

漁場の費用対効果分析基礎調査 人工魚礁効果指標の検討

財団法人漁港漁場漁村技術研究所
漁場と海業研究室 伊藤 靖・中野喜央

調査実施年度

平成 16 年度～18 年度

緒 言

これまでの人工魚礁事業の評価指標は、公共事業の観点から経済的な「漁獲量 (kg/空 m³) から換算した漁獲金額」を効果算定の原単位として事業が実施されてきた。しかし、近年の漁業者の減少・高齢化による漁獲努力量の低下から、資源量（実際に魚礁に蛸集する量）と漁獲量の乖離が大きくなっている可能性が生じてきた。

そこで本調査は、人工魚礁のポテンシャルを示す指標として、これまでの経済的指標（漁獲量）だけでなく、資源状態（ストックの変化等）の観点から評価することも重要な視点であるとの認識に基づき、人工魚礁の直接的な機能である「蛸集量」による評価手法の検討を目的として、時間断面蛸集量を把握するために必要な現地調査手法、および一定期間継続した魚類蛸集状況調査を実施することで魚類の滞留期間、来遊回数について検討し、これらを基に人工魚礁への年間蛸集量を推定した。

調査方法

1. 調査の構成

現地調査における各調査と解析との関係を図-1.1 に示す。

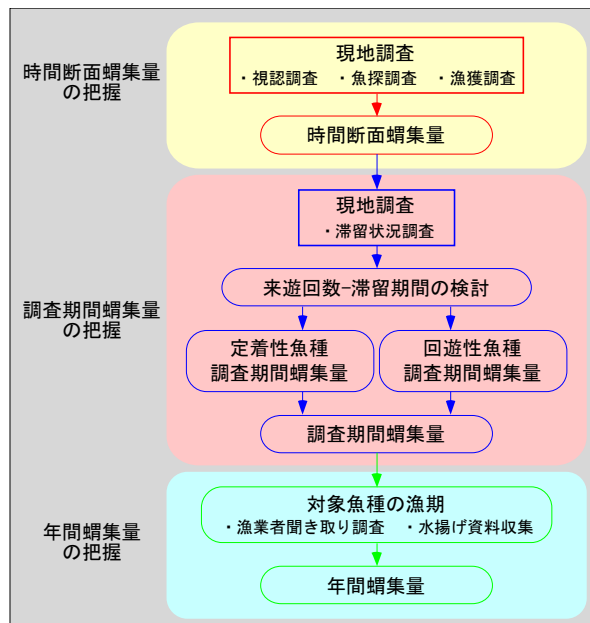


図-1.1 現地調査における各調査と解析との関係

2. 調査海域と調査対象礁

平成 16 年度は山形県温海町地先の水深約 65m に沈設された礁高 35m の魚礁において実施した。平成 17 年度、18 年度には新潟県佐渡市羽茂町地先の水深約 45m に沈設された礁高 21m の魚礁に調査対象を変更し実施した。ここでは、比較対照として、既設魚礁事業（赤泊沖に昭和 58 年以降沈設の円筒乱積型の一部）を選定し、同様の調査を実施した（図-1.2）。

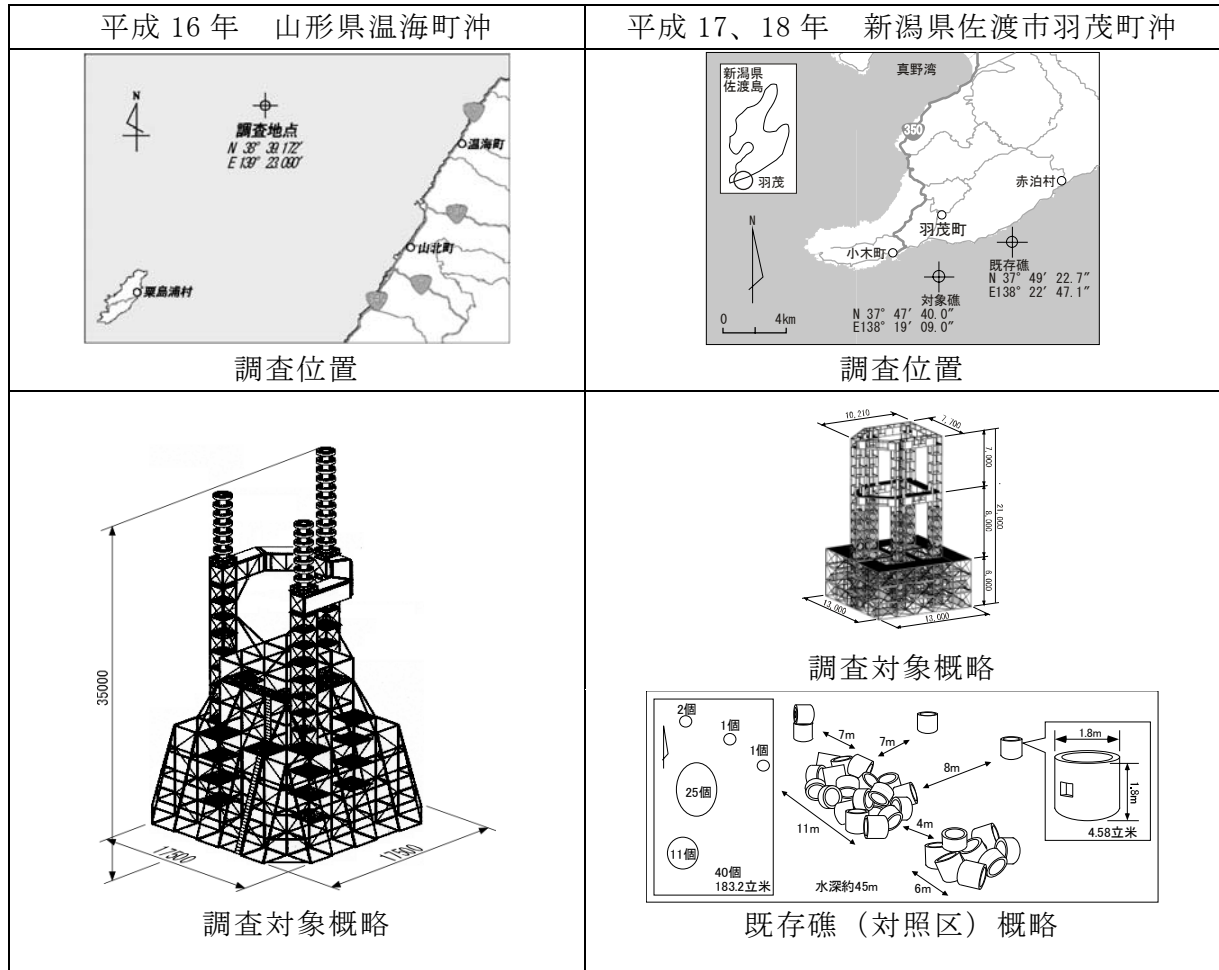


図-1.2 各年度における調査位置と対象礁

3. 現地調査項目と方法

3.1 視認調査

(1) 潜水観察

複数の潜水者が対象礁に潜水し、蜻集する魚種毎に、大きさ、個体数、蜻集場所等について目視観察するとともに、スチール写真と VTR 撮影を行った。

蜻集魚の大きさは、対象礁の既知部材の大きさに比較して推測し、一部の魚種については漁獲調査で得られた標本の測定値を参考とした。大きな魚群の場合は、潜水時に単位体積当たりの個体数を計数、或いは魚群を VTR 撮影して単位体積あたりの個体数を計数し、目視で確認した魚群の広がりに乗ずることで求めた。

