垂下して設置し、緯度・経度、水深、時刻を記録した。その後、船上から発信機 ARP-LP-7.3 ; Thelma Biotel 社製（直径：7.3 mm、長さ：19 mm、発信間隔：5 秒、音圧 139 dB）を海底まで垂下し、設置地点から水平距離が 50 m 離れた地点で 1 分間定位し、緯度・経度、時刻を記録した。これを 50 m 間隔で繰り返し、設置地点から 500 m 程度離れるまで行い、受信機および発信機を回収した。



写真 d-5 切離し装置付き受信機  
(VR2AR)



写真 d-6 設置型受信機 (VR2W)

#### d.1.4 流況調査

##### 1) 工程

流況調査の工程は、表 d-9 に示すとおりである。

表 d-9 流況調査の工程

設置地点	放流日時	メンテナンス
水深 80 m(行合崎沖、KK21)	5 月 23 日	10 月 13 日
水深 30 m(風合瀬沖、KK10)	5 月 24 日	2 月 5 日

##### 2) 電磁流向・流速計の設置地点

電磁流向・流速計の設置地点は、図 d-6 に示すとおりである。

##### 3) 電磁流向・流速計の設置

KK21 では、音響切り離し装置付き受信機に水温センサー付きの電磁流向・流速計 (INFINITY-EM ; JFE アドバンテック社製、写真 d-7) を連結して設置した (写真 d-8)。KK10 では、潜水士により設置した (写真 d-9)。



写真 d-7 電磁流向流速計  
(INFINITY-EM)



写真 d-8 係留系(KK21)



写真 d-9 設置状況(KK10)

## **d.2 蛸集状況等の把握**

### **d.2.1 潜水目視観察調査**

着底期以降の稚魚から未成魚の蛸集状況を把握するために、平成 28 年 5 月 23 日、6 月 7 日に風合瀬沖の人工魚礁（KK10）で潜水目視観察調査を実施した。

潜水目視観察では、ウスメバル等魚類の群れの大きさや蛸集量、全長等を観察するとともに、水中で写真撮影を併せて行った。

## e. 結果

### e.1 ウスメバルの行動特性の把握

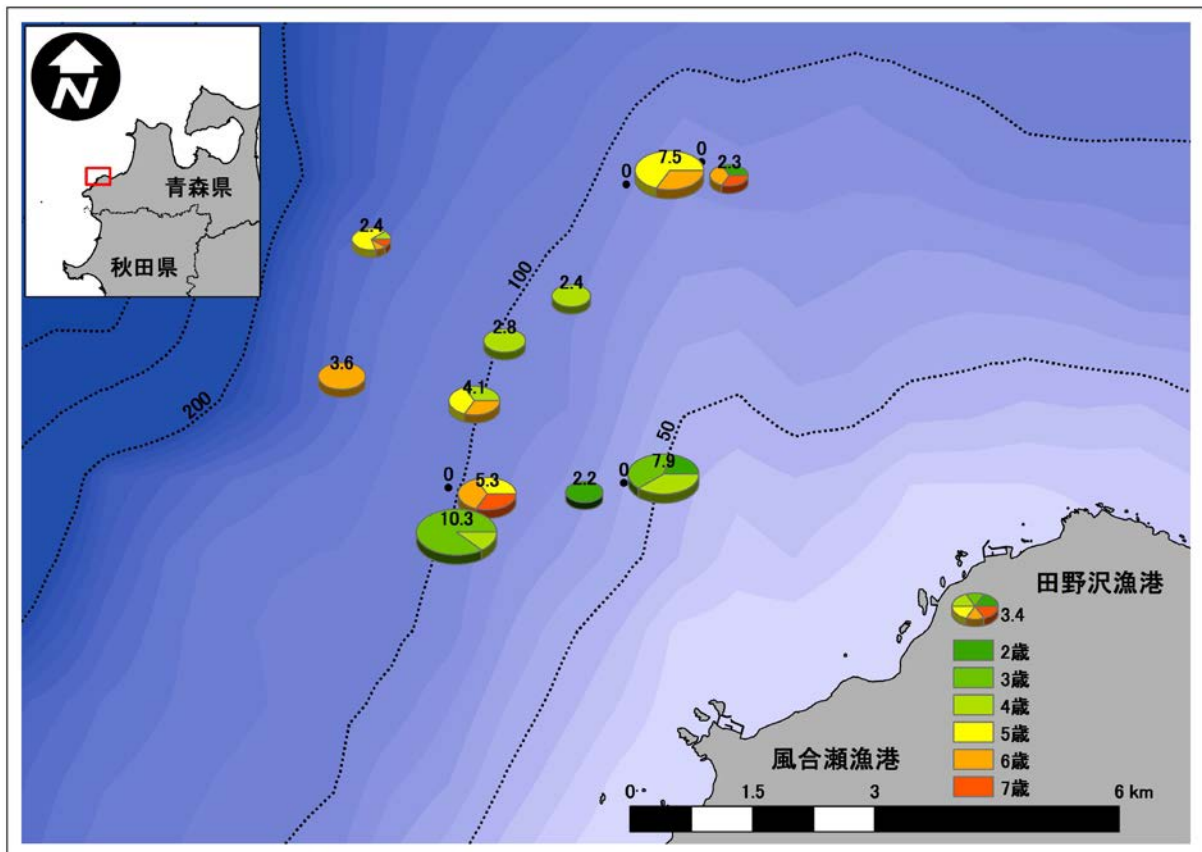
#### e.1.1 供試魚の採捕

釣りによるウスメバルの採捕結果は、図 e-1 に示すとおりである。

CPUE は、St. 11（水深 98 m）で最も高く、10.3 尾/人/hr であった。

採捕したウスメバルの体長は、最小で 13.3 cm、最大で 24.4 cm であった。

年齢別の採捕水深は、2 歳魚：55～82 m、3 歳魚：55～98 m、4 歳魚：55～126 m、5 歳魚：87～126 m、6 歳魚：82～126 m、7 歳魚：82～126 m であった。



※ 図中の数値は CPUE（尾/人/hr）を示す

図 e-1 ウスメバルの採捕結果

## e.1.2 追跡型調査

### 1) 4 歳魚以上を対象とした水深 80 m の人工魚礁(KK21)における放流、追跡

#### (1) Case 80-1(体長 22.8 cm、6 歳)

Case 80-1 におけるウスメバルの軌跡は図 e-2、放流地点からの水平方向の移動の経時変化は図 e-3、鉛直方向の移動の経時変化は図 e-4、放流海域における水質の鉛直分布は図 e-5 に示すとおりである。

5 月 29 日 11 時 30 分に人工魚礁 (KK21) 近く、水深 65 m で放流した後、ウスメバルは、日の入り (19 時 00 分) まで KK21 の天端と中段の間に定位した。日の入り後、海底付近まで潜り、19 時 40 分頃から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、21 時 30 分頃には放流地点から 1 km 離れた水深 80 m の海域に達し、追跡終了となる 30 日の 9 時まで滞留した。滞留した海域は、27 年度調査においてもウスメバル 5 歳魚が滞留した行合崎沖の天然礁であった。

また、5 月 30 日 15 時 00 分、31 日 6 時 30 分、6 月 3 日 10 時 00 分においても同天然礁でウスメバル追跡個体を確認することができた。

さらに、e. 1. 3 4) で後述するとおり、設置型受信機により、6 月 3 日から 18 日まで同海域で追跡個体の信号を受信した。

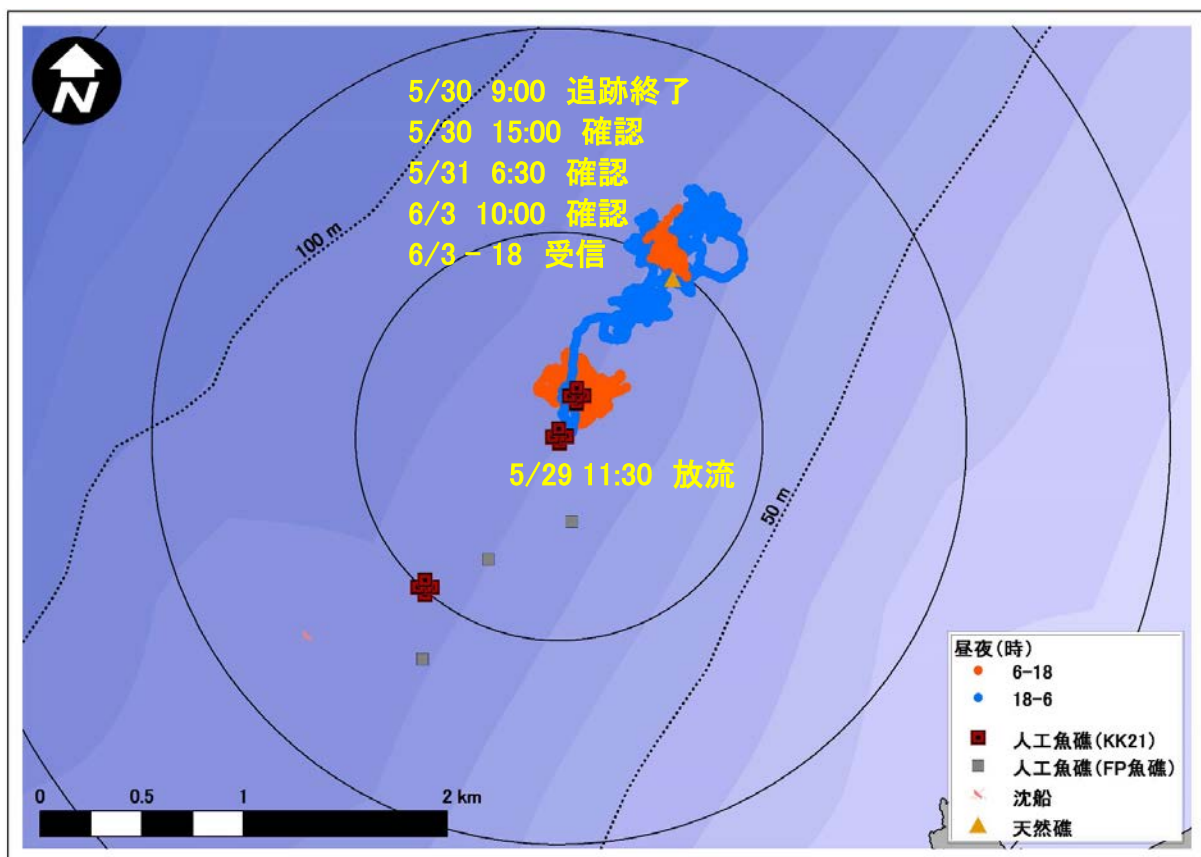


図 e-2 ウスメバルの軌跡 (Case 80-1)



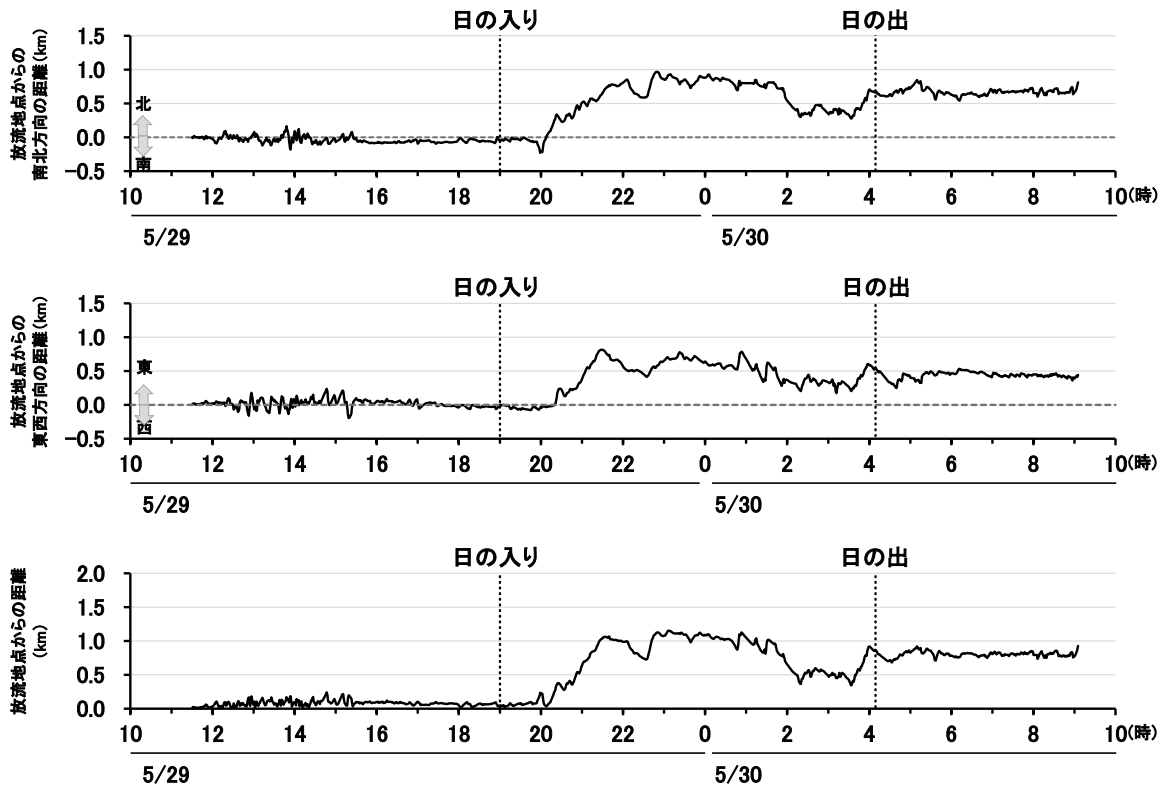


図 e-3 ウスメバルの放流地点からの水平方向の移動の経時変化 (Case 80-1)

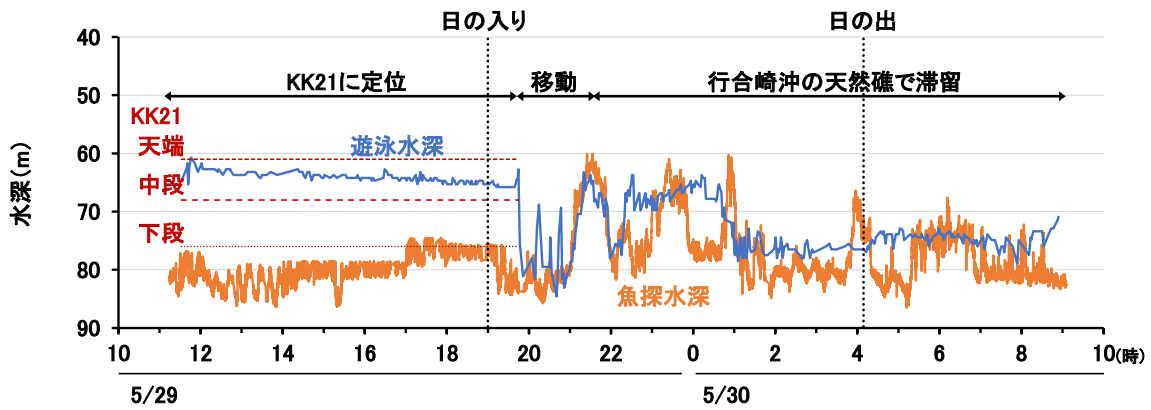
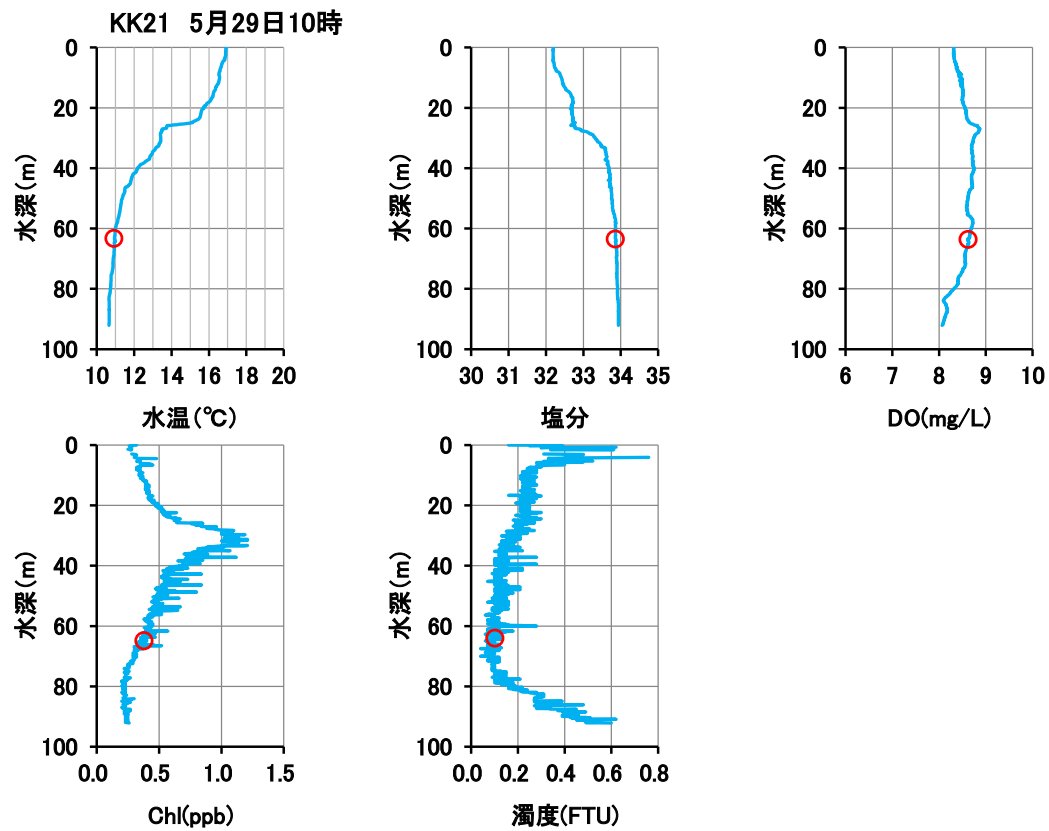


図 e-4 ウスメバルの放流地点からの鉛直方向の移動の経時変化 (Case 80-1)



※ 図中の○はウスメバルの遊泳水深を示す

図 e-5 放流海域における水質の鉛直分布 (Case 80-1)

(2) Case 80-2(体長 18.9 cm、4 歳)

Case 80-2 におけるウスメバルの軌跡は図 e-6、放流地点からの水平方向の移動の経時変化は図 e-7、鉛直方向の移動の経時変化は図 e-8、放流海域における水質の鉛直分布は図 e-9 に示すとおりである。

6月6日16時00分に人工魚礁(KK21)近く、水深70mで放流したウスメバルは、18時40分までKK21の下段部に滞留した。その後、北北東に移動を開始し、19時頃に放流地点から1km離れた行合崎沖の天然礁に到達し、19時20分まで同海域に留まり、再び北北東に1km移動したところで受信が途絶えた。7日17時までウスメバルを捜索するもKK21や行合崎沖の天然礁で確認することはできなかった。

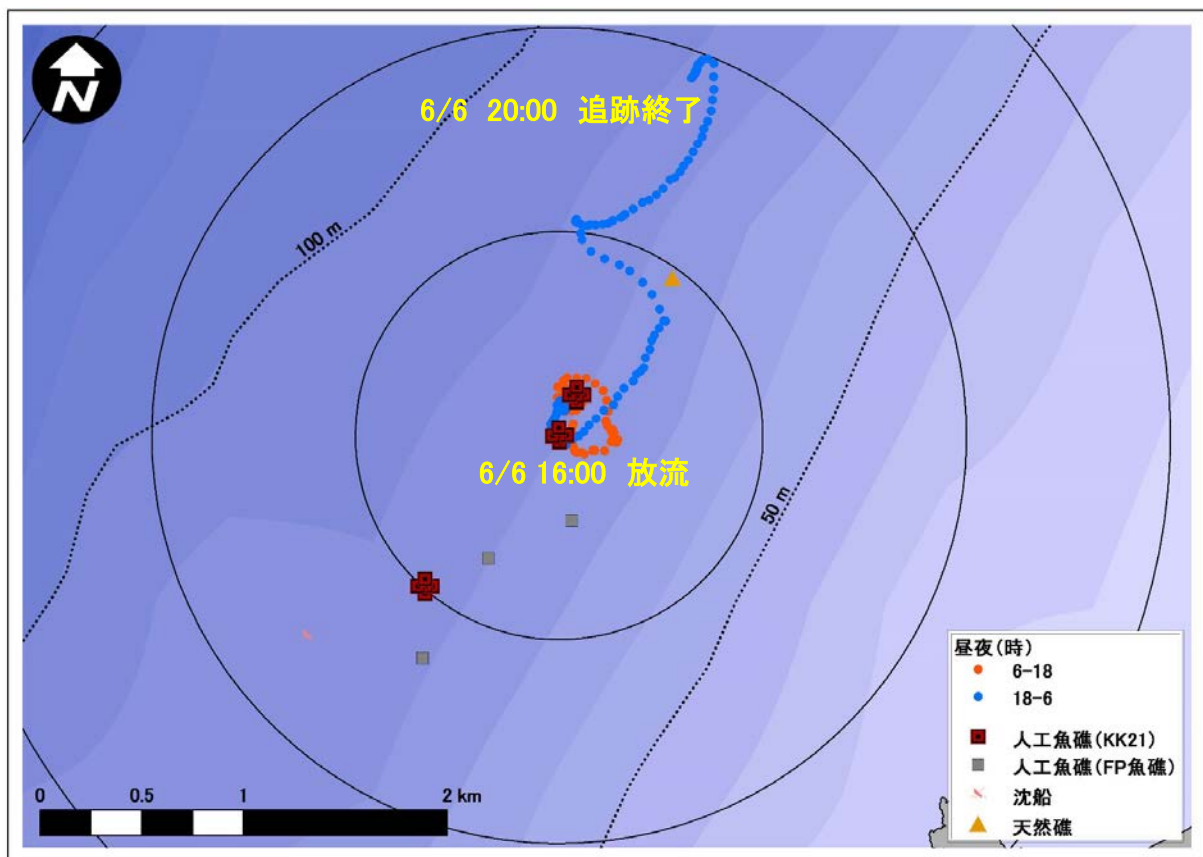


図 e-6 ウスメバルの軌跡 (Case 80-2)

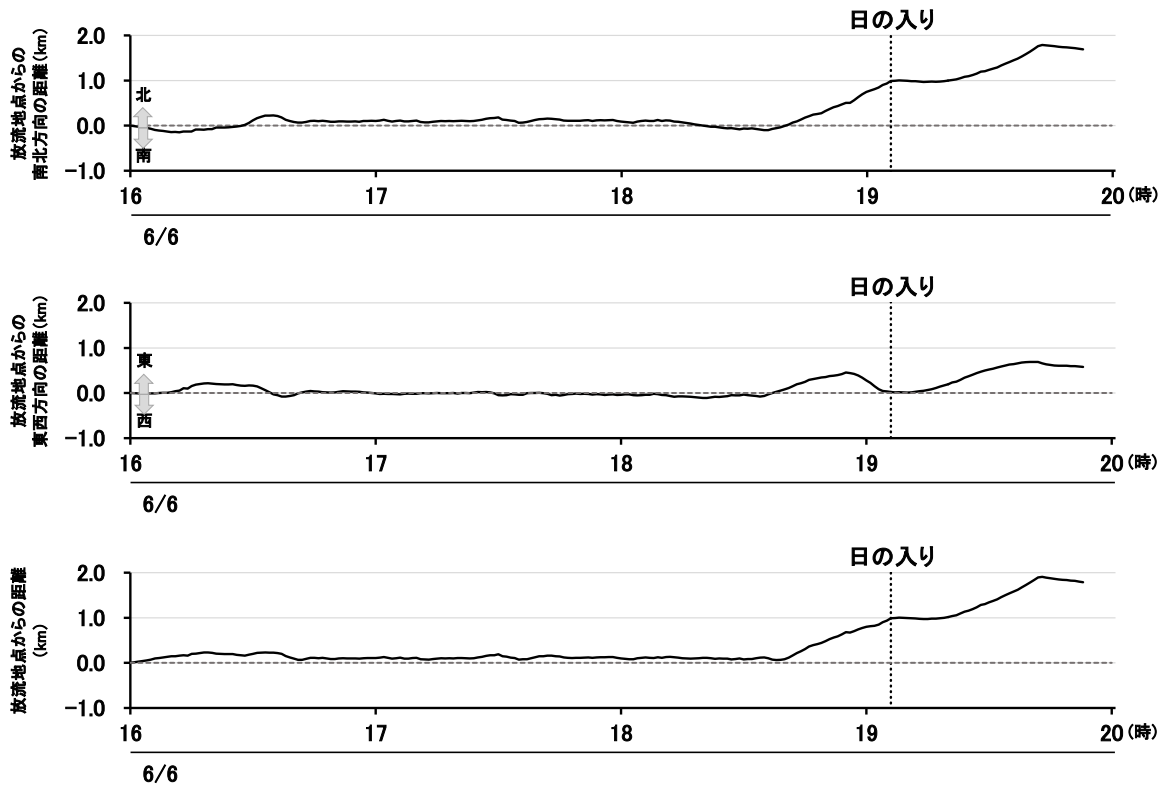


図 e-7 ウスメバルの放流地点からの水平方向の移動の経時変化 (Case 80-2)

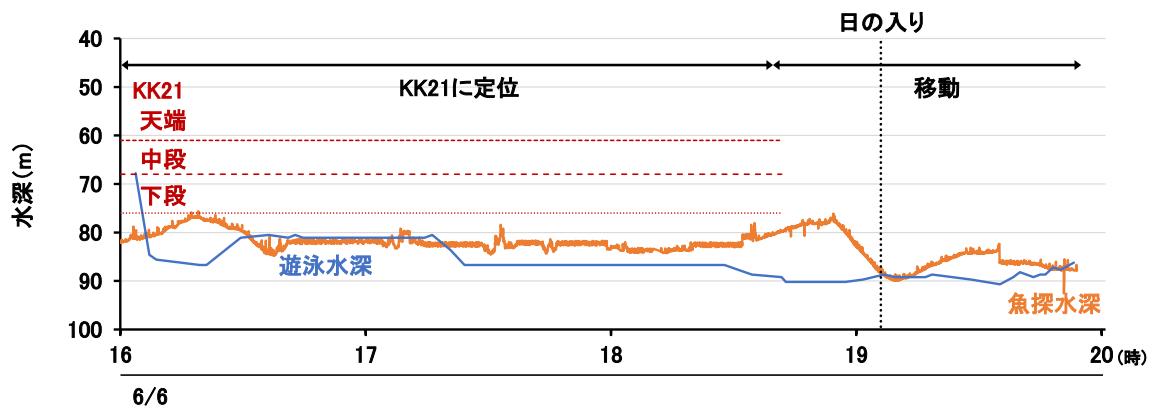
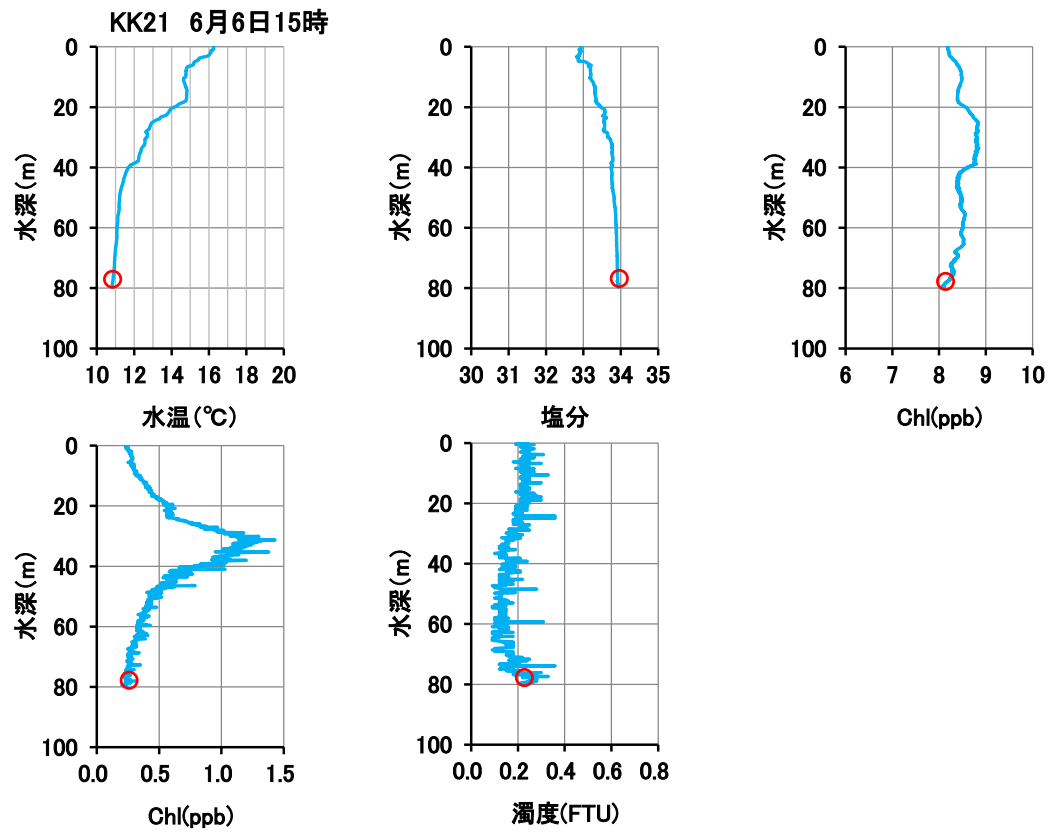


図 e-8 ウスメバルの放流地点からの鉛直方向の移動の経時変化 (Case 80-2)



※ 図中の○はウスメバルの遊泳水深を示す

図 e-9 放流海域における水質の鉛直分布 (Case 80-2)

### (3) Case 80-3(体長 22.3 cm、6 歳)

Case 80-3 におけるウスメバルの軌跡は図 e-10、放流地点からの水平方向の移動の経時変化は図 e-11、鉛直方向の移動の経時変化は図 e-12、放流海域および滞留海域における水質の鉛直分布は図 e-13 に示すとおりである。

6 月 11 日 10 時 40 分に人工魚礁 (KK21) 近く、水深 65 m で放流した後、ウスメバルは、日の入り (19 時 10 分) まで、KK21 の下段から中段の間を遊泳した。日の入り後、19 時 40 分頃から移動を開始し、21 時に 0.5 km 南に離れた水深 80 m の海域に達し、追跡終了となる 13 日の 7 時まで滞留した。滞留した海域は、魚礁区 (以下、FP 魚礁という) であった。

また、14 日 11 時 30 分、15 日 11 時 30 分、28 日 11 時 15 分においても同 FP 魚礁でウスメバル追跡個体を確認することができた。

さらに、e. 1. 3 4) で後述するとおり、設置型受信機により、6 月 15 日から 7 月 2 日まで同海域で追跡個体の信号を受信した。

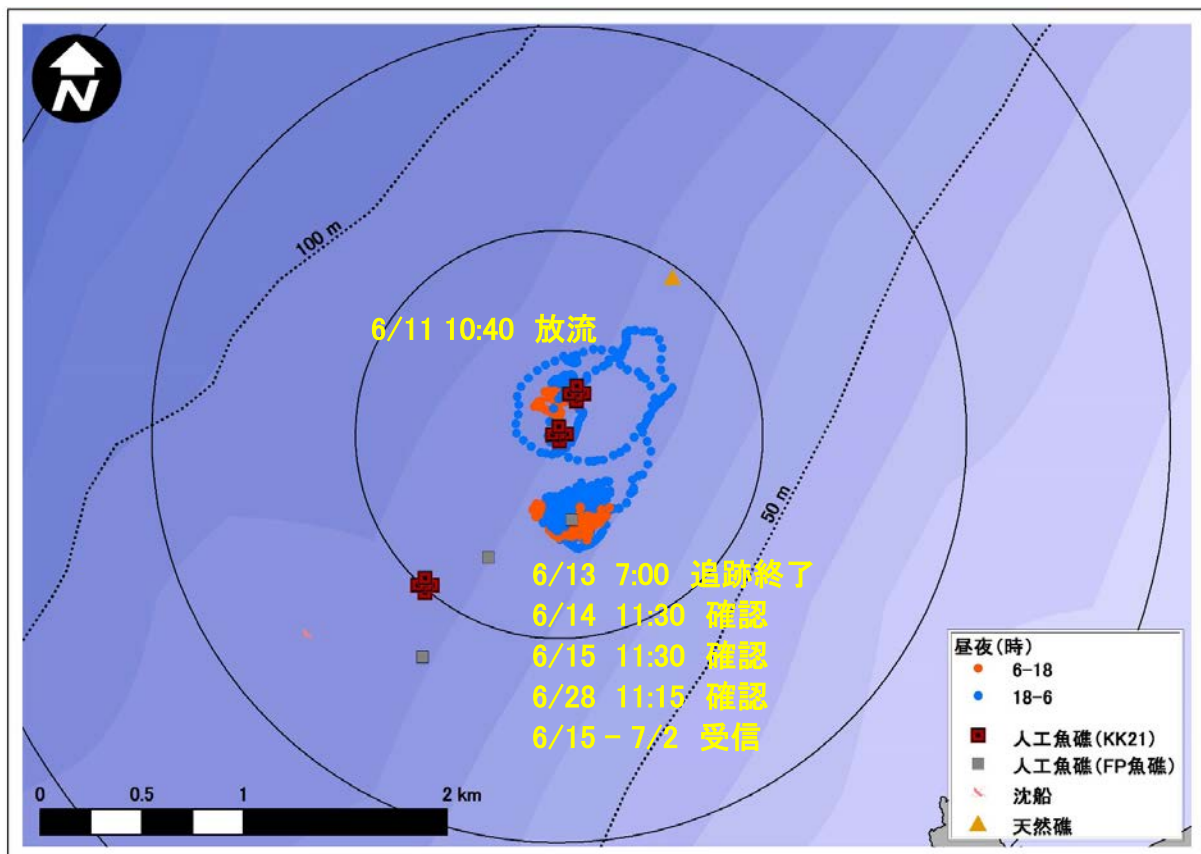


図 e-10 ウスメバルの軌跡 (Case 80-3)

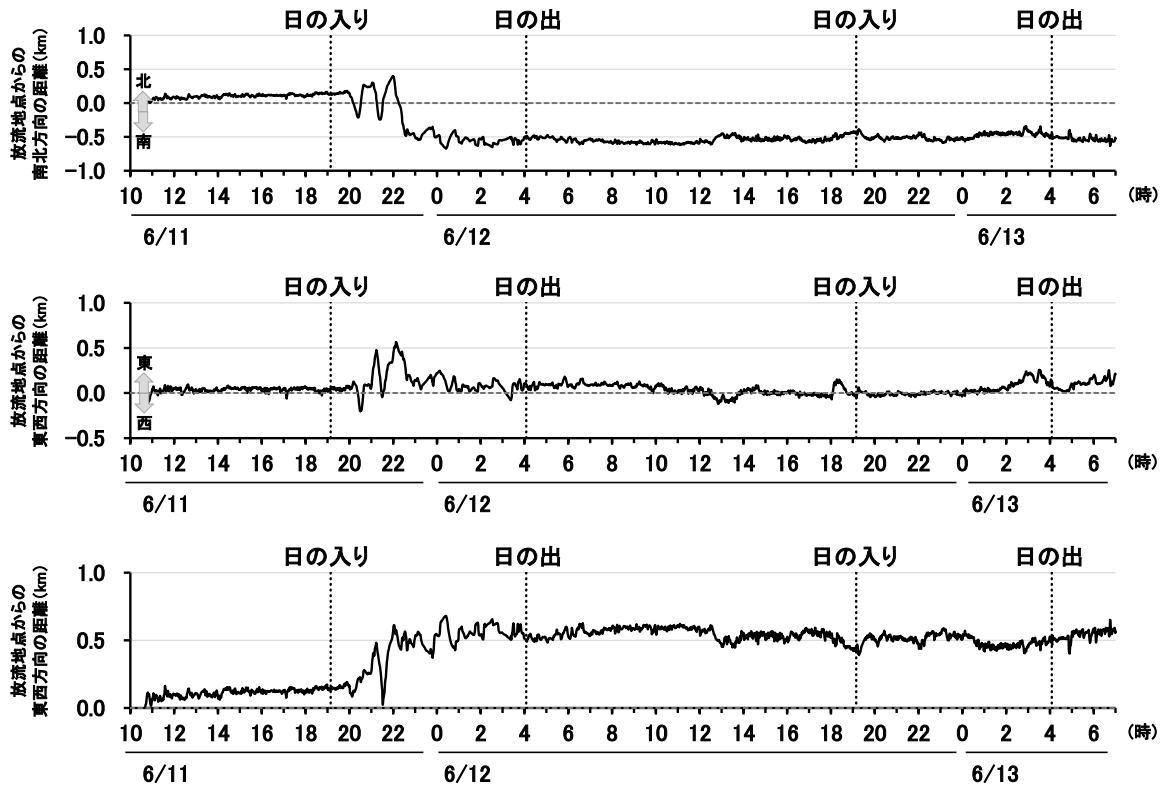


図 e-11 ウスメバルの放流地点からの水平方向の移動の経時変化 (Case 80-3)