(2) ソナー搭載の ROV 観察

ROV による視認調査（図-1.3）は、①対象礁内部及び近傍に蜻集する魚類、②対象礁から張り出して蜻集するような大きな魚群、を想定し、それぞれの個体数を推定する

ために以下に示す2通りの手法によって調査を行った。

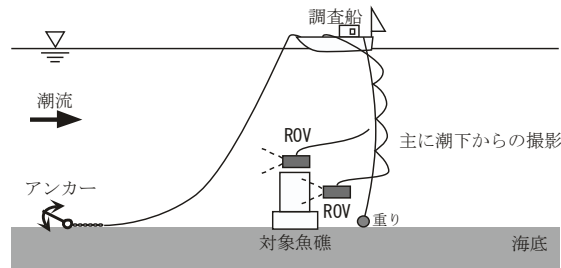


図-1.3 ROVによる視認調査方法例

①対象礁内部及び近傍に蟄集する魚類

対象礁内部から近傍に蟄集する魚類について(図-1.4)は、対象礁の観察範囲を図-1.5のように細分し、区域ごとに魚種、大きさ、個体数について観察し、その結果から各区域の個体数密度を算出して平均および標準誤差を求め、対象礁の容積に乗ずることによって対象礁全体の個体数を推定した。

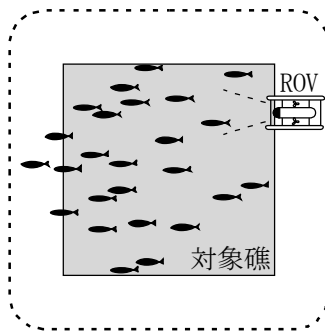
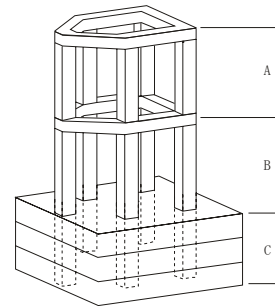


図-1.4 魚礁内部、近傍の観察範囲



A : 上段柱状部に囲まれた内部空間とその近傍
B : 中段柱状部に囲まれた内部空間とその近傍
C : 下段部材に囲まれた内部空間とその近傍

図-1.5 ROV観察区域

②対象礁から張り出して蟄集する大きな魚群

対象礁から張り出して蟄集する大きな魚群(図-1.6)については、ROVにより魚群を撮影するとともに、ソナーによって水平方向の魚群の蟄集範囲を複数層記録し、その画角内に写った魚類の個体数から魚群の平均密度と標準誤差を算出するとともに(図-1.7)、記録したソナーから蟄集範囲を求めた。平均密度±標準誤差を蟄集範囲に乗ずることによって魚群の個体数を推定した。

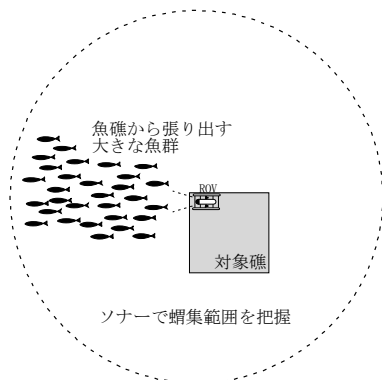


図-1.6 魚礁から張り出して蟄集する大きな魚群の観察範囲

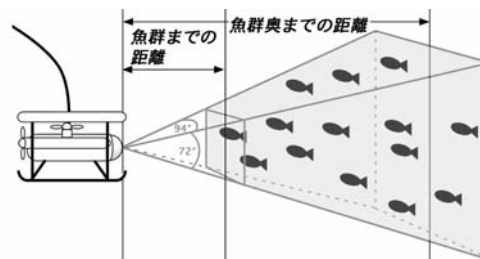


図-1.7 ROV撮影による個体数密度の計測例

3.2 魚探調査

魚探調査は、対象礁周辺に蟄集する魚群の広がり、分布を把握することを目的として実施した。魚探調査の機器は、調査時には魚探モニタに映る映像および DGPS 位置情報を記録する機器構成とした。また、調査時の航跡の描画と、記録した映像を補正するために、DGPS 位置情報を航走時に取得した。

3.3 漁獲調査

漁獲調査は、視認調査で観察した魚種の確認のほか、時間断面蟄集量推計の資料とするために、予め手法・時間を定めて行なった一本釣りのほか、地元で操業されている刺網を漁業者に依頼して実施した。

3.4 魚類の滞留状況調査

対象礁における蟄集魚の来遊回数・滞留期間を把握する目的で、以下のモニタリング装置を用いて一定期間継続して調査した。

(1) モニタリングカメラ・モニタリング魚探

魚類の蟄集場所（距離）や魚類の日周期行動、来遊回数等を把握するために設置し、得られた写真から魚類の大きさ、個体数を、魚探反応量からは時刻や距離による反応量の変化を整理した。モニタリング装置の設置台数は当初（第1期調査平成15年度）、1台であったが、精度を向上させるため平成18年には7台を設置した（図-1.8～1.10）。

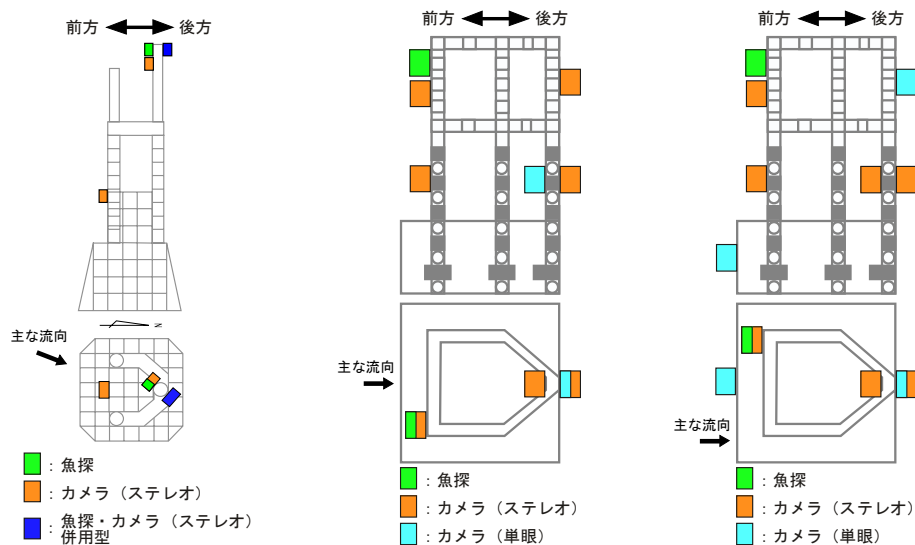


図-1.8 平成16年モニタリング装置設置箇所 図-1.9 平成17年モニタリング装置設置箇所 図-1.10 平成18年モニタリング装置設置箇所

(2) 水温流向流速計

モニタリング装置記録時の物理環境を把握するために水温流向流速計を設置し、水温と流向流速の経時変化を整理した。

3.5 その他一般観測

調査時の基本的な環境の把握のため、調査当日の天候、風向、波浪等を目視観察したほか、魚礁近傍の水温・塩分の鉛直分布を把握するために、水面、水深1m、水深2m、水深5m以深は5m毎に海底付近まで水温塩分計を用いて測定した。