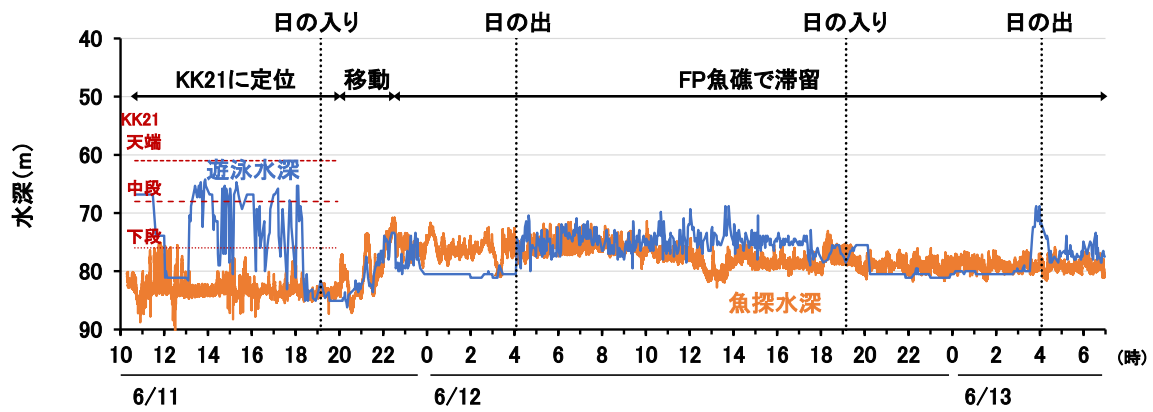
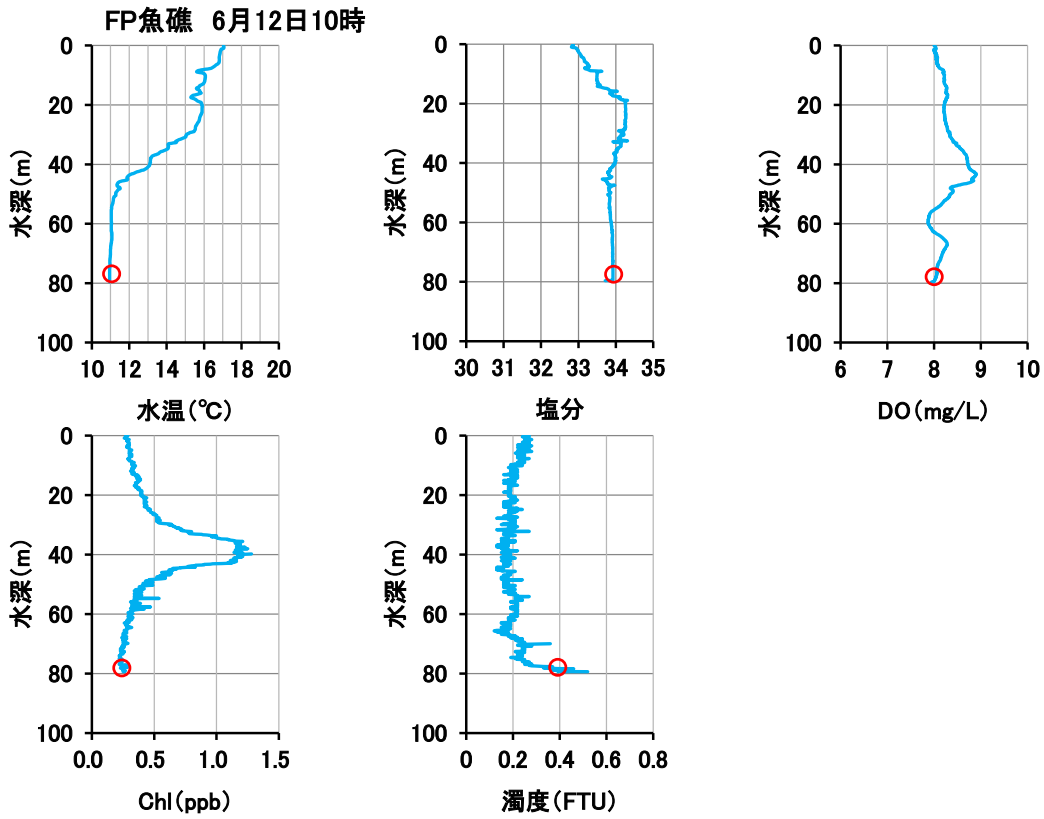
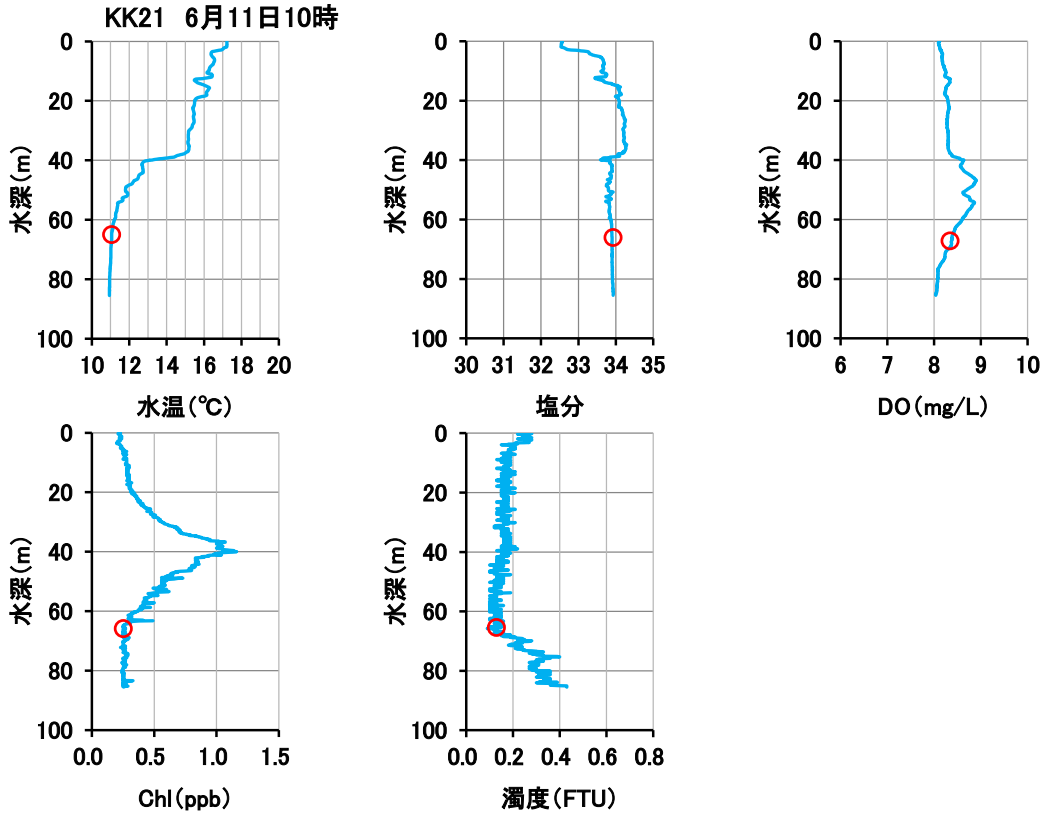


図 e-12 ウスメバルの放流地点からの鉛直方向の移動の経時変化 (Case 80-3)



※ 図中の○はウスメバルの遊泳水深を示す

図 e-13 放流海域および滞留海域における水質の鉛直分布 (Case 80-3)



## 2) 4歳魚以上を対象とした水深30mの人工魚礁(KK10)における放流、追跡

### (1) Case 30-1(体長21.7cm、6歳)

Case 30-1におけるウスメバルの軌跡は図 e-14、放流地点からの水平方向の移動の経時変化は図 e-15、鉛直方向の移動の経時変化は図 e-16、放流海域および滞留海域における水質の鉛直分布は図 e-17 に示すとおりである。

6月15日15時00分に人工魚礁(KK10)近く、水深25mで放流した後、ウスメバルは、日の入り(19時10分)まで、KK10の下段に定位した。20時20分頃から移動を開始し、水深40m程度になるまで北北西に、その後、北から北北東に移動し、16日1時に放流地点から7km北に離れた水深95mの海域に達し、16日の日の入りまで滞留した。その後、20時30分頃から南西に1.5km移動し、追跡終了となる17日の7時まで滞留した。16日まで滞留した海域は、供試魚の採捕地点のSt.13の天然礁であり、その後滞留したのはSt.15の天然礁であった。

また、22日9時00分、29日9時00分、30日11時00分においても同天然礁(St.15)でウスメバル追跡個体を確認することができた。

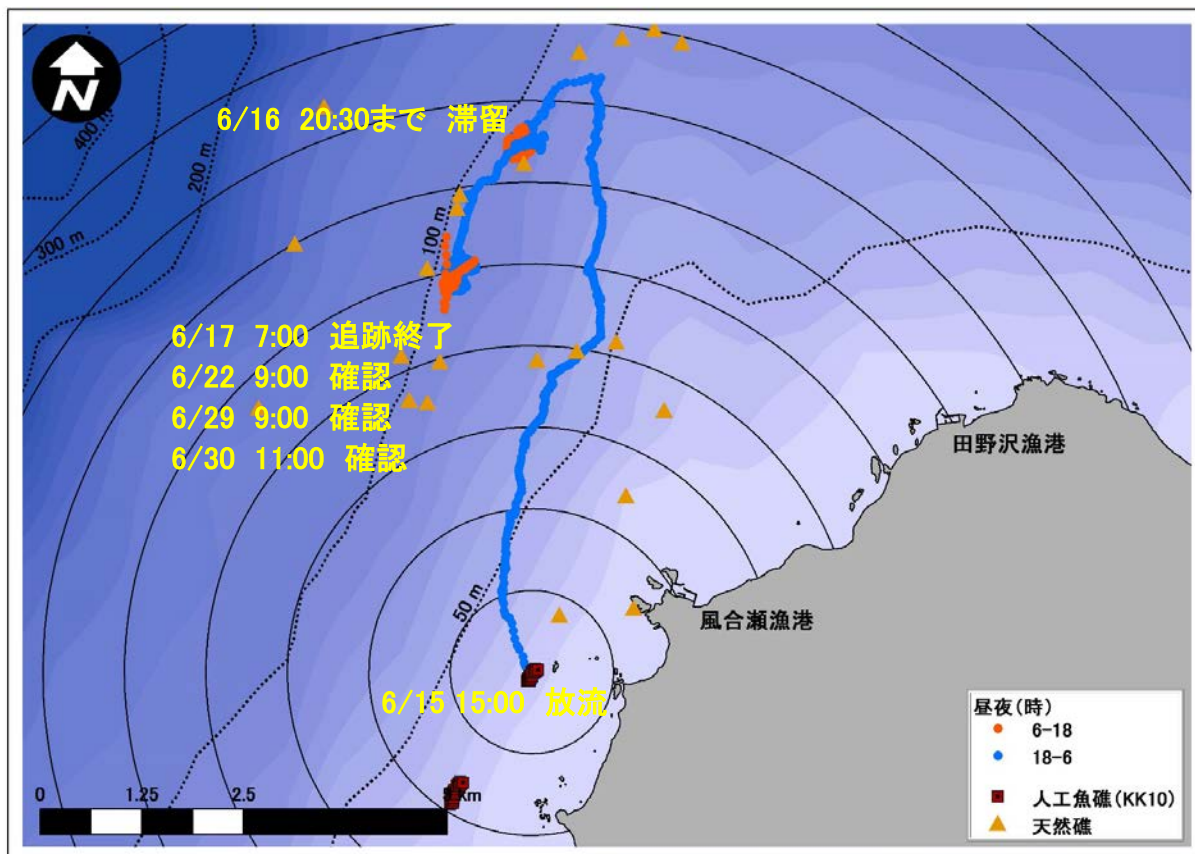


図 e-14 ウスメバルの軌跡(Case 30-1)

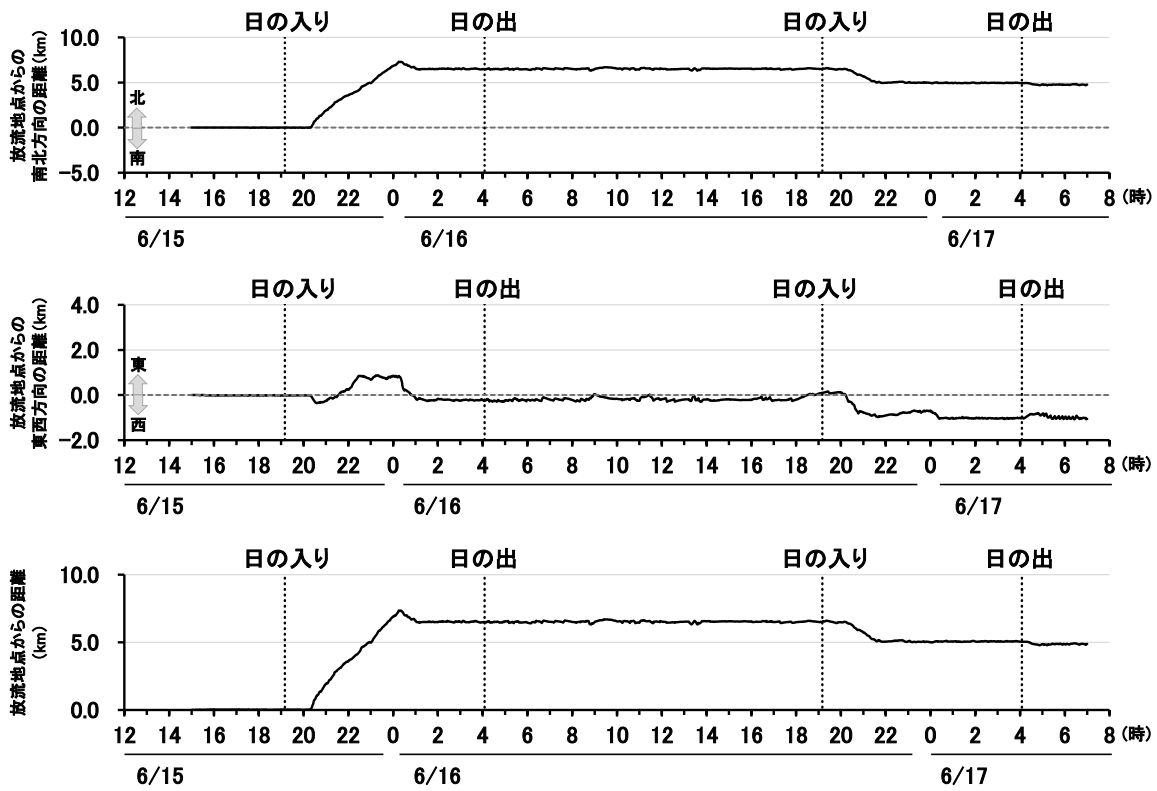


図 e-15 ウスメバルの放流地点からの水平方向の移動の経時変化 (Case 30-1)

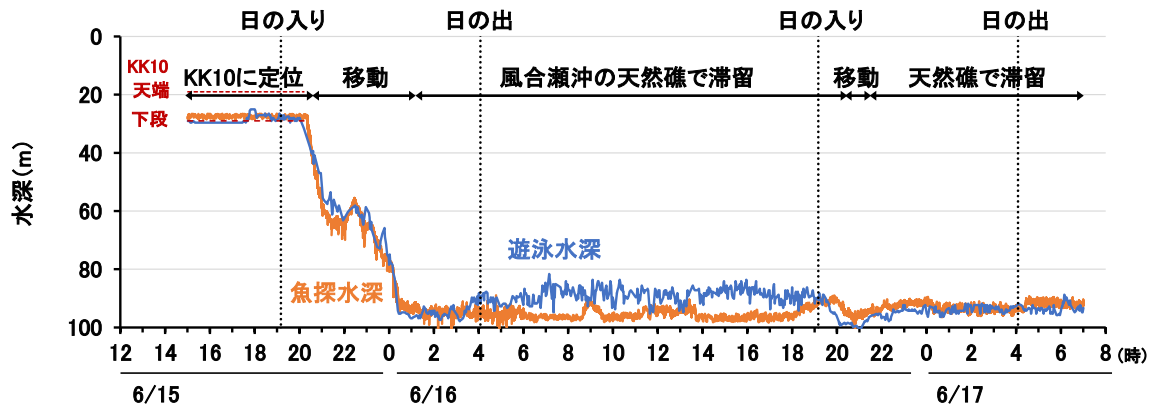
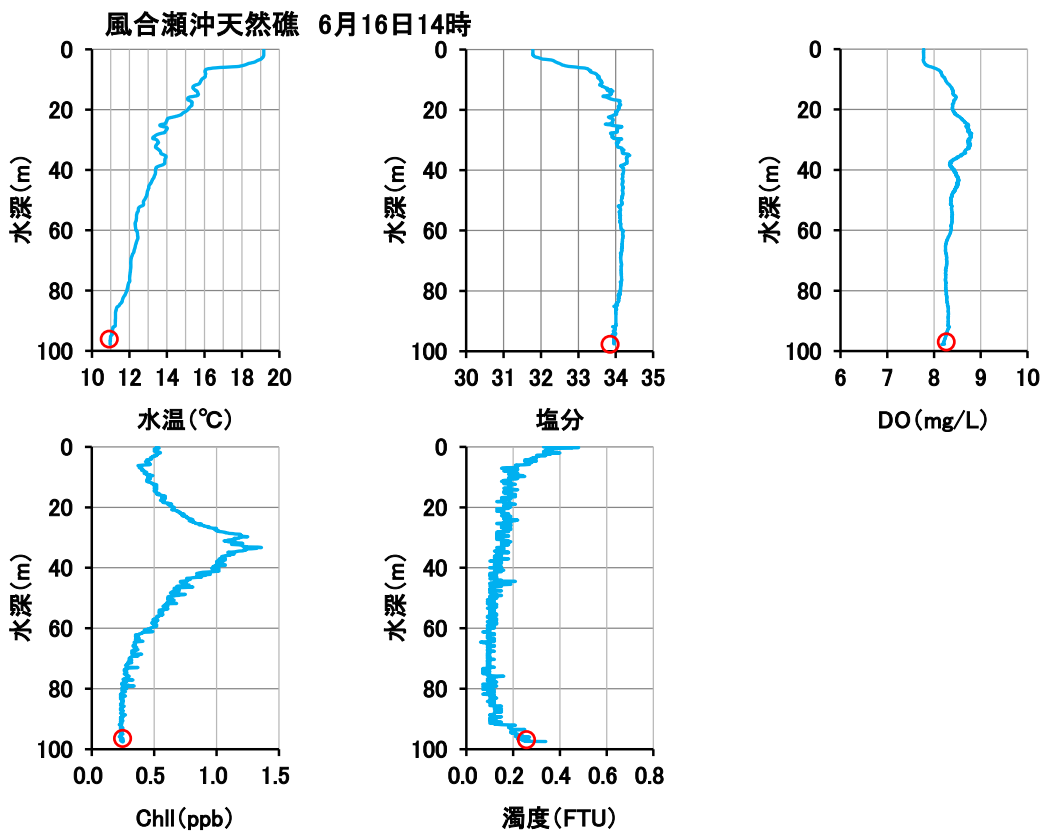
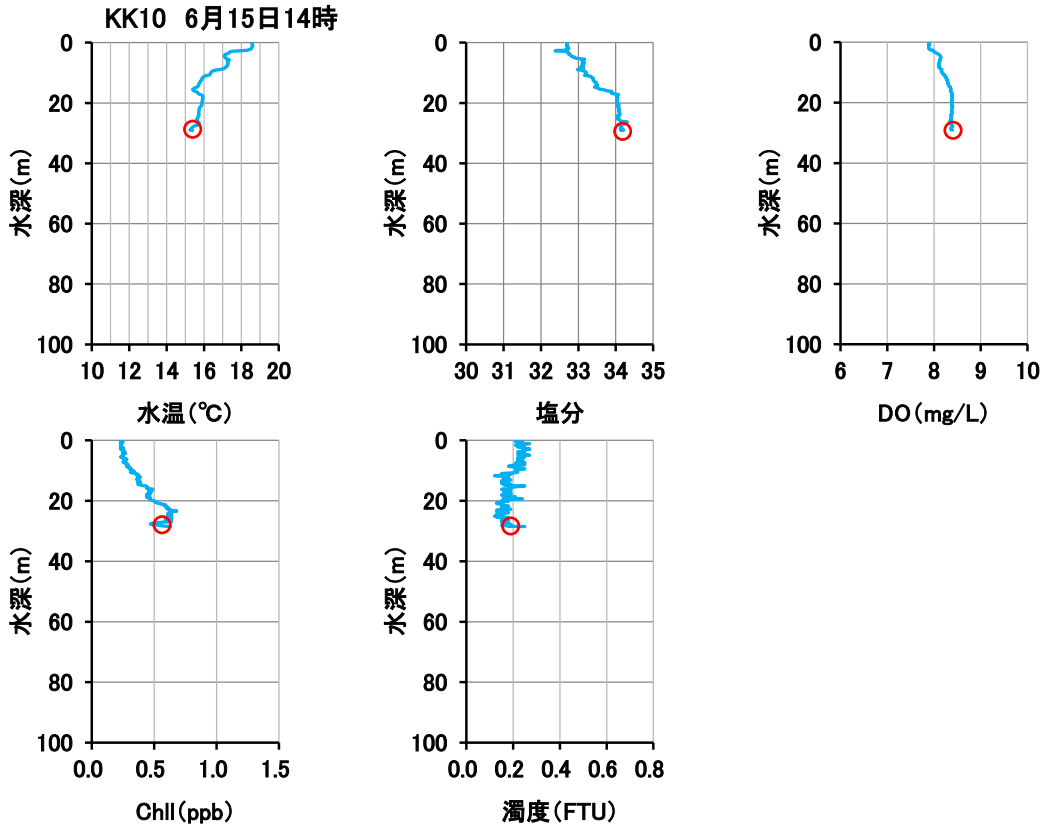