4. 蛸集量の推計

4.1 時間断面蛸集量の推計

時間断面蛸集量は、以下の式により算出する。

$$\text{時間断面蛸集量 (kg)} = \text{蛸集魚の個体数} \times \text{個体重量 (kg)}$$

$$\text{蛸集魚の個体数 (個体)} = \text{魚群密度 (個体/m}^3\text{)} \times \text{蛸集範囲 (m}^3\text{)}$$

時間断面蛸集量は、視認調査、または視認調査と魚探調査から蛸集魚の個体数を求め、これに漁獲調査から、求めた個体重量を乗じて推計する (図-1.11)。

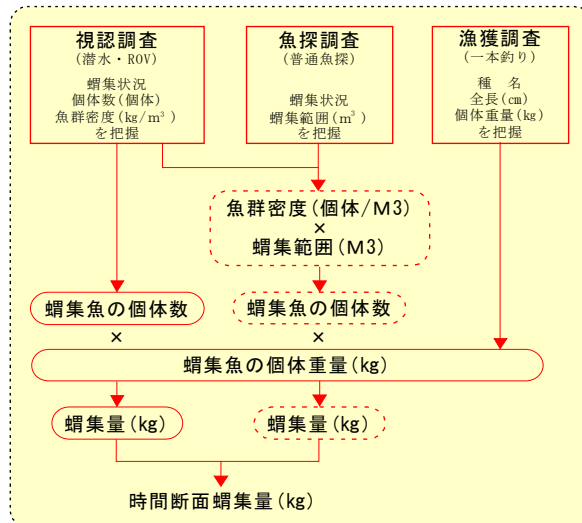


図-1.11 時間断面蛸集量の推計手順

4.2 調査期間蛸集量の推計

調査期間蛸集量は、以下の式により算出する。

$$\text{調査期間蛸集量 (kg/期間)} = \text{時間断面蛸集量 (kg)} \times \text{来遊回数 (回)}$$

① 魚類の来遊回数・滞留時間の検討

来遊回数・滞留期間は、調査期間中に実施された蛸集量調査より求められる複数の時間断面蛸集量と、調査期間中継続した魚類滞留状況調査の結果を基に検討する。

② 調査期間蛸集量の推計

調査期間蛸集量は、時間断面蛸集量と来遊回数を乗じて推計する (図-1.12)。

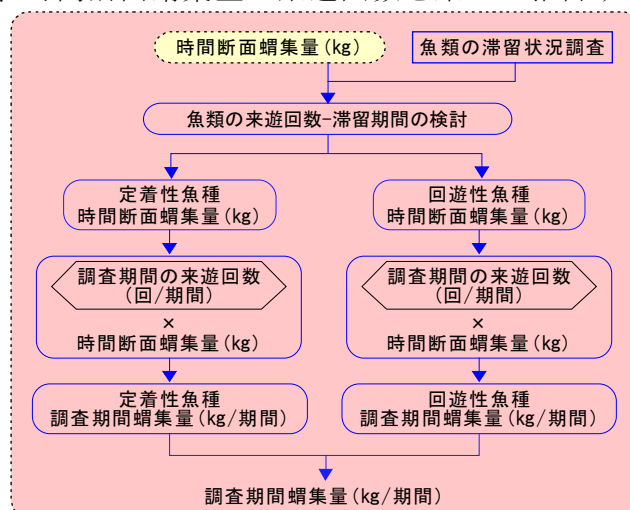


図-1.12 調査期間蛸集量の推計手順

4.3 年間蛸集量の推計

年間蛸集量は、以下の式により算出する。

$$\text{年間蛸集量 (kg/年)} = \text{調査期間蛸集量 (kg/期間)} \times \text{漁期 (期間/年)}$$

年間蛸集量は、調査期間蛸集量に漁期を乗じて推計する（図-1.13）。

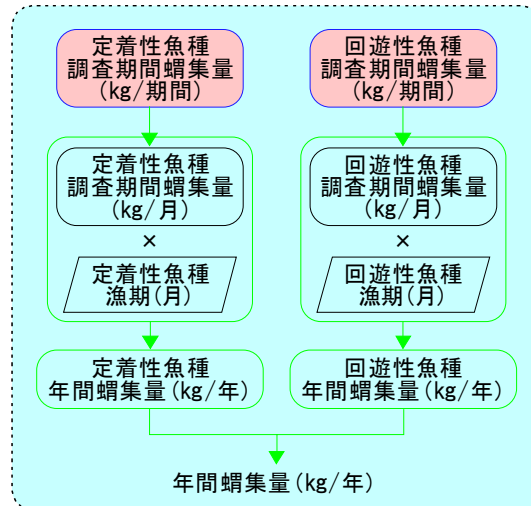


図-1.13 年間蛸集量の推計手順

5. 調査実施体制

調査の実施に当たっては検討委員会（表-1.1）を設置し、調査計画および調査結果の検討・取りまとめ等について指導を受けた。

表-1.1 検討委員会名簿

区分	氏名	所属・役職
委員長	安永義暢	(財) 海外漁業協力財団 技術顧問
委員	柿元 皓	(元) 水産大学校 教授
委員	高木儀昌	(独) 水産総合研究センター水産工学研究所 水産土木工学部漁場施設研究室 室長
委員	濱野 明	(独) 水産大学校 海洋生産管理学科 教授
委員	鳥井正也	岡山県農林水産部水産課 主任
委員	池森貴彦	石川県農林水産部水産課 専門員

調査結果

現地調査は、平成 16 年度は山形県温海町沖、平成 17・18 年度は新潟県佐渡市羽茂町沖の高層魚礁を調査対象として実施した。平成 17 年度は秋季に、平成 18 年度は春季に同じ調査対象で調査を実施しているため、両調査を併せて 1 年間の調査として扱うこととした。

1. 現地調査

1.1 視認調査

平成 16 年度の蛸集魚の計測個体数を表-2.1 に、観察時の蛸集傾向については図-2.1 に示した。

調査期間中の視認調査では、ウマヅラハギ、アジ類（全長 5～10 cm）の群泳が顕著であった。また、ウスメバル、イシダイ、クロソイ等の根付魚のほか、ブリの来遊も確認された。