図 e-16 ウスメバルの放流地点からの鉛直方向の移動の経時変化 (Case 30-1)



※ 図中の○はウスメバルの遊泳水深を示す

図 e-17 放流海域および滞留海域における水質の鉛直分布 (Case 30-1)

(2) Case 30-2(体長 22.0 cm、6 歳)

Case 30-2 におけるウスメバルの軌跡は図 e-18、放流地点からの水平方向の移動の経時変化は図 e-19、鉛直方向の移動の経時変化は図 e-20、放流海域および滞留海域における水質の鉛直分布は図 e-21 に示すとおりである。

6月21日15時40分に人工魚礁(KK10)近く、水深25mで放流した後、ウスメバルは、日の入り(19時10分)まで、KK10の下段に定位した。19時30分頃から移動を開始し、水深100m程度になるまで北西に、その後、北北東に移動し、22日0時に放流地点から5km離れた水深100mの海域に達し、追跡終了となる23日の4時まで滞留した。滞留した海域は、Case 30-1と同様にSt.15の天然礁であった。

また、24日9時30分、29日8時30分、30日11時00分においても同天然礁(St.15)でウスメバル追跡個体を確認することができた。

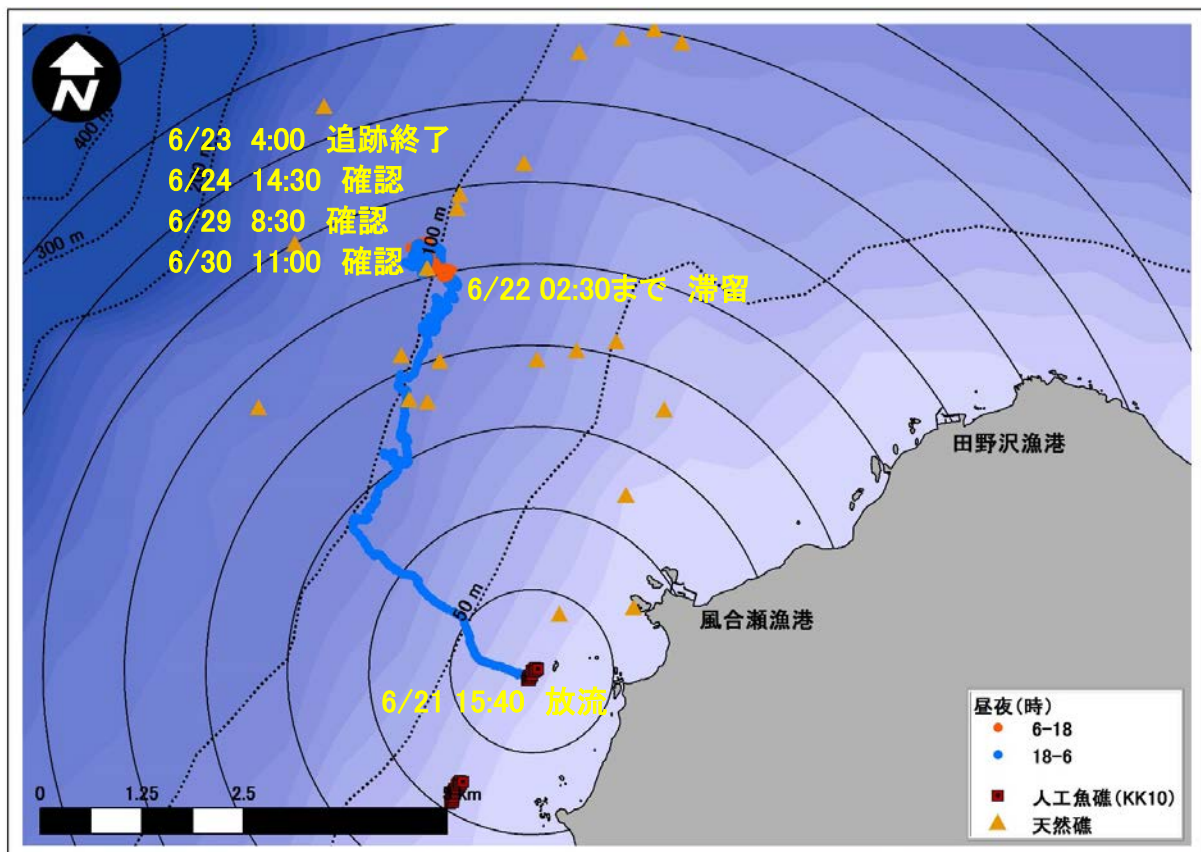


図 e-18 ウスメバルの軌跡 (Case 30-2)

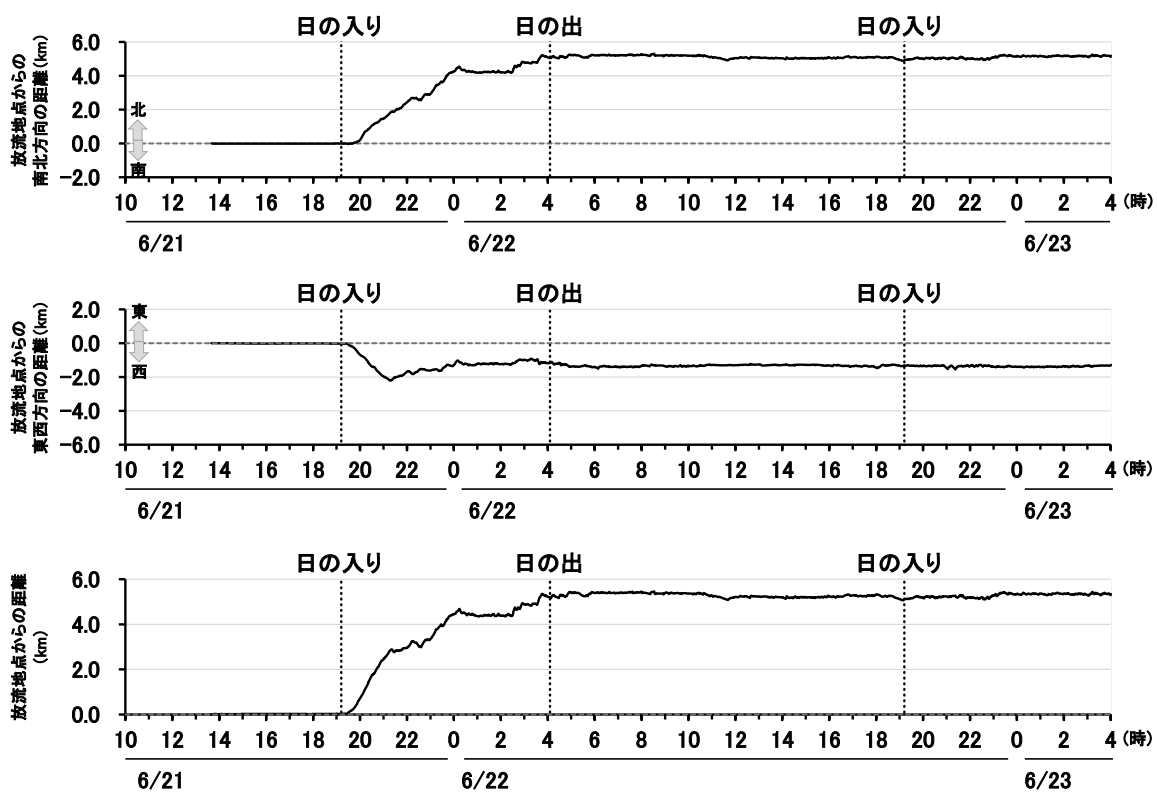


図 e-19 ウスメバルの放流地点からの水平方向の移動の経時変化 (Case 30-2)

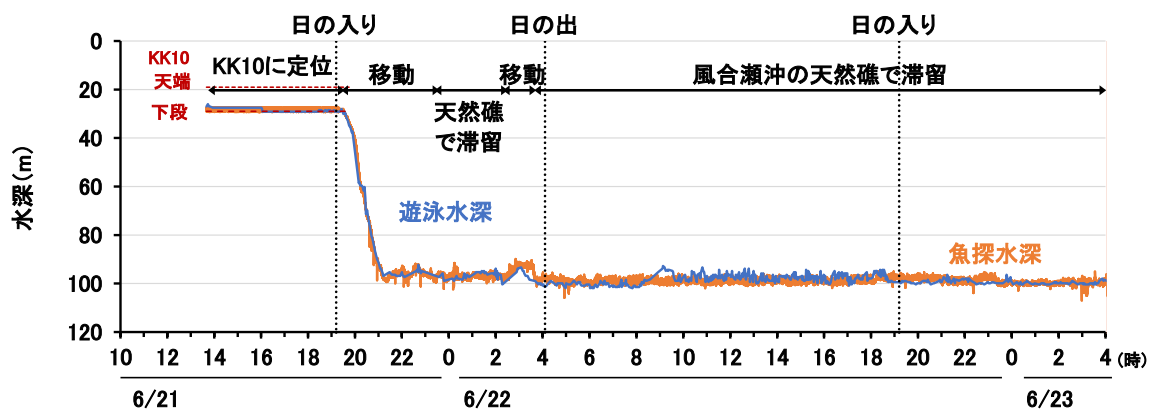
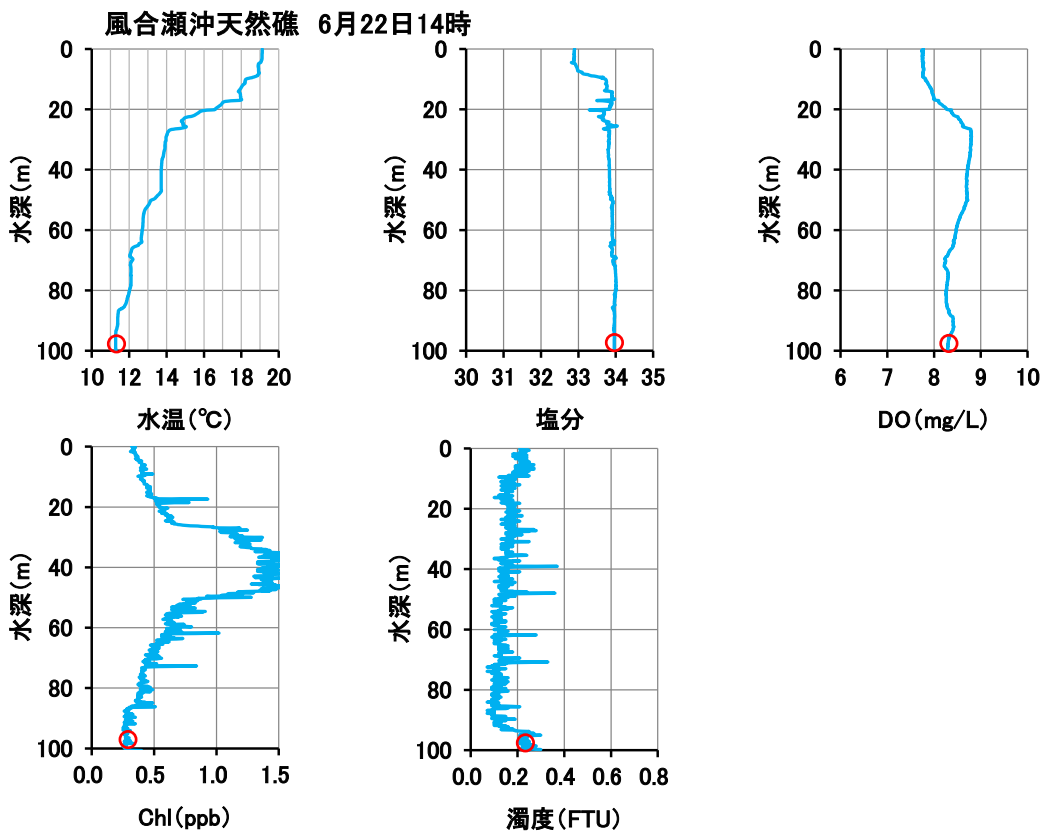
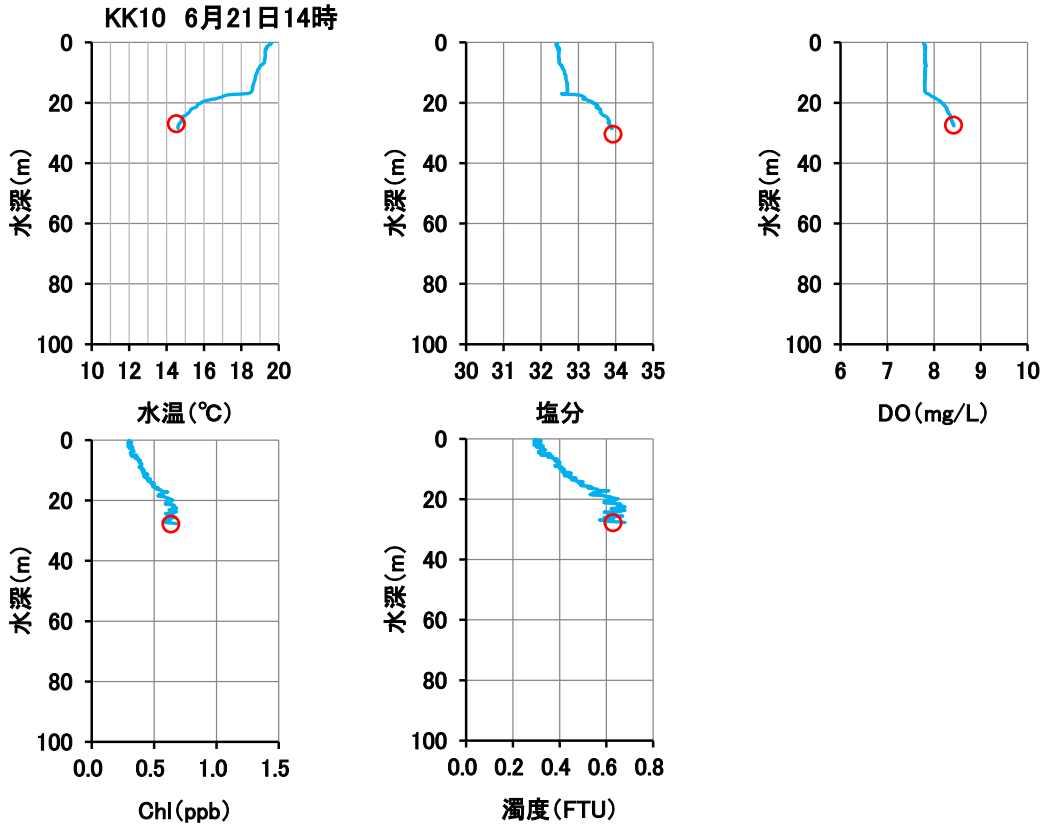


図 e-20 ウスメバルの放流地点からの鉛直方向の移動の経時変化 (Case 30-2)



※ 図中の○はウスメバルの遊泳水深を示す

図 e-21 放流海域および滞留海域における水質の鉛直分布 (Case 30-2)

### (3) Case 30-3(体長 20.4 cm、5 歳)

Case 30-3 におけるウスメバルの軌跡は図 e-22、放流地点からの水平方向の移動の経時変化は図 e-23、鉛直方向の移動の経時変化は図 e-24、放流海域および滞留海域における水質の鉛直分布は図 e-25 に示すとおりである。

6月28日12時40分に人工魚礁(KK10)近く、水深25mで放流した後、ウスメバルは、日の入り(19時10分)まで、KK10の下段に定位した。19時40分頃から移動を開始し、水深70m程度になるまで西に、その後、北に移動し、29日0時30分に放流地点から4km離れた水深100mの海域に達し、追跡終了となる30日の6時30分まで滞留した。滞留した海域は、供試魚の採捕地点のSt.11の天然礁であった。

また、e.1.3 4)で後述するとおり、設置型受信機により、6月30日から7月21日まで同海域で追跡個体の信号を受信した。

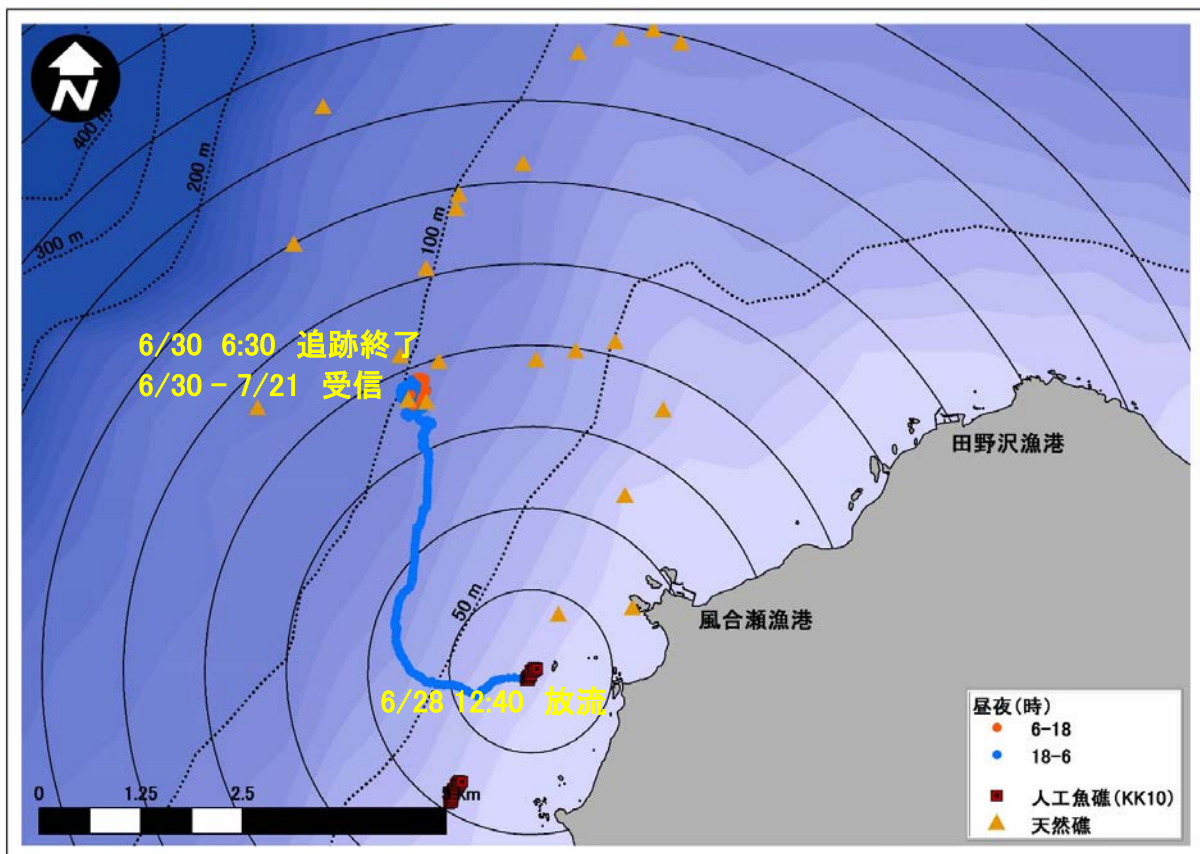


図 e-22 ウスメバルの軌跡(Case 30-3)