アジ類の行動は、10 月 8 日では主に上中段部に群泳していたが、10 月 14 日以降は、中段部周辺に蛸集していた。

表-2.1 蛸集魚の個体数（平成 16 年度）

類型	種名	TL (cm)	単位：個体					
			10/8 ROV	10/14		10/26		11/8
			ROV	潜水am	潜水pm	潜水	潜水	ROV
I 型	アイナメ	25-30				2		
	ウスメバル	20-25	80	1,400	1,400	1,500	250	
		5-10		1,100	1,100	1,100		
	クロソイ	30-35	140	40	40	30	100	アジのみ計測
	キツネメバル	20-25	5					
		25-30		1		3		
	マハタ	30-35	3					
ギジハタ	30		1					
	30-40					3		
	40				1	1		
II 型	トビハタ	40				1	1	
	イシダイ	10-15		5	5	5	20	
		15-20	70					
		30-35		10	10	10		
	ユウダチタカノササノハベラ	25	2				1	
	5-15	60						
	12		1				2	
	ウマヅラハギ	20-25	120					
		25-30	130					
		30-35		5,000	5,000	3,000	1,600	
III 型	ブリ	40-50				20	10	
	アジ類	5-10	14,000	6,400	11,000	11,000	6,400	8,000

※：観察尾数に幅のあるもの（推定値）は、中央値を用いた。

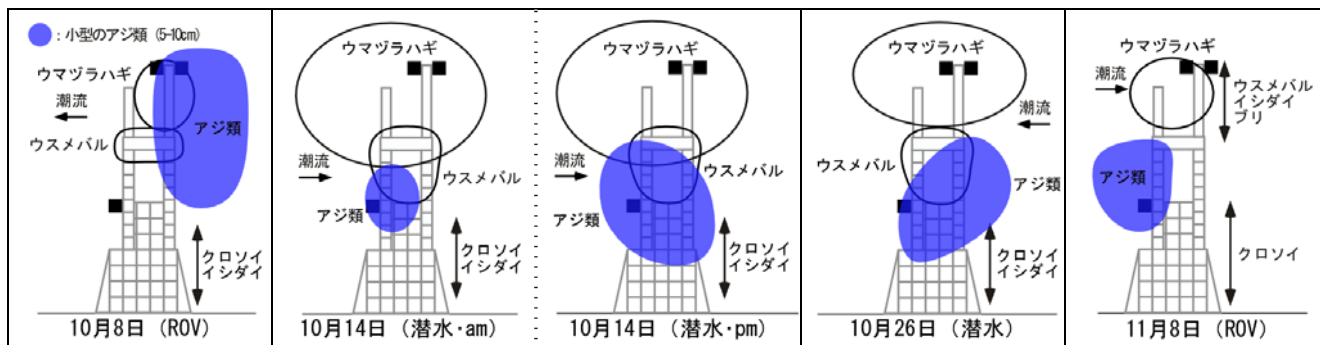


図-2.1 魚類蛸集状況模式図

平成 17 年度、18 年度に視認調査で観察された魚類を、表-2.2、表-2.3 に示した。

平成 17 年度の視認調査では、定着性魚種のイシダイ、ウマヅラハギ、スズメダイ、メバル等の根付魚が群泳していたほか、下段にはハタ類、アイナメ等の魚類が確認された。回遊性魚種は、調査期間の中盤を中心に、小型のアジ類（全長 8~13 cm）が魚礁中層を中心に蟄集し、第 2 回調査以降は大型のアジ類（25~35 cm）が上層を中心に観察された（図-2.2）。

平成 18 年度の視認調査では、定着性の I 型、II 型魚類では、ウスメバル幼魚サイズ、メバル、イシダイ、スズメダイ、ウマヅラハギが多く観察された。特に、ウスメバル幼魚サイズ、スズメダイ、ウマヅラハギは調査の後半には個体数が増加し、夏季の蟄集状況となりつつあった。

回遊性魚類は、第 1 回調査ではアジ類が、潮上中層付近を中心に卓越して観察された。個体数は 5 万個体以上出現したが、時間の経過とともに蟄集個体数は減少し、第 3 回調査では 530 個体となった。春には小型のアジ類は確認されなかった（図-2.3）。魚類蟄集傾向を図-2.4、図-2.5 に示した。

表-2.2 蟄集魚の個体数（平成 17 年度：秋季）

類型	種名	TL (cm)	単位：個体														
			第1回			第2回				第3回							
			9/28 潜水	9/29 潜水	9/30 ROV※	10/10 潜水	10/12 潜水	10/13 潜水	10/14 潜水	10/15 潜水	10/16 潜水	10/26 潜水	10/27 潜水	10/28 潜水	11/2 回収時		
I 型	イソカサゴ	25-30				2											
	アイナメ	30 35	1	1	1		1			1	1	1			1		
II 型	ウスメバル	20 5-10	2	3	1 40	2	5			2	2	8	4	2	5	8	
	メバル	20	200	200	100	200	200			200	200	200	250	250	250	250	
	クロソイ	20								1							
	キツネメバル	20-30 15 25 15-20	15	15							1	2	4			2	
	マハタ	40					1			3	2	1					
	キジハタ	30-40 30 20-30 40	2							2	3		1	1	1	1	
	ネンブツダイ	5-8		200	500					700	600	300					
	イシダイ	20 30 30-40	200 10	150 1	100	300 20	300			300 350	400		300	300	350	500	
	ウミタナゴ	5-8	15		2										5		
	スズメダイ	8-12 3-5	3,000	3,000	2,000	3,000	3,000			3,500 100	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
	コブダイ	20-30 40-50	1	1								1					
	ササノハベラ	10-20 10-15 15-20	15	4				8							3	5	5
キュウセン	10-15 15 15-20	10	20	6		2			3	5	3			2		5	
ウマヅラハギ	20-30	120	200	28	1,000	1,000			800	600	400	400	500	700	1,000	1,000	
カワハギ	10-15		1	2		3			9	2						1	
III 型	アジ類	8-13 25-35	100	200	300	3,000	3,000	3,000	5,000 30	3,500 20	4,500 60		500	500	1,000	1,500	
	ブリ	40 35	1		0				6		3			1	2		
	カンパチ	30-35			2	2									6		

※：9/30 ROVの数値には誤差を含むが、ここでは表記していない。

表-2.3 鰯集魚の個体数（平成18年度：春季）

類型	種名	TL (cm)	電池交換												単位：個体			
			第1回			第2回			第3回			回収時						
			5/25 潜水	5/26 潜水	5/27 潜水	6/11 潜水	6/23 潜水	6/24 潜水	6/25 潜水	7/23 潜水	7/24 潜水	7/25 潜水	7/23 潜水	7/24 潜水	7/25 潜水			
I型	アイナメ	25-30	1	1	2	2	1	2	2									
	ウスメバル	2-3	100	300	300													
		3-5				3,100	6,400	4,800	5,000									
		5-8																
		20	5	2		3								17,000	21,000	25,700		
II型	メバル	15-22	300	300	250	200	300	200	200	150	100	150						
	クロソイ	25	1		1													
	キツネメバル	15-30	6	8	10	12	10	10	8	5	5	8						
	ホッケ	25-30	3	2	2													
	マハタ	40								1	1	1						
	キジハタ	30					2	1	2	2	1	2						
	イシダイ	15-20	150	200	200	100	150	100	100	20	15	20						
		25-30								1	2	0						
	オキタナゴ	10-15								20	20	250	250	200				
	スズメダイ	10-13	360	430	380	750	690	650	450	790	1,300	1,070						
	コブダイ	25				1												
		50																
	ササノハベラ	5-10	5	8	10	8	20	10	10	15	15	15						
	キュウクゼン	10-15	5	5	5	3	10	10	10	25	15	15						
		15-20				1												
ワマツラハギ	20-30	3	10	10	30	30	30	30	200	150	200							
III型	マアジ	25-35	55,500	58,900	31,400	12,600	8,800	5,300	6,300	670	790	530						
	ヒラメ	50-60																
IV型	ヒラメ	60																
	ハバカレイ	30							2	1								

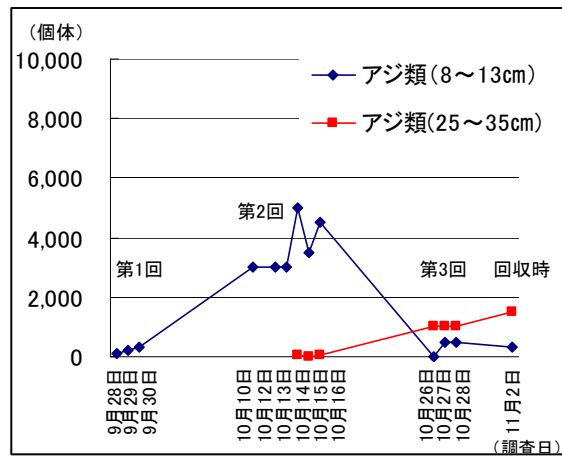


図-2.2 調査期間中のアジ類個体数の推移（秋：1ヵ月：平成17年度）

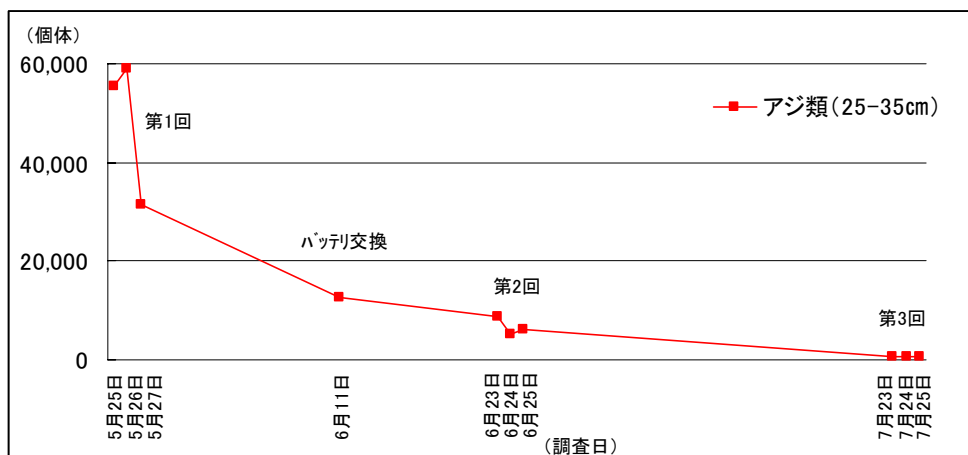
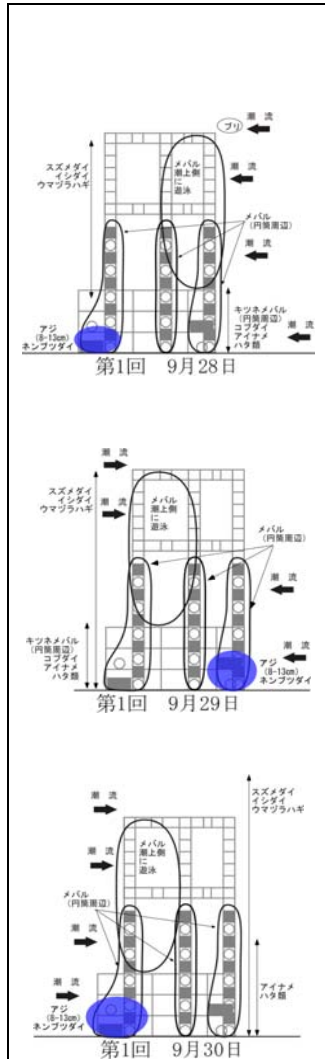
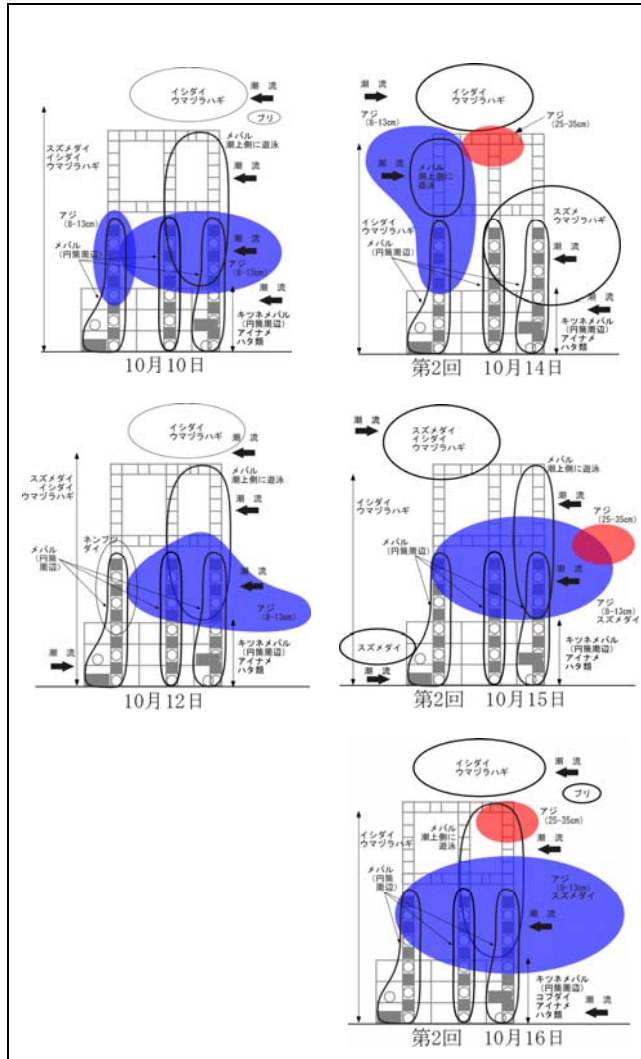