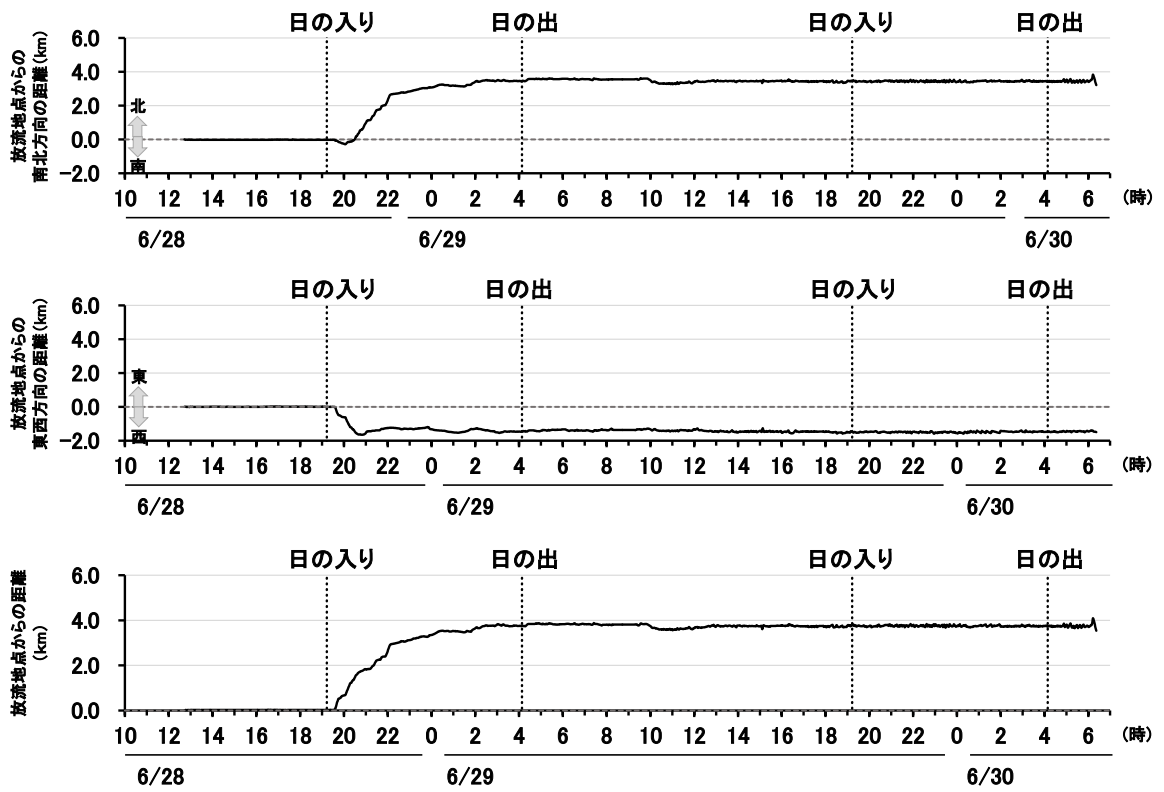


図 e-23 ウスメバルの放流地点からの水平方向の移動の経時変化 (Case 30-3)

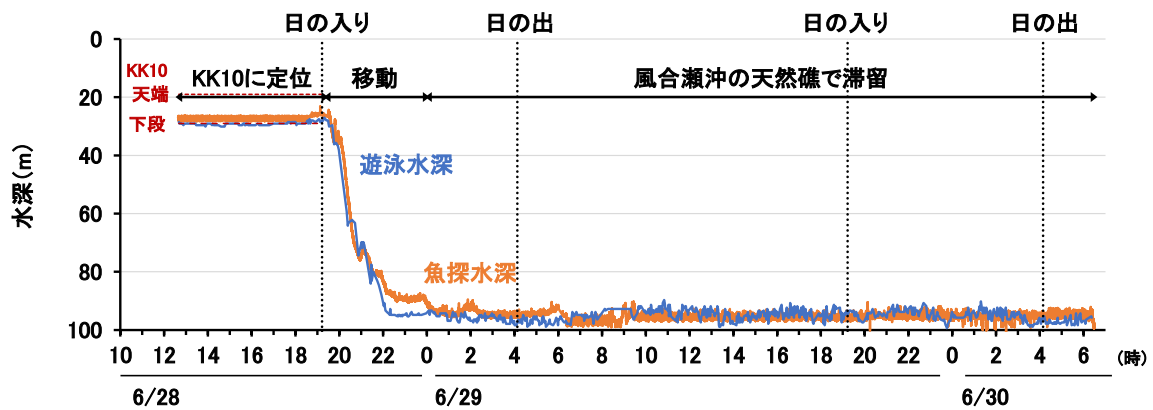
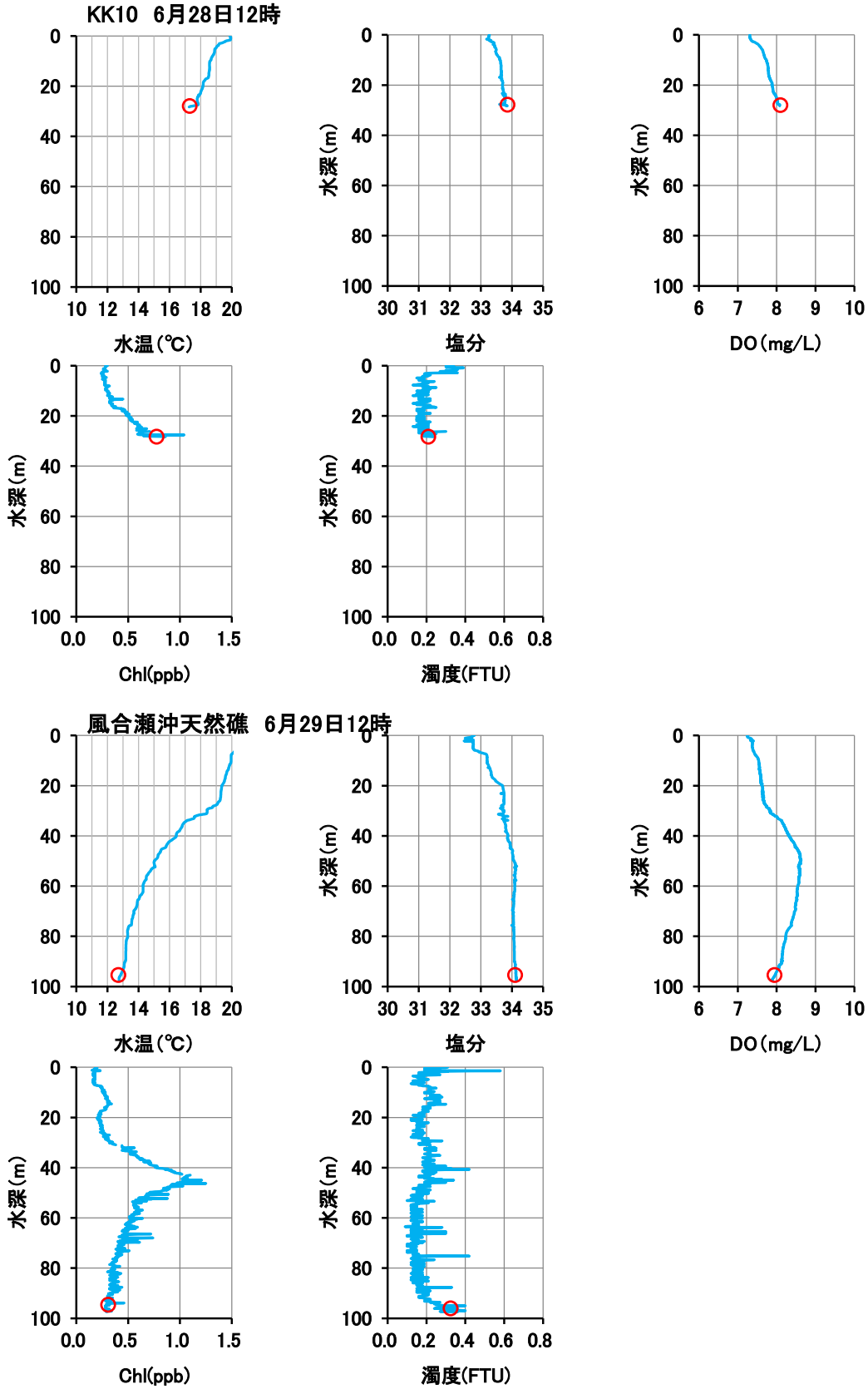


図 e-24 ウスメバルの放流地点からの鉛直方向の移動の経時変化 (Case 30-3)





※ 図中の○はウスメバルの遊泳水深を示す  
 図 e-25 放流海域および滞留海域における水質の鉛直分布 (Case 30-3)

### e.1.3 設置型調査

#### 1) レンジテスト

受信機と発信機の距離と受信率(1分間当たりの受信回数/発信回数)の関係は、図 e-26 に示すとおりである。

水深 80 m において、受信機と発信機の距離 150 m では 83%であった受信率が、200 m では 58 %に低下した。350 m では 8 %となり、400 m 以上離れると受信できなかった。

水深 30 m において、受信機と発信機の距離 150 m では約 80%であった受信率が、200 m では約 30 %まで低下した。250 m 以上離れると受信できなかった。

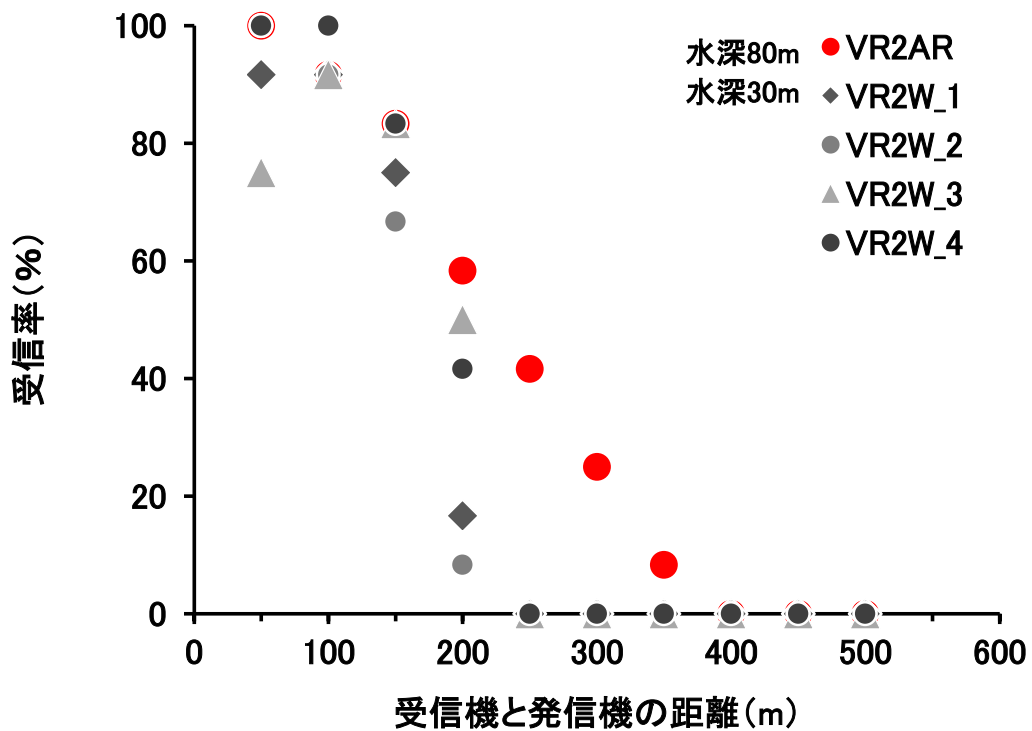


図 e-26 受信機と発信機の距離と受信率の関係

## 2) 4 歳魚以上および 3 歳魚を対象とした水深 80 m の人工魚礁(KK21)における放流

28 年 6 月 28 日に水深 80 m の KK21 で放流したウスメバルの設置型受信機による受信状況は、図 e-27 に示すとおりである。

5 歳魚の 3 個体のうち 2 個体は、8 月 28 日まで数日受信が途絶える期間があるものの、ほとんどの期間において KK21 (水深 80 m) で受信しており、同海域に滞留していたものと考えられた。その後、5 歳魚の 1 個体について、10 月 13 日から 11 月 6 日まで KK21 で受信が確認された。他の 5 歳魚 1 個体、6 歳魚 1 個体および 7 歳魚 1 個体は、いずれも 28 日 20 時まで KK21 に滞留した後、受信が途絶えた。

3 歳魚の 3 個体のうち 2 個体は、6 月 28 日 20 時に KK21 での受信が途絶え、21 時 40 分から 22 時にかけて行合崎沖の天然礁 (水深 80 m) で受信した後、30 日の 11 時から 8 月 28 日までのほとんどの期間を風合瀬沖の天然礁 (水深 100 m) で滞留した。他の 1 個体は、28 日の 23 時頃まで KK21 に滞留し、29 日 16 時から 18 時に FP 魚礁、20 時から 21 時に KK21、22 時から 30 日 20 時に行合崎沖の天然礁で受信した後、受信が途絶えた。

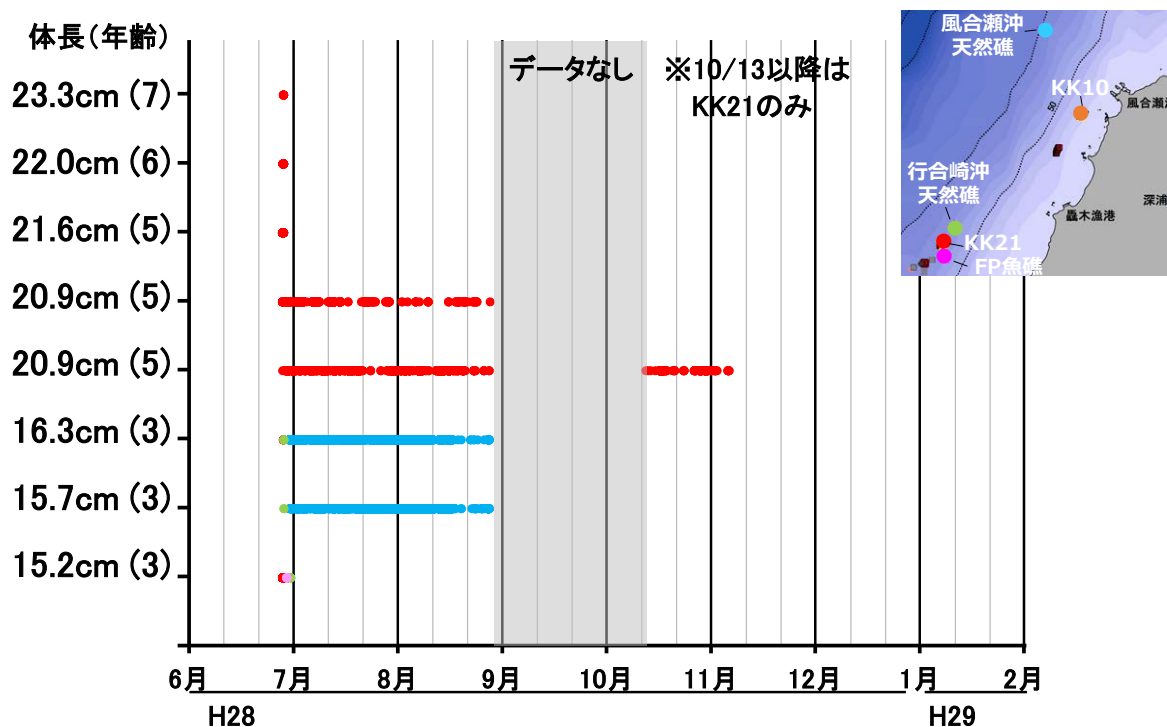


図 e-27 設置型受信機による放流したウスメバルの受信状況 (水深 80 m)

### 3) 4 歳魚以上および 3 歳魚を対象とした水深 30 m の人工魚礁(KK10)における放流

28 年 6 月 28 日に水深 30 m の KK10 で放流したウスメバルの設置型受信機による受信状況は、図 e-28 に示すとおりである。

4 歳魚以上の 5 個体は、いずれも放流した 6 月 28 日の 20 時まで KK10 で受信した後、KK10 において受信は確認されなかった。4 歳魚 1 個体は、29 日 20 時から 21 時に行合崎沖の天然礁（水深 80 m）で、6 歳魚 1 個体は、7 月 18 日 0 時から 1 時に風合瀬沖の天然礁（水深 100 m）で受信した。

3 歳魚の 3 個体は、いずれも放流した 6 月 28 日の 20 時まで KK10 で受信した後、KK10 において受信は確認されなかった。3 歳魚の 3 個体のうち 2 個体は 30 日 11 時から、他の 1 個体は 7 月 3 日 2 時から 8 月 28 日までのほとんどの期間を風合瀬沖の天然礁（水深 100 m）で受信が確認され、同海域に滞留したものと考えられた。

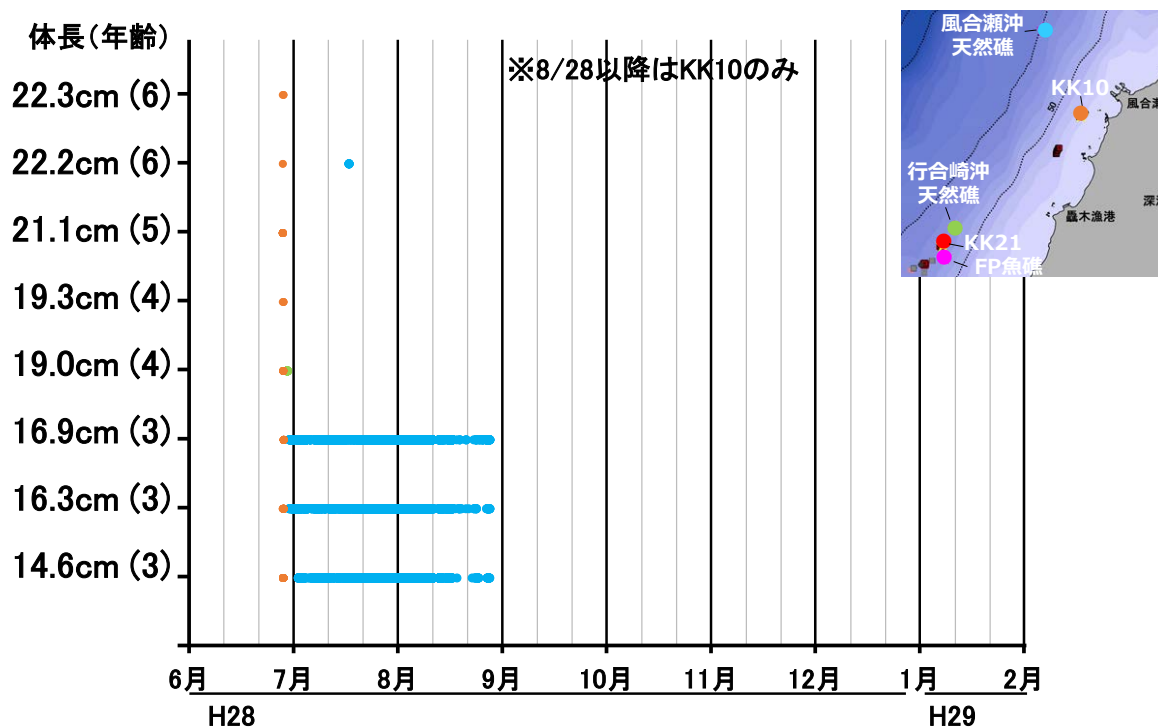


図 e-28 設置型受信機による放流したウスメバルの受信状況(水深 30 m)