図-2.3 調査期間中のアジ類個体数の推移（春：2ヶ月：平成18年度）

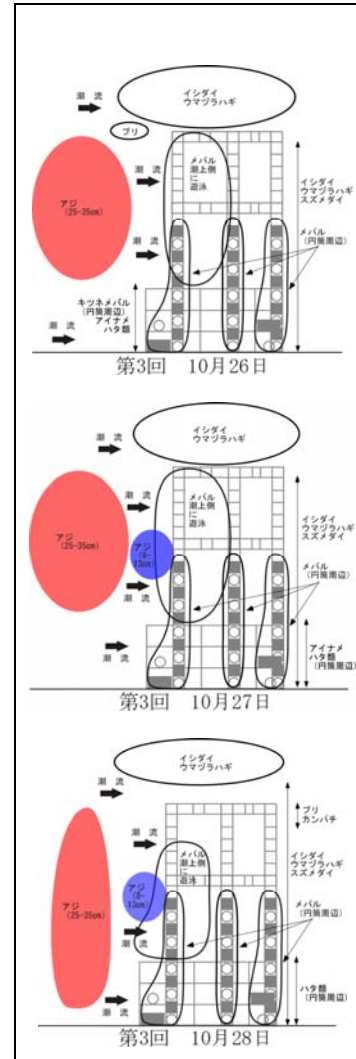
第1回調査



第2回調査



第3回調査



回収時

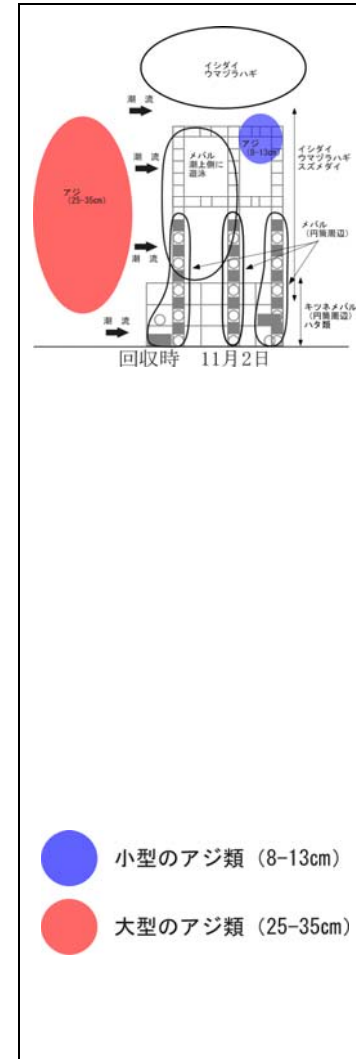
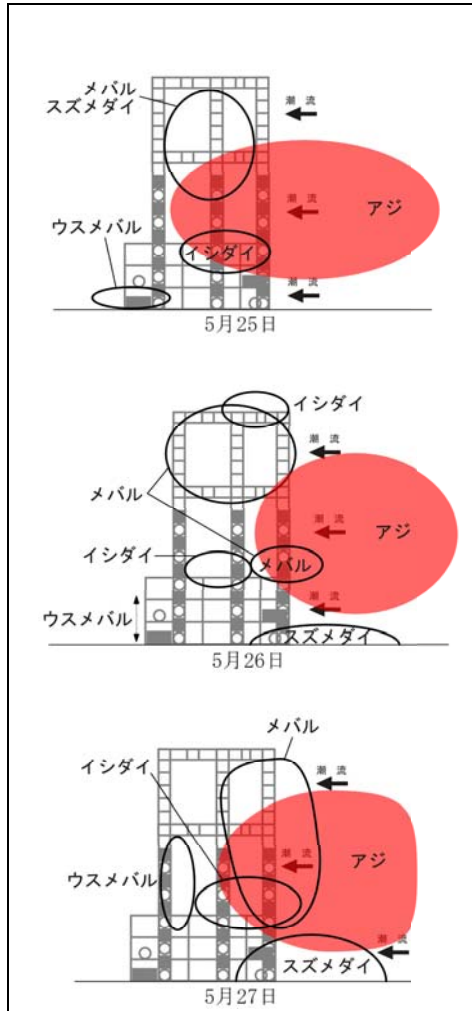


図-2.4 対象礁魚類集状況模式図 (秋：平成17年度)

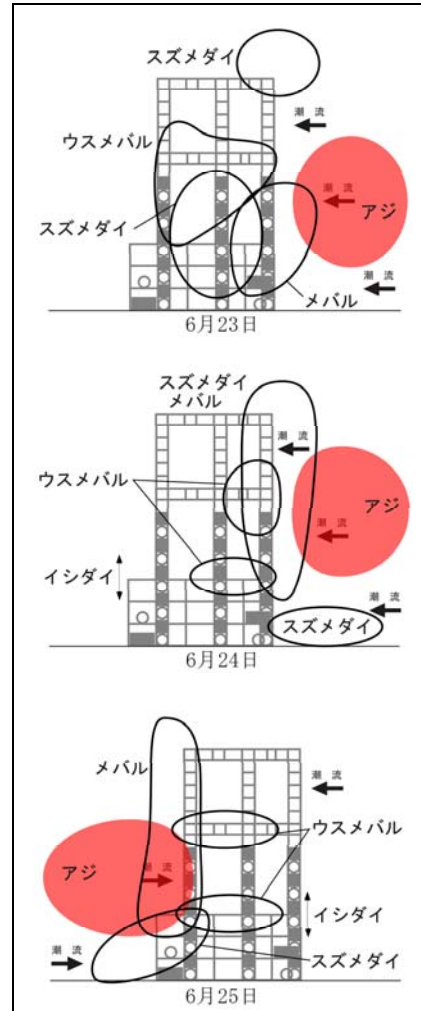
第1回調査



バッテリー交換



第2回調査



第3回調査

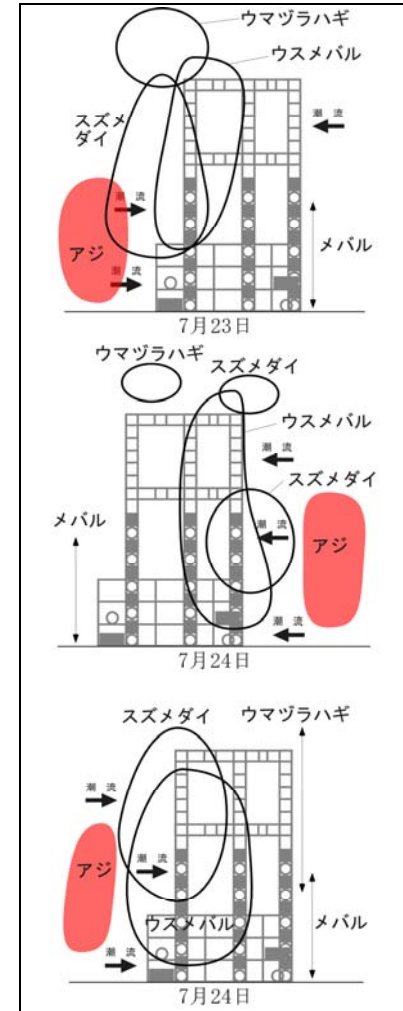


図-2.5 対象礁の主な魚類の蟻集状況（春：平成18年度）

1.2 魚探調査

平成16年度に実施した魚探調査では、魚礁の上中段近傍から潮上方向に張り出す魚群反応が確認され、魚礁から離れ独立した反応は無かった（図-2.6）。この魚群反応の主な構成魚種は、視認調査の結果から概ねアジ類とウマヅラハギであると考えられた。

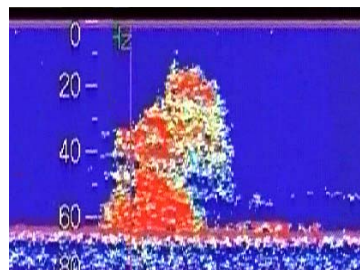


図-2.6 魚探画像例

平成17年度においても平成16年度と同様の傾向がみられた。

平成18年度は、平成16、17年度と同様、魚礁地点での魚探反応に加え、対象礁より100m以上離れた海底付近で独立した魚群反応が複数得られた。ROVにより魚群反応が得られた地点を観察した結果、海底がやや隆起、または周辺海底よりも起伏が大きい地形となっており、鰯集魚はこれら地形の変化により鰯集しているものと考えられた。すなわち、今回確認された魚礁から離れた魚群は、対象礁との関連は低いものと考えられた。

1.3 漁獲調査

平成16年度は釣獲を、平成17、18年度は釣獲と刺網による漁獲を実施し、鰯集魚の確認と、個体重量算出の資料とした。

1.4 魚類の滞留状況調査

1.4.1 アジ類の出現頻度

(1) 調査期間中1日あたりの出現頻度

平成16年度は小型のアジ類の出現頻度が中段部で高かった（図-2.7）。この結果は視認調査の鰯集状況に符合しており、小型アジ類はモニタリング期間中、対象礁の中段部付近に鰯集していることが多いと判断された。

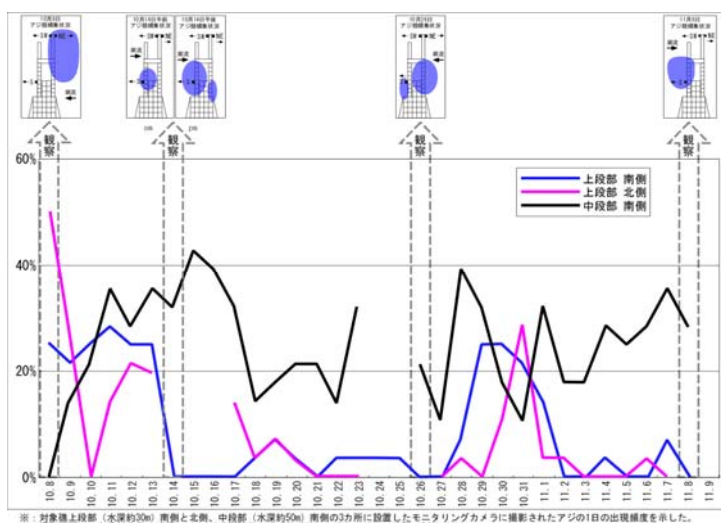


図-2.7 調査期間中の1日あたりのアジ類出現頻度（平成16年度）

平成 17 年度のアジ類の出現頻度は、調査期間前期は低く、中期以降では主に中層での出現頻度が高く、終盤には徐々に上層での出現頻度も高くなった（図-2.8）。この傾向は、調査期間中期に中層付近で小型のアジ類の蛸集が多く、調査期間後期に大型のアジ類が上層を中心に蛸集個体数が増加した、という視認調査の結果に概ね符合した。

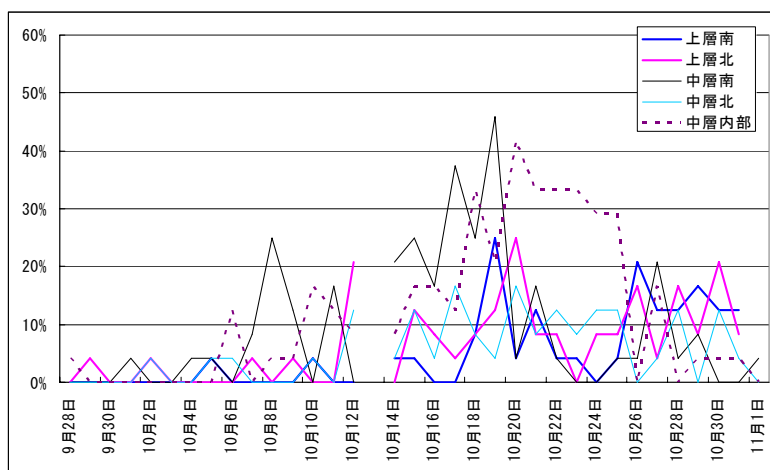


図-2.8 調査期間中の 1 日あたりのアジ類出現頻度（平成 17 年度）

平成 18 年度のアジ類出現頻度は、調査期間前期は高かったが、中期には低くなった（図-2.9）。視認調査ではその後、個体数は減少していくが、カメラに記録されたアジ類の出現頻度は中期で一時出現頻度は下がるが以後高くなり、後期で再び減少する傾向を示した。

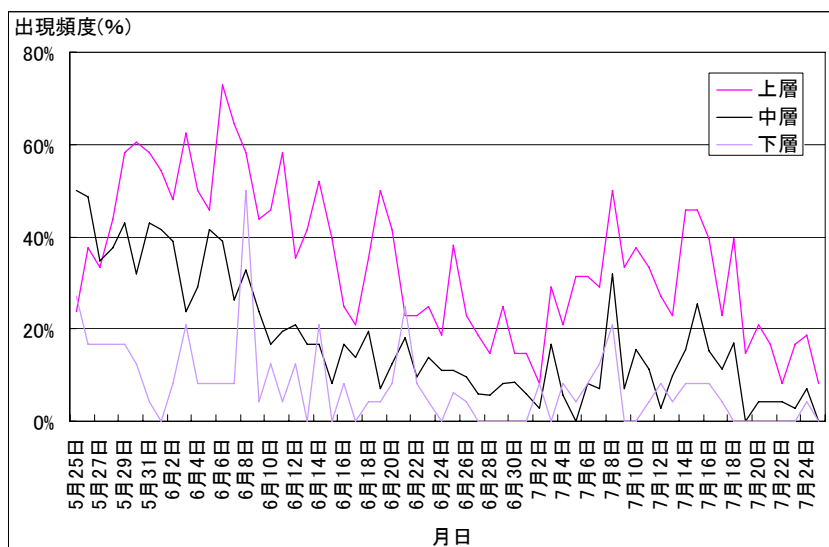


図-2.9 調査期間中の 1 日あたりのアジ類出現頻度（平成 18 年度）

(2) 時間帯による出現頻度

平成 16 年度については、上段 2 カ所では出現頻度は昼夜ともに概ね 10%程度だった

のに対し、中段は日中の出現頻度が 50%を超え、夜間はほとんど出現しなかった（図-2.10）。これは一般的に昼行性であるアジ類の、日周期行動が反映されたものと考えられた。