#### 4) 追跡型調査個体(4歳魚以上)

追跡型調査で放流したウスメバルの設置型受信機による受信状況は、図 e-29 に示すとおりである。

Case 80-1 の6歳魚は、6月3日13時から18日4時まで、行合崎沖の天然礁(水深80 m)で滞留した。

Case 80-3 の6歳魚は、6月15日11時から7月2日11時まで、FP魚礁(水深80 m)で滞留した。

Case 30-1 の6歳魚は、7月13日11時、21日4時に風合瀬沖の天然礁(水深100 m)で受信した。

Case 30-3 の6歳魚は、6月30日11時から21日21時まで、風合瀬沖の天然礁(水深100 m)で滞留した。

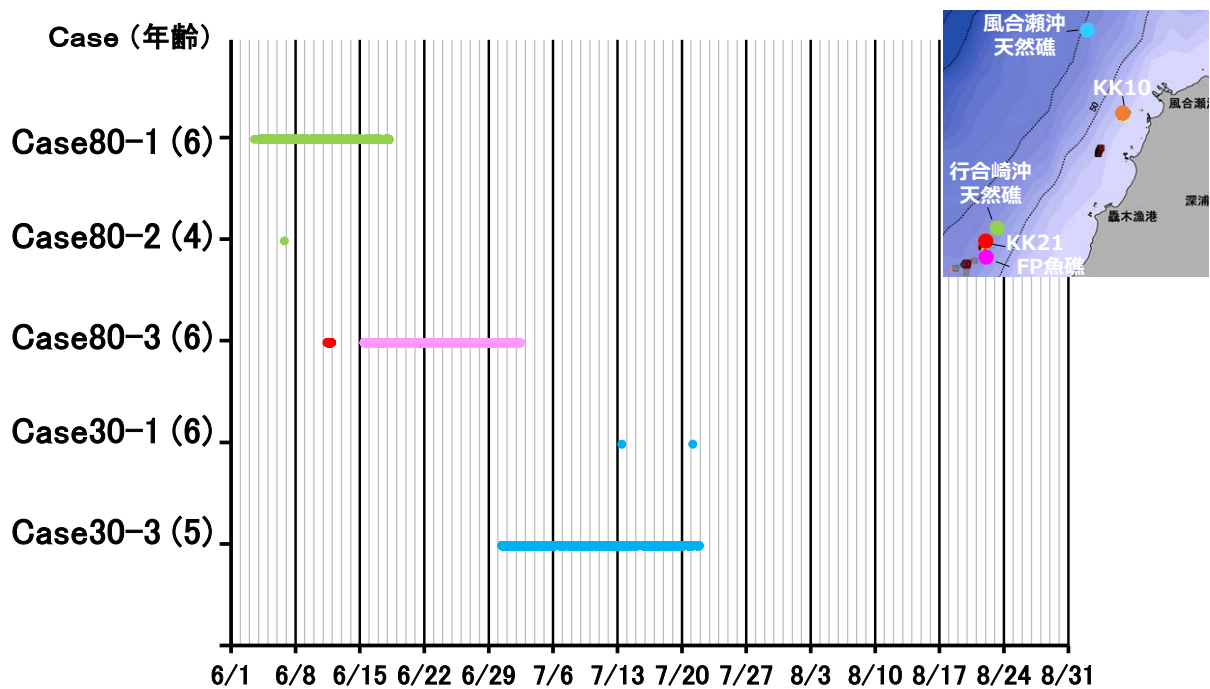


図 e-29 設置型受信機による放流したウスメバルの受信状況(追跡型調査個体)

## 5) 滞留海域における遊泳水深

### (1) 4 歳魚以上

滞留海域における 4 歳以上のウスメバルの遊泳水深の経時変化は、図 e-30 に示すとおりである。

KK21 (水深 80 m) に滞留した 2 個体の遊泳水深は海底近くであり、鉛直方向の変化は、ほとんどみられなかった。FP 魚礁 (水深 80 m) における遊泳水深は、70～80 m で増減を繰り返しながら推移した。行合崎沖の天然礁 (水深 80 m) における遊泳水深は 65～75 m、風合瀬沖の天然礁 (水深 100 m) では 85～100 m で増減を繰り返しながら推移した。

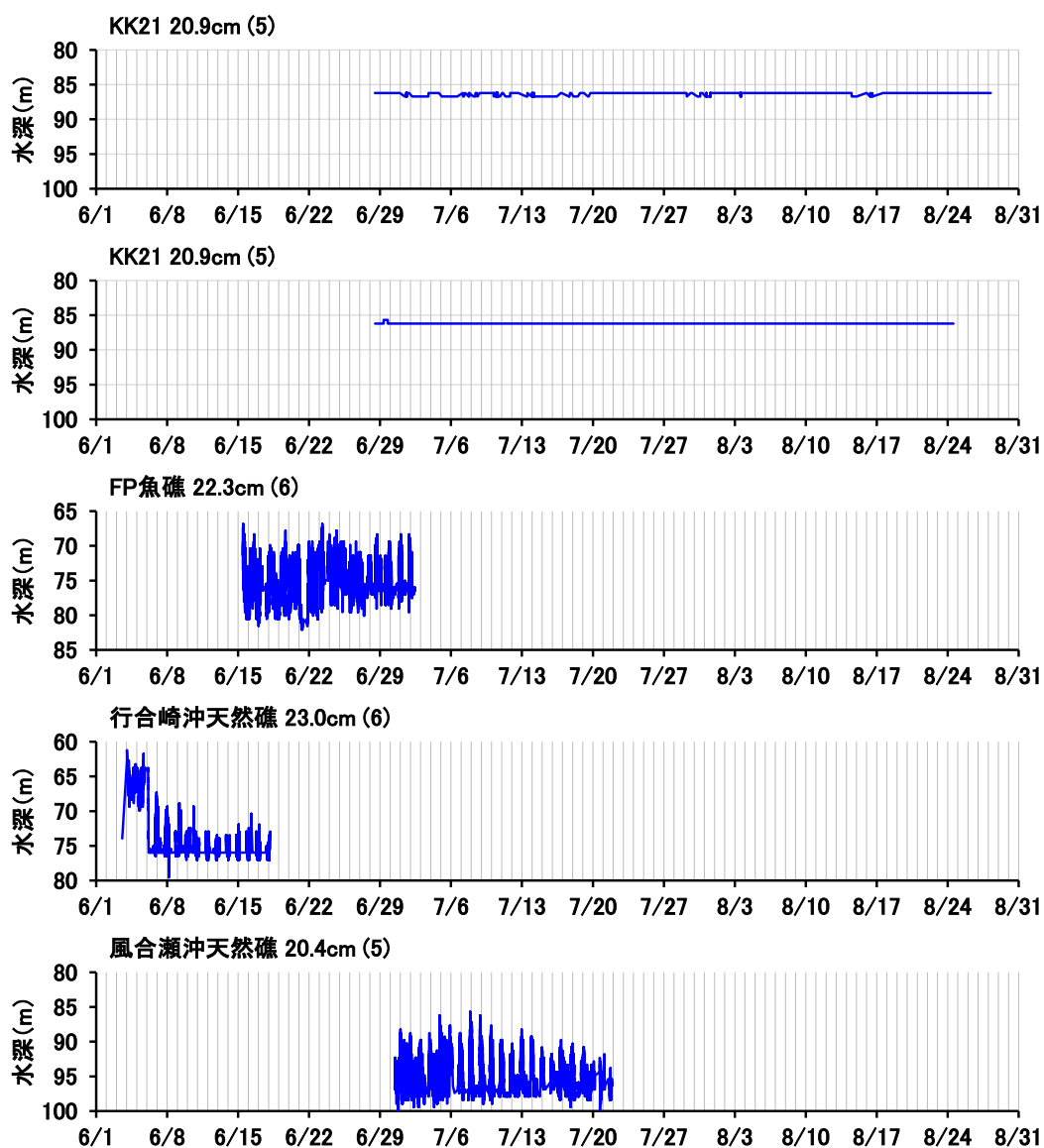


図 e-30 滞留海域におけるウスメバル(4 歳魚以上)の遊泳水深

(2) 3 歳魚

滞留海域における 3 歳のウスメバルの遊泳水深の経時変化は、図 e-31 に示すとおりである。

風合瀬沖の天然礁（水深 100 m）における 3 歳魚の遊泳水深は、90～100 m で増減を繰り返しながら推移した。

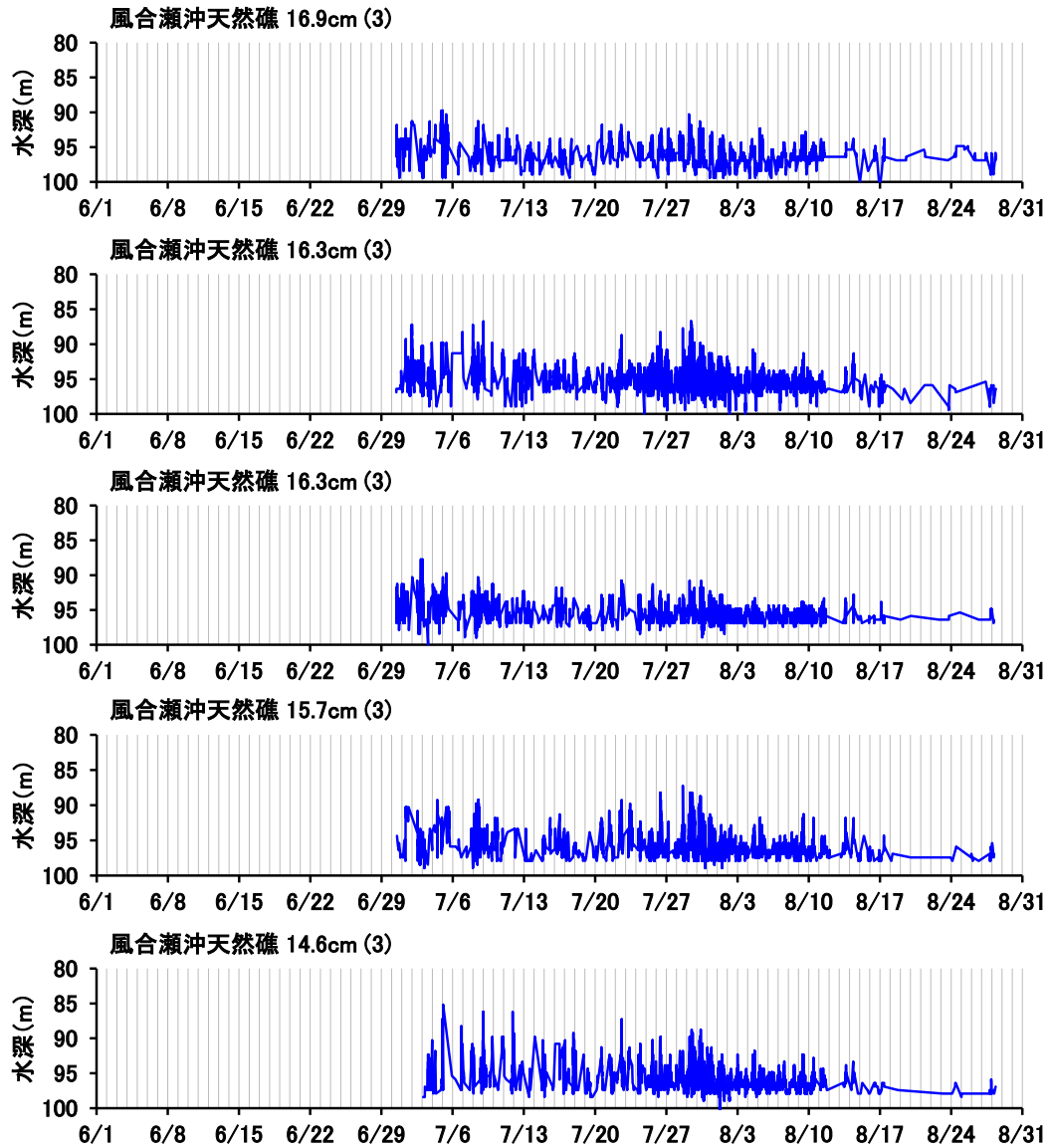


図 e-31 滞留海域におけるウスメバル(3 歳魚)の遊泳水深

### e.1.4 流況調査

水深 80 m (KK21) における流況の経時変化は図 e-32、流向別流速の出現頻度は図 e-33 に示すとおりである。また、水深 80 m における水温の経時変化は、図 e-34 に示すとおりである。

28 年 5 月 23 日から 8 月 28 日の期間、水深 80 m では北北東～北東の流れが卓越し、次いで東、南～南南西の流れの出現頻度が高かった。

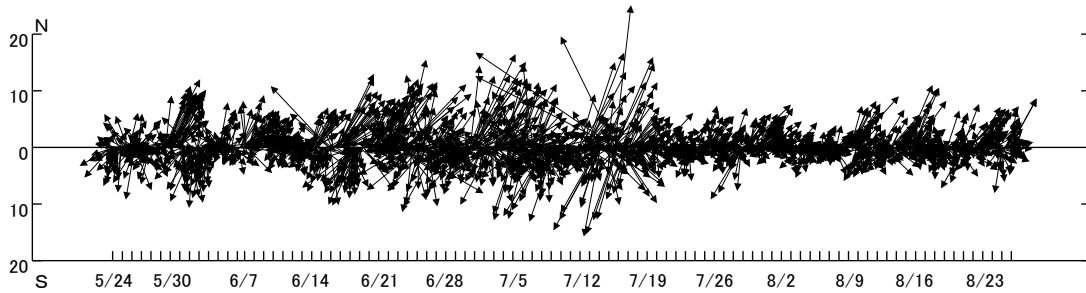


図 e-32 水深 80 m における流況の経時変化(28 年 5 月 23 日～8 月 28 日)

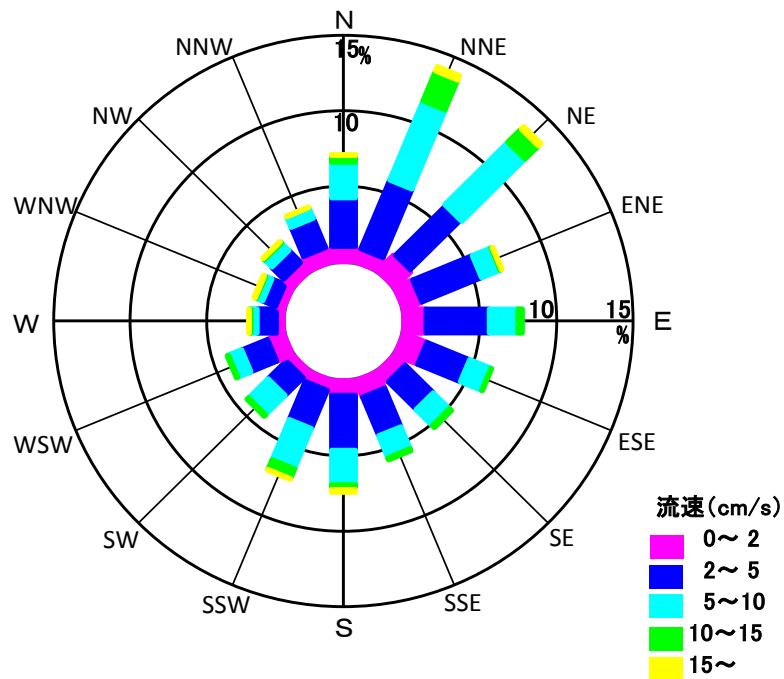


図 e-33 水深 80 m における流向別流速の出現頻度(28 年 5 月 23 日～8 月 28 日)



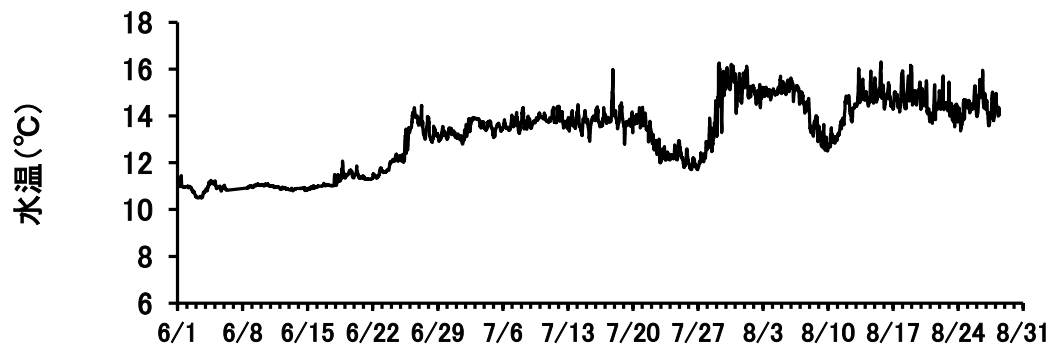


図 e-34 水深 80 m における水温の経時変化(28 年 5 月 23 日~8 月 28 日)

## e.2 蛸集状況等の把握

### e.2.1 潜水目視観察調査

行合崎沖の水深 30 m の人工魚礁(KK10)における魚類の目視観察結果は、表 e-1、写真 e-1、写真 e-2 に示すとおりである。

28 年 5 月 23 日の観察では、KK10 において、ウスメバルは確認されなかった。確認された魚類は、クロソイ（全長 25 cm）やキツネメバル（全長 20 cm）など計 4 種、19 尾であった。

6 月 7 日調の観察では、全長 5～7 cm のウスメバルが 116 尾確認された。この他、キツネメバル（全長 20 cm）やウマヅラハギ（全長 20 cm）など、計 6 種、155 尾であった。

表 e-1 魚類の目視観察結果

(単位:尾)

魚種	全長(cm)	H28 年 5 月 23 日	H28 年 6 月 7 日
クロソイ	25	5	6
ウスメバル	5～7	0	116
キツネメバル	20	3	4
メバル属	20	5	10
アイナメ	25～30	6	6
ウマヅラハギ	20	0	13
合計		19	155

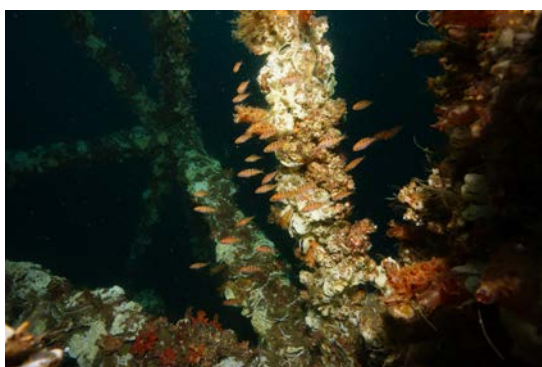


写真 e-1 全長 5～7cm(H28 年 6 月)

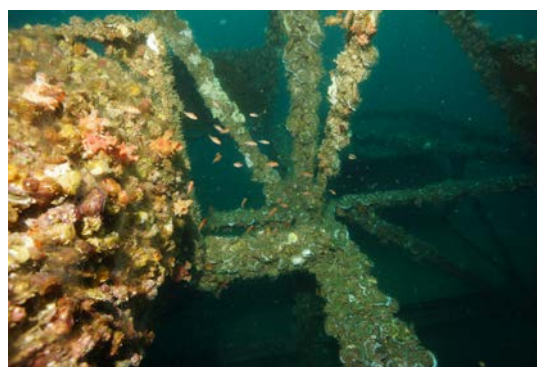


写真 e-2 全長 5～7cm(H28 年 6 月)

### e.3 結果の整理

#### e.3.1 ウスメバルの遊泳水深と水温の関係

ウスメバルの遊泳水深と水温の関係は、図 e-35 に示すとおりである。

行合崎沖の水深 80 m で 28 年 5 月 29 日、6 月 6、11 日に放流した 4 歳以上のウスメバルは、KK21 で滞留中に天端から下段までを遊泳した。このときの水温は、天端（水深 60 m）から下段（水深 80 m）まで 11 °C であった。KK21 を離脱し、ウスメバルが滞留した FP 魚礁（水深 80 m）や行合崎沖の天然礁（水深 80 m）における遊泳水深の水温は、11 °C であった。

一方、水深 30 m で 6 月 15、21、28 日に放流した際の KK10 の水温は、天端（水深 20 m）で 16~18 °C、下段（水深 30 m）で 15~17 °C であり、KK10 に滞留中の 4 歳以上のウスメバルの遊泳水深は 30 m であった。KK10 を離脱し、ウスメバルが滞留した風合瀬沖の天然礁（水深 100 m）における遊泳水深の水温は、概ね 11 °C であった。

3 歳以上のウスメバルの好適水温は、9~16 °C とされている。水深 30 m の KK10 では天端を遊泳せずに下段に留まり続けたのは、天端の水温が好適水温に対して高く、より水温の低い底層に定位したことによると考えられる。さらに、KK10 で放流した 4 歳以上のウスメバルが、放流日の夜に風合瀬沖の水深 100 m の天然礁に移動したのも、より好適な水温を求めて移動したことによると考えられる。

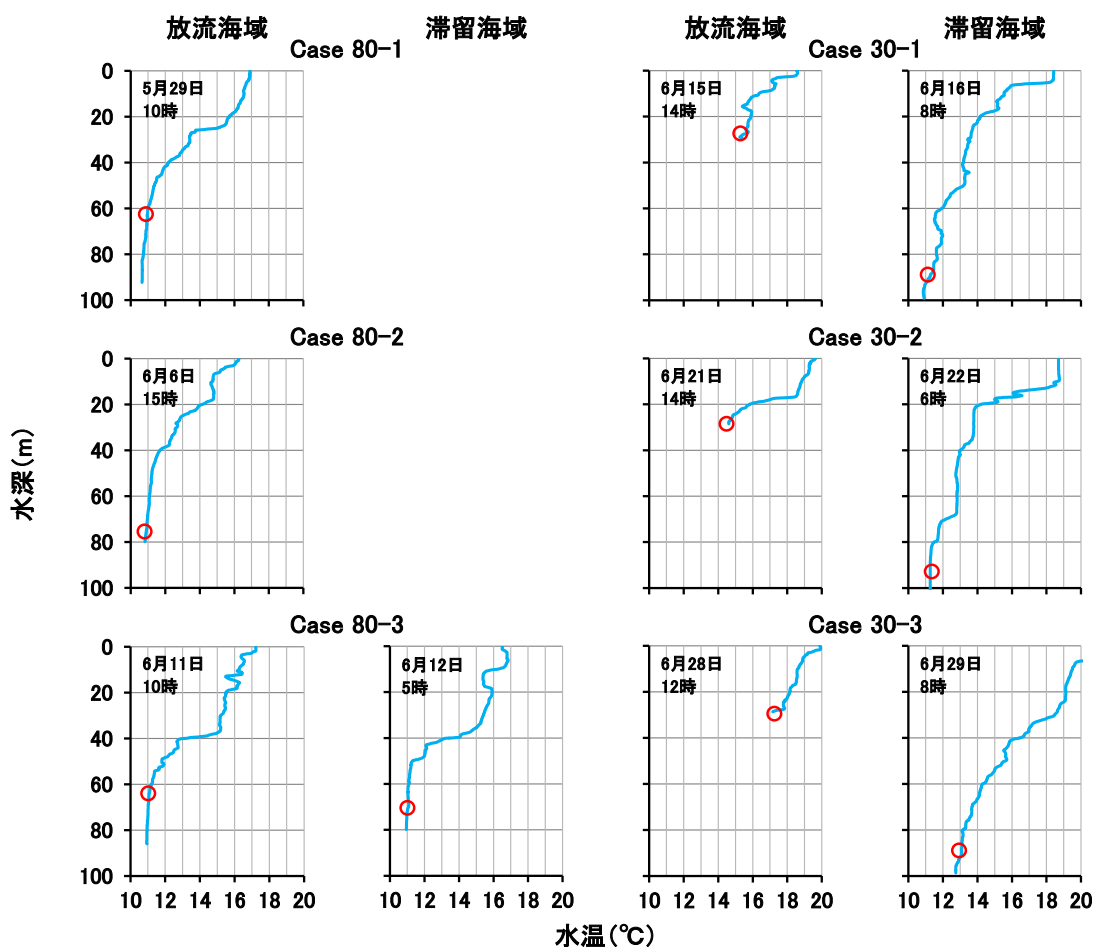


図 e-35 ウスメバル(4 歳以上)の遊泳水深における水温

### e.3.2 ウスメバルの日周行動

滞留海域におけるウスメバルの遊泳水深の周期性を把握するため、スペクトル解析を行った。遊泳水深のパワースペクトルおよび解析に供した5日間の遊泳水深の経時変化は、図 e-36 に示すとおりである。なお、解析には、受信記録の多い期間を抽出した。

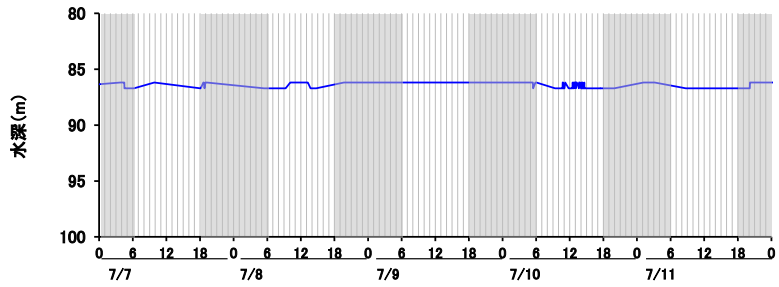
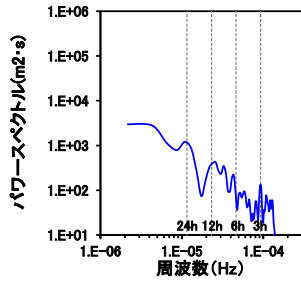
4歳魚以上についてみると、KK21（水深80 m）では遊泳水深に周期性はほとんどみらず、鉛直方向の変化は小さかった。FP魚礁（水深80 m）では、24時間の周期性が示され、遊泳水深は、夜間に10 m程度浅くなる傾向がみられた。行合崎沖の天然礁（水深80 m）および風合瀬沖の天然礁（水深100 m）では、24時間および12時間の周期性が示され、遊泳水深が夜間に5~10 m浅くなった。また、KK21（水深80 m）、FP魚礁（水深80 m）、行合崎沖の天然礁（水深80 m）および風合瀬沖の天然礁（水深100 m）における、日中（6時~18時）と夜間（18時~6時）の遊泳水深は、いずれの海域においても有意差がみられた（マン・ホイットニーのU検定,  $p < 0.05$ ）。

3歳魚についてみると、風合瀬沖の天然礁（水深100 m）における遊泳水深は、24時間および12時間の周期性が示され、遊泳水深は、日中に5~10 m浅くなる傾向がみられた。また、同海域における日中（6時~18時）と夜間（18時~6時）の遊泳水深は、有意差がみられた（マン・ホイットニーのU検定,  $p < 0.05$ ）。

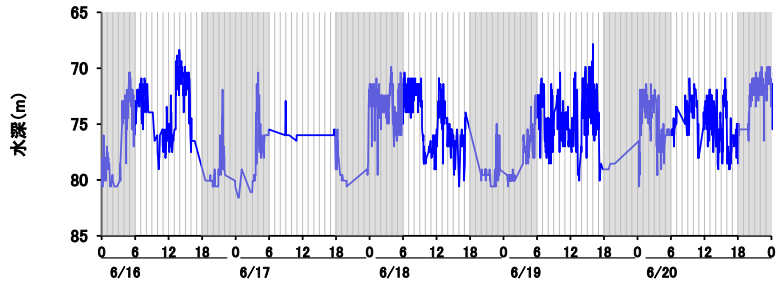
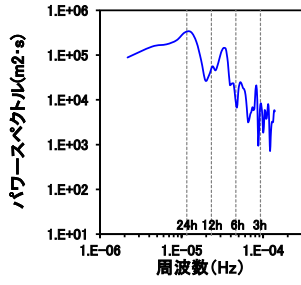
このように、4歳魚以上が滞留した海域の水深は80~100 mであり、水温は前述のとおり同程度であったものの、高さ20 mの鋼製礁では遊泳水深は周期性を示さず、高さ3mのコンクリート魚礁および天然礁では24時間の周期性を示し、構造物によって4歳魚以上のウスメバルの日周行動が異なることが示唆された。

また、水深80~100 mの天然礁において、3歳魚の遊泳水深は、4歳魚以上と同様に24時間および12時間の周期性を示したものの、4歳魚以上では夜間に水深が浅くなるのに対し、3歳魚では日中に水深が浅くなり、日周行動のパターンが異なることが示唆された。

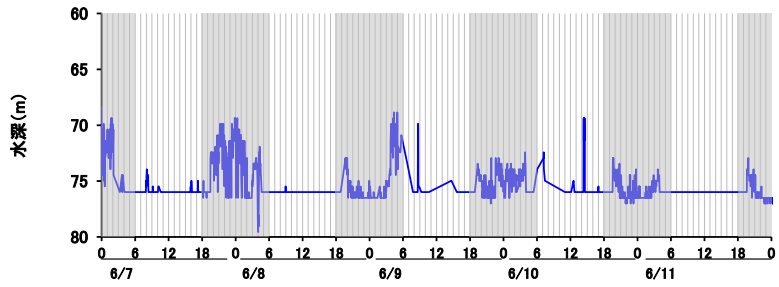
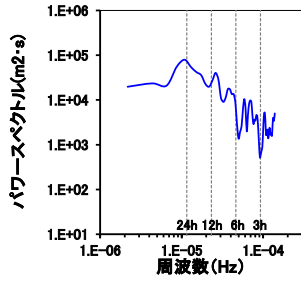
KK21 20.9cm (5)



FP魚礁 22.3cm (6)



行合崎沖天然礁 23.0cm (6)



風合瀬沖天然礁 20.4cm (5)

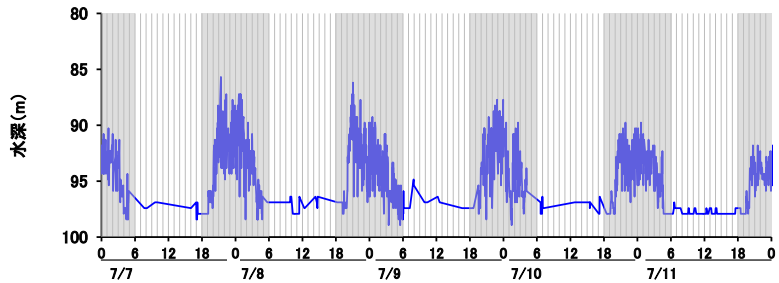
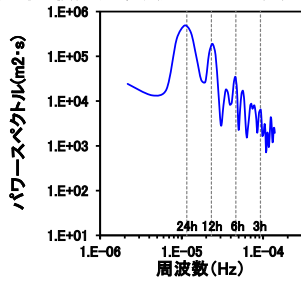
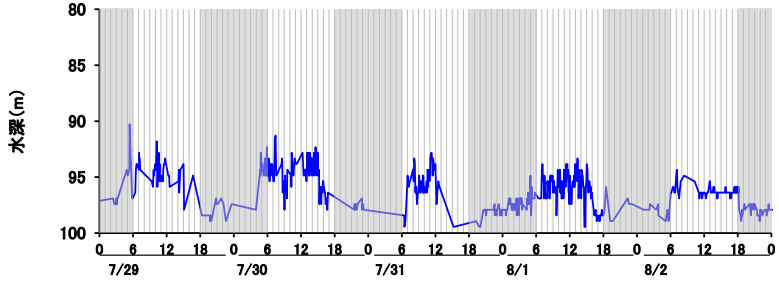
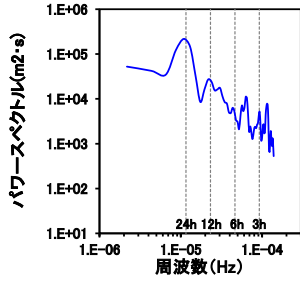
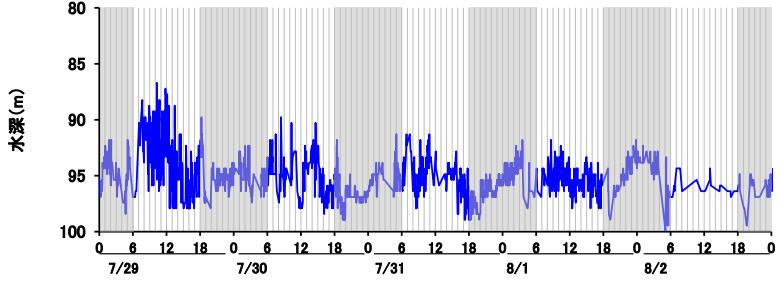
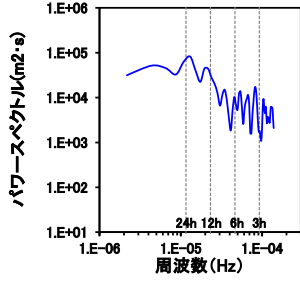


図 e-36(1) 遊泳水深のスペクトルおよび5日間の経時変化(4歳魚以上)

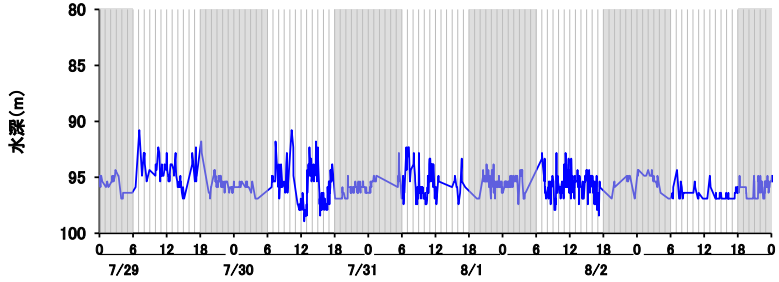
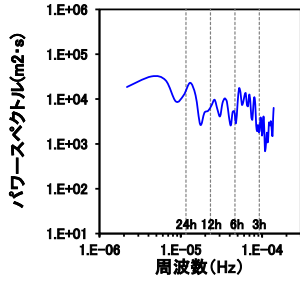
風合瀬沖天然礁 16.9cm(3)



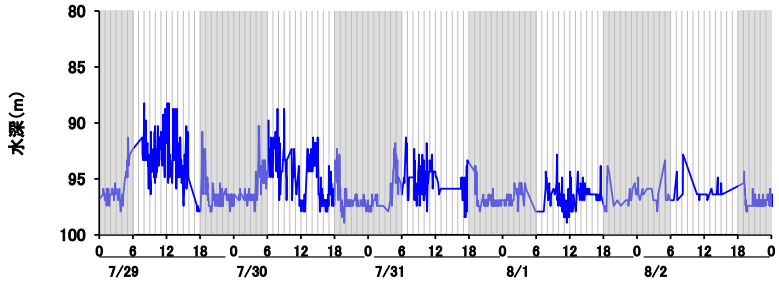
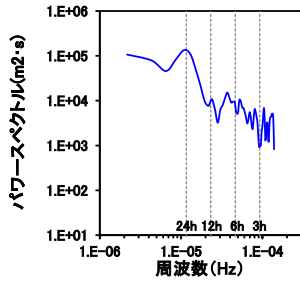
風合瀬沖天然礁 16.3cm(3)



風合瀬沖天然礁 16.3cm(3)



風合瀬沖天然礁 15.7cm(3)



風合瀬沖天然礁 14.6cm(3)

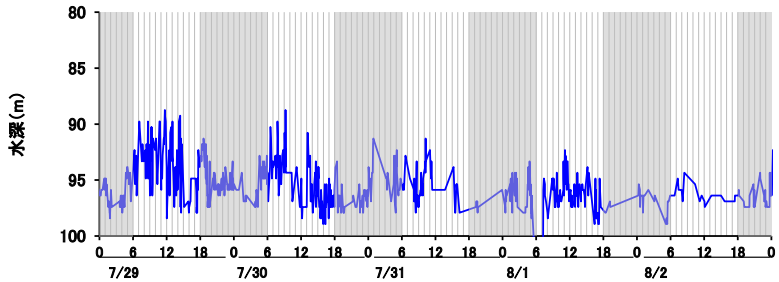
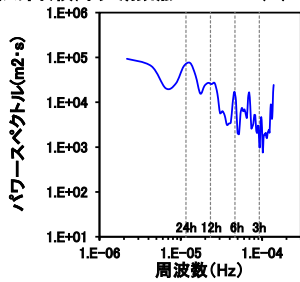


図 e-36(2) 遊泳水深のスペクトルおよび5日間の経時変化(3歳魚)

### e.3.3 滞留海域におけるウスメバルの移動範囲

ウスメバルの滞留海域における海底地形（※青森県 平成 24 年度赤石・風合瀬地区（深浦）水産環境整備測量委託）とウスメバルの分布は、図 e-37 に示すとおりである。

4 歳以上のウスメバルは、水深 80 m の FP 魚礁に滞留している間、300 m 程度の範囲を移動していた。

行合崎沖の水深 80 m の天然礁においても、4 歳魚以上のウスメバルは、300 m 程度の範囲を移動し、高さ 5～10 m 程度の天然礁の駆け上がり部に分布する傾向がみられた。

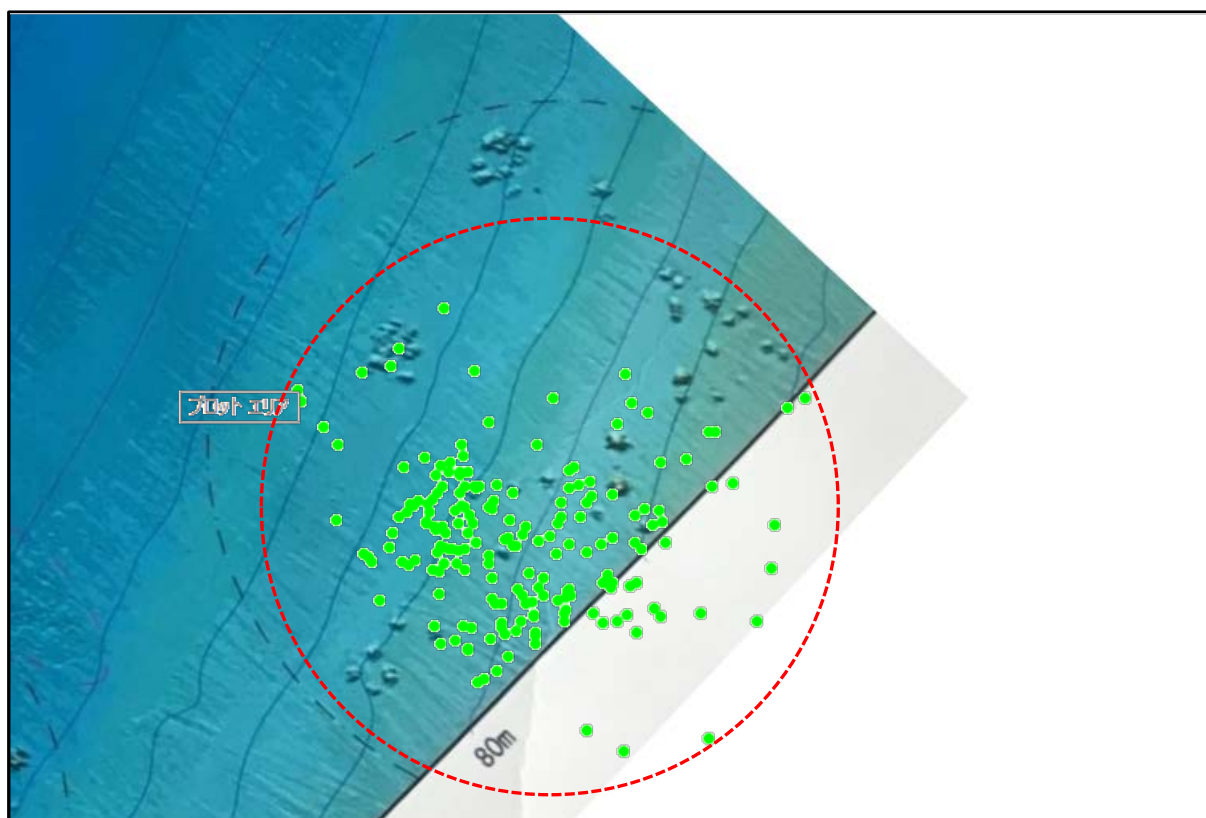


図 e-37(1) 滞留海域の海底地形とウスメバルの分布 (FP 魚礁)

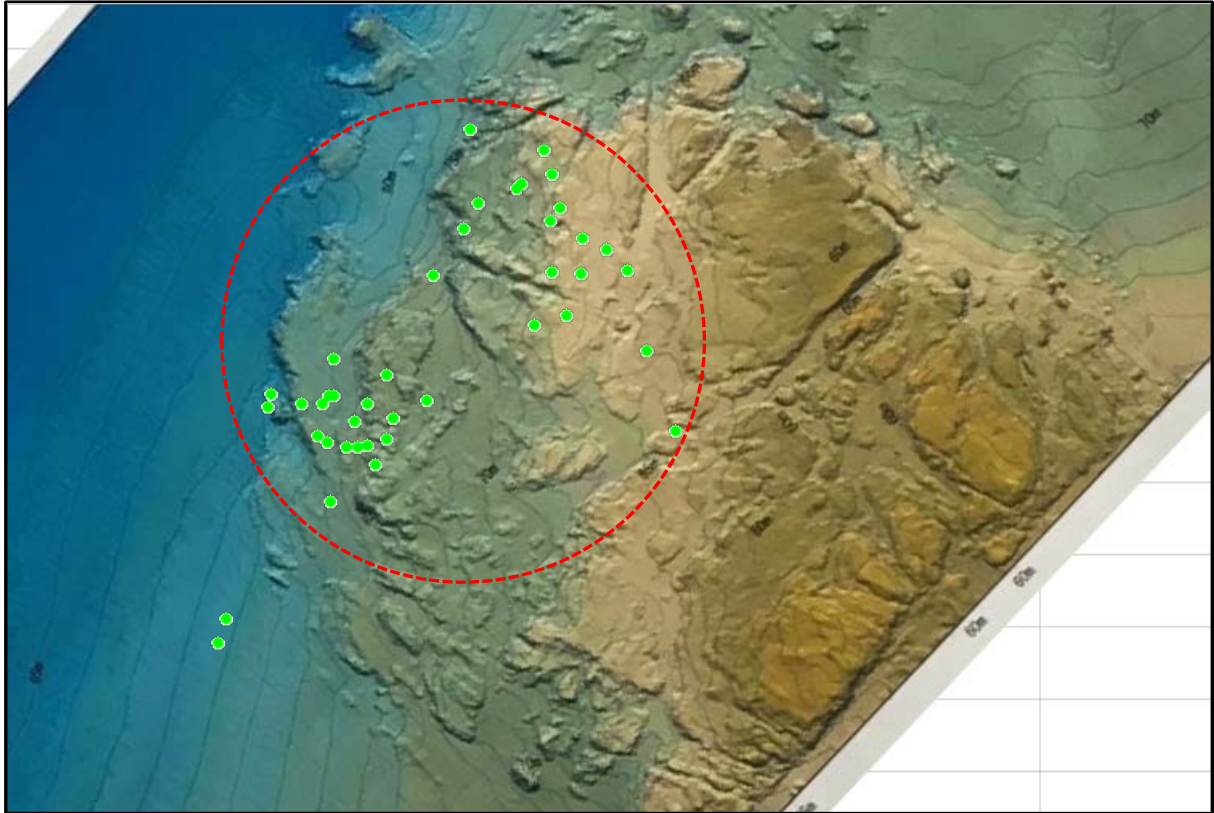


図 e-37(2) 滞留海域の海底地形とウスメバルの分布(行合崎沖の天然礁)

#### e.3.4 未成魚と成魚の行動特性の違いと異なる水深における魚礁との関係

水深 80 m の KK21 で放流した設置型調査では、4 歳以上のウスメバル 5 個体の内 2 個体は、6 月 28 日の放流時から受信機を回収した 8 月 28 日までほとんどの期間を KK21 で滞留した。また、4 歳魚 1 個体について、10 月 13 日から 11 月 6 日まで KK21 において受信が確認された。発信機を装着した 3 歳魚の 3 個体は、いずれも 6 月 28 日 20 時に KK21 を離脱した後、30 日 11 時に 10km 離れた風合瀬沖の水深 100 m の天然礁で受信し、以降同海域に滞留した。

水深 30 m の KK10 で 28 年 6 月 28 日に放流した 3 歳魚の 3 個体は、いずれも KK10 を離脱して、風合瀬沖の水深 100 m の天然礁に滞留した。ただし、27 年度の調査では、KK10 で 27 年 6 月 23 日に放流したウスメバル 3 歳魚は最長で 7 月 19 日まで滞留していた。28 年度の調査では、放流した際の KK10 における水温が、前述のとおりウスメバルの好適水温に対して高かったため、離脱したものと考えられる。また、潜水目視観察では、28 年 6 月 7 日に全長 5~7 cm の当歳魚と思われるウスメバルが KK10 において確認されており、水深 30 m の KK10 は、若齢魚の育成の場として機能している可能性が示唆された。

#### e.3.5 ウスメバルの移動方向と流向の関係

4 歳魚以上を対象とした追跡型調査におけるウスメバルの放流地点からの移動距離と流速の関係は、図 e-38 に示すとおりである。

水深 80 m で放流した追跡調査では、ウスメバルの移動方向と流向は南北方向、



東西方向とも一致していた。

水深 30 m で放流した追跡調査では、南北方向について移動方向と流向は一致していた。Case30-2、30-3 では KK10 を離脱した際、流向は東であったが、ウスメバルは沖（西）に向かって移動した。放流した際の水温がウスメバルの好適水温に対して高く、水温が低い沖に向かって移動したものと考えられる。

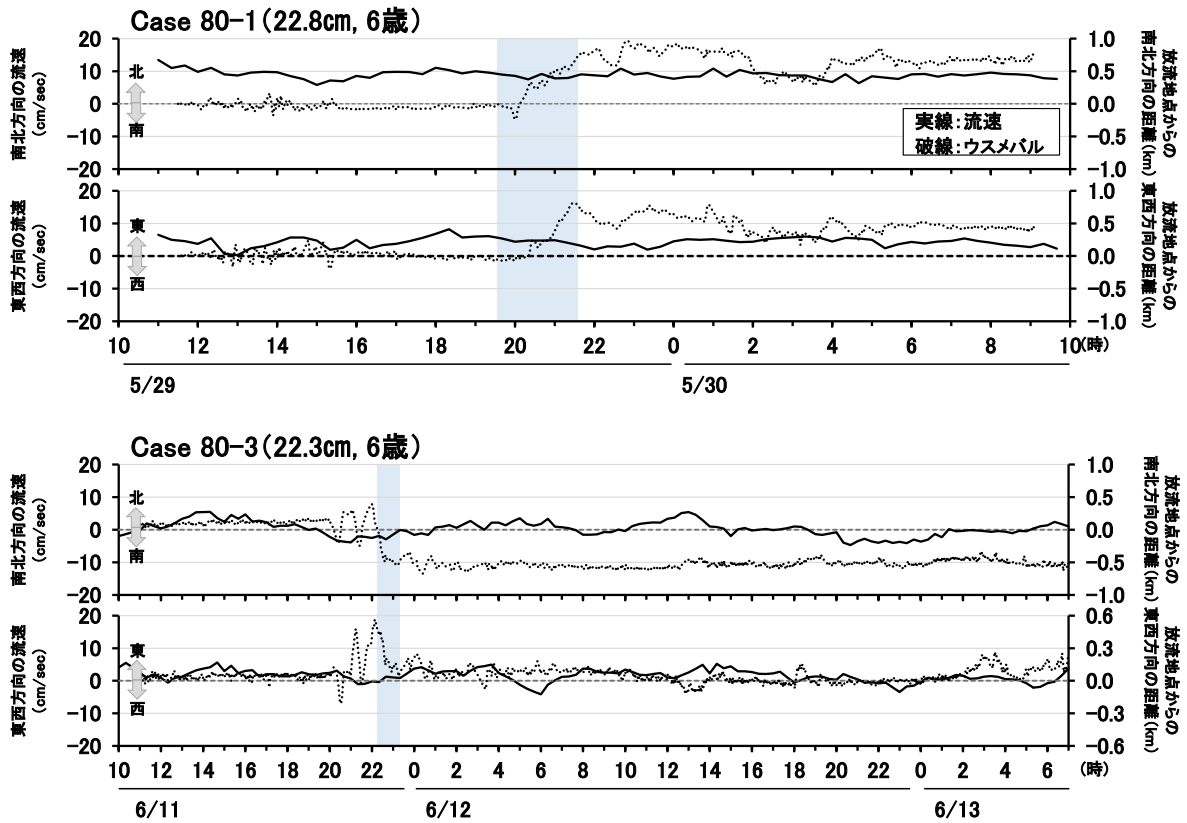


図 e-38(1) ウスメバルの放流地点からの移動距離と流速の関係(水深 80 m)

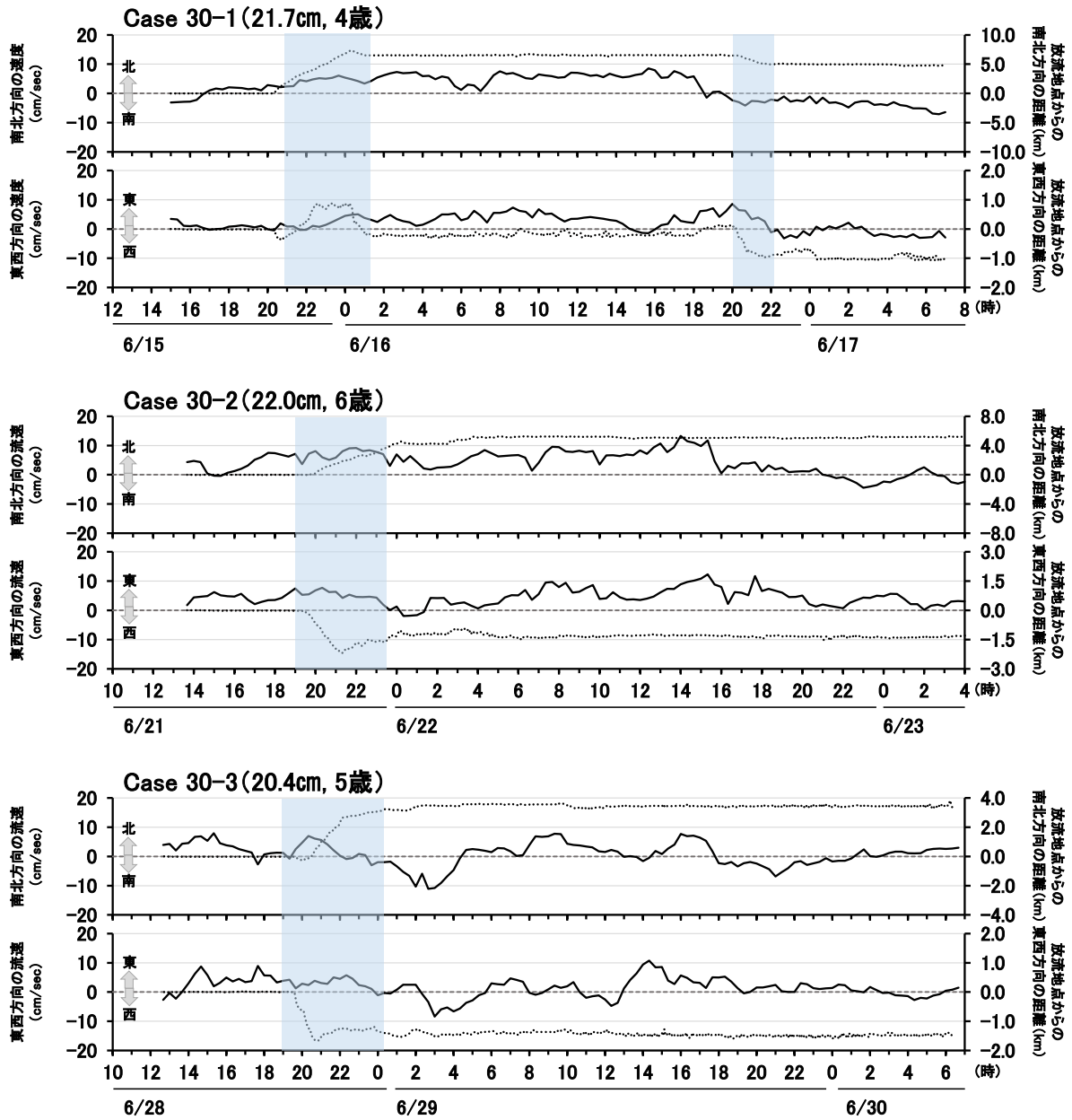


図 e-38(2) ウスメバルの放流地点からの移動距離と流速の関係(水深 30 m)

## f. 今後の課題

ウスメバルの資源増大には、成長段階ごとの行動や生態に適した育成場や漁場（生息場）の拡大が重要である。28年度調査では、主に4歳魚以上を対象としたバイオテレメトリー調査により、4歳魚以上の行動様式の知見を蓄積することができた。また、4歳以上のウスメバルと3歳のウスメバルで日周行動が異なる可能性が示唆された。今後は、着底期以後のウスメバルを対象に、成熟、産仔および摂餌活動に着目して、魚礁およびその周辺における行動様式を把握し、効果的な魚礁の構造や配置間隔について検討する必要がある。

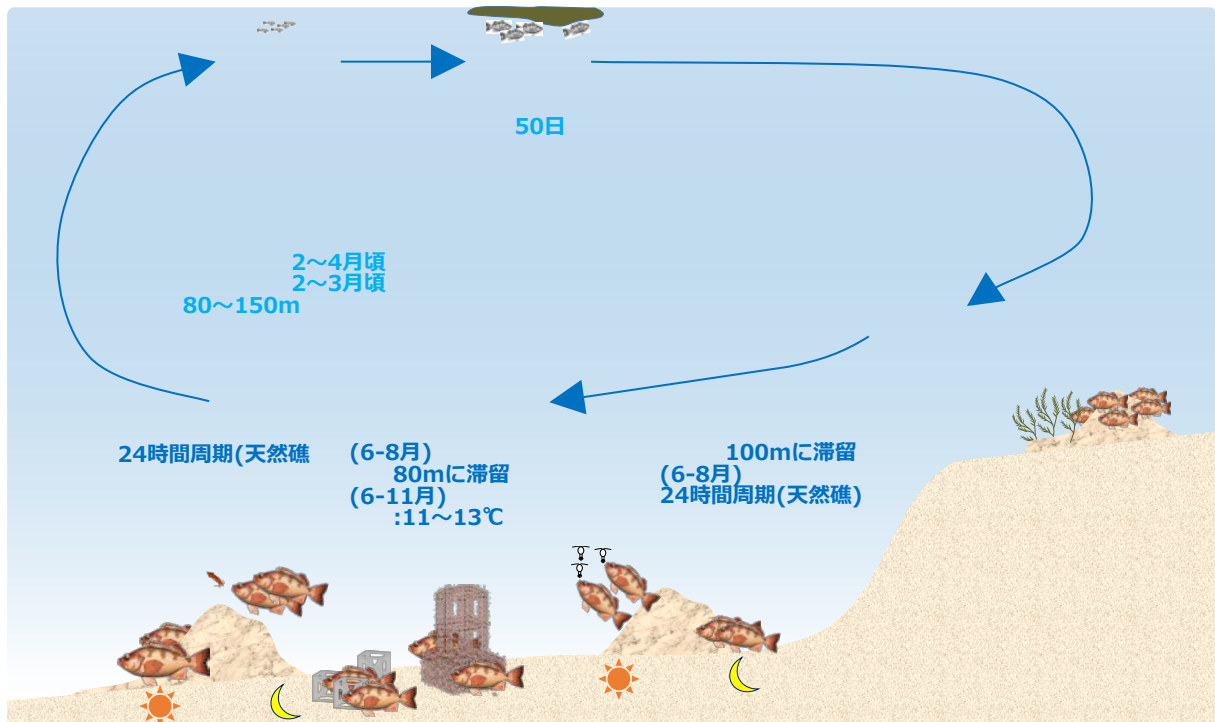


図 f-1 ウスメバルの生活史に関する 28 年度調査の成果と今後の課題

### f.1 ウスメバルの行動様式に基づく効果的な魚礁配置

滞留海域におけるウスメバルの日周行動は、構造物（魚礁タイプや天然礁）や年齢（3歳魚と4歳魚以上）で異なることが示された。27年度調査では、3歳魚と4歳魚以上とでは食性が異なることが示唆された。既往知見によると、4歳魚以上では索餌活動が活発になることが推察されている。加速度センサー付きの発信機を用いた設置型調査を実施し、構造物間および年齢間のウスメバルの活動量を比較することで、日周行動の違いと索餌活動との関係を検証する。

4歳以上のウスメバルの行動様式と3歳魚の行動様式を整理し、効果的な魚礁の配置を設定する。

### f.2 生活史の中での人工魚礁の利用度の把握

ウスメバルの人工魚礁における成長および産仔期の利用実態について検討するため、釣獲調査を実施する。

また、H28年度調査においてウスメバルが滞留した鋼製礁やコンクリート魚礁、天

然礁において餌料生物を採集する。ウスメバルの胃内容物中の生物種および餌料生物の動物プランクトン、稚仔魚の種を同定し、種別個体数を計数、湿重量を秤量する。ウスメバルおよび餌料生物の炭素・窒素安定同位体比の分析、解析から、ウスメバルの年齢ごとの餌料の寄与率を求め、食性からウスメバルの行動特性および人工魚礁との関係について検討する。

### f.3 未成魚と成魚の行動特性の違いと既設の異なる水深における魚礁との関係の把握

28年度の調査では、水深30mで放流した際のKK10における水温がウスメバルの好適水温に対して高かったと考えられる。今後は、冬季から春季にかけてのKK10における28年度放流個体の滞留状況を確認する。

目視観察では水深30mのKK10において当歳魚とみられるウスメバルが確認された。今後は、耳石の酸素安定同位体比から若齢個体の生息水温を推定する調査などにより、2歳魚以下のKK10の利用状況について把握する必要がある。

### f.4 より効果的な漁場整備の検討

魚礁およびその周辺海域におけるウスメバルの生活史段階別の行動特性、生態を整理し、効果的な魚礁の構造や配置間隔等の漁場整備について検討する。

#### 引用文献

- 1) 松原喜代松(1955). 魚類の形態と検索Ⅱ, 石崎書店, 1071-1089.
- 2) 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.
- 3) 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.
- 4) 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.
- 5) 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.
- 6) 海上保安庁. 500mメッシュデータ. [http://jdoss1.jodc.go.jp/vpage/depth500\\_file\\_j.html](http://jdoss1.jodc.go.jp/vpage/depth500_file_j.html)
- 7) 渡辺研一・高橋誠・中川雅弘・太田健吾・佐藤純・堀田卓郎(2006). 主要海産養殖魚に対する2-フェノキシエタノールの麻酔効果. 水産増殖, 54(3), 255-263.