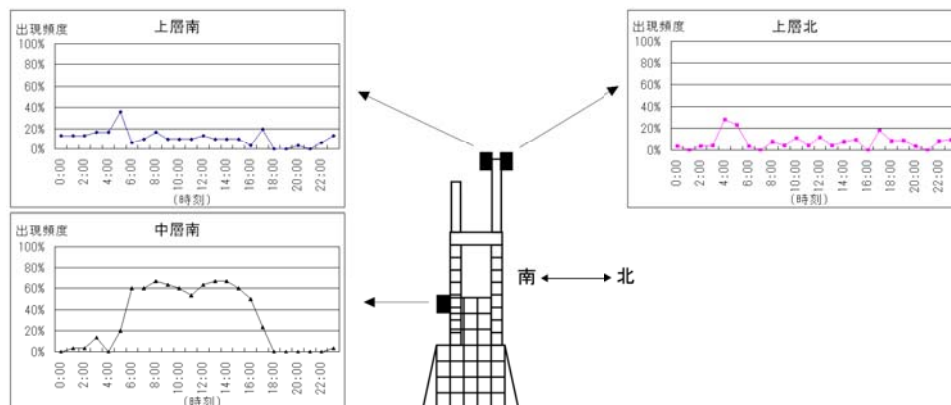


図-2.10 時間帯によるアジ類の出現頻度（平成 16 年度）

平成 17 年度は、朝まづめと夕まづめに出現頻度が高く、日中は魚礁内部を中心とした中段部に蛸集していたと考えられ、アジ類の日周期行動が確認された。

平成 18 年度は、北側で日中のアジ類出現頻度が高く、日周期行動が確認できた。蛸集場所は出現頻度から見て魚礁の潮上側、上中層が中心となったが、春の調査では、蛸集していたアジ類が大型のみであったため、魚礁の内部より外へ蛸集していたと考えられた。

3 カ年度の調査から、アジ類は日中に魚礁に蛸集するが、夜間には魚礁周辺での出現頻度が低くなるという日周期行動が観察された。

(3) アジ類の滞留期間、来遊回数

アジ類の魚礁への蛸集状況については、平成 16 年度には調査期間中を通してモニタリングカメラに記録された。日別のアジ類出現頻度から、中層にアジ類が蛸集し続けたことが伺え、アジ類 1 群が蛸集し続けたと考えられた。

平成 17 年度については、アジ類は調査期間中期を主とした小型のアジ類と、調査期間中期から後期にかけての大型のアジ類が確認された。モニタリングカメラの記録にも小型のアジ類と、大型のアジ類が記録されており、日別の出現頻度では、上層と中層のカメラの出現頻度に視認調査のアジ類個体数の推移と近似した傾向がでている。したがって、小型のアジ類と大型のアジ類の 2 群が存在したと考えられた。

平成 18 年度は、視認調査の結果においてはアジ類は調査期間前期から後期にかけて減少していく傾向にあったが、モニタリングカメラに記録されたアジ類の出現頻度を見ると、調査期間中期から後期にかけて出現頻度が高くなっていた。しかし出現頻度だけでは魚群の来遊があったか判断しにくいいため、ここでは大きな 1 群の来遊があり、徐々

に蛸集個体数が減少したと考えられた。

1.4.2 アジ類の大きさの確認

平成16年から平成18年まで、モニタリングカメラによるアジ類のステレオ計測の結果（平均±標準偏差）と、視認調査によるアジ類のサイズ範囲、漁獲調査のアジ類計測結果を比較したところ、概ね近似した値であった。

1.5 その他一般観測

一般観測として、気象海象の目視観察と水温・塩分の鉛直測定を行なった。

2. 魚類蛸集量の定量化検討と試算

2.1 時間断面蛸集量

本調査では、視認調査、魚探調査、漁獲調査を組み合わせることで、時間断面蛸集量を求める手法を確立した。今後この手法を用いて蛸集量を評価をしていくためには、これまで蛸集個体数の計数で基本としてきた潜水調査の結果を、定量的に評価する必要がある。そのため、本調査では従来型の潜水調査と、定点観察による潜水調査、ソナーを併用したROV調査で定量的な評価を行った。

調査は、全て同日に実施し、計数した個体数を比較した。その結果、回遊性魚種のアジ類については各手法の値が比較的近似する結果となった（図-2.11）。これはアジ類の蛸集量が多かったことと、常にまとまった群れを形成していたため、各手法で魚体を確認しやすかったことによると考えられた。

このような結果から、各手法はそれぞれ蛸集量を把握するに十分な精度を持っていると考えられ、潜水調査を基本として、海域環境やその他諸条件によりROV等の手法を選択することで、適正な時間断面蛸集量を求めることができると考えられる。

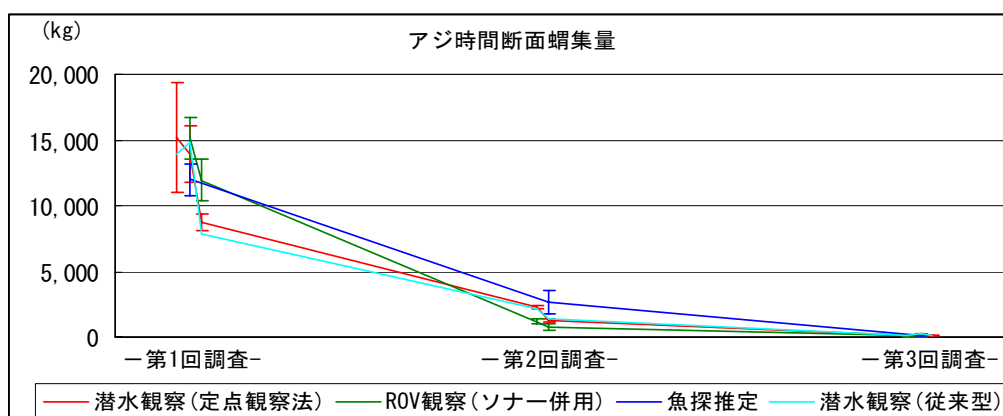


図-2.11 各調査におけるアジ時間断面蛸集量の推定結果

これまでの結果を基に、3カ年度の時間断面蛸集量を試算した（表-2.4）。

表-2.4 時間断面蛸集量

調査地点	回遊性魚種	定着性魚種	時間断面蛸集量 (kg)
	時間断面蛸集量 (kg)	時間断面蛸集 (kg)	
山形県温海町沖	26～62	172～2,461	228～2,505
新潟県佐渡市沖 (H17 秋)	2～396	80～423	86～819
新潟県佐渡市沖 (H18 春)	360～14,864	69～250	360～14,865

2.2 調査期間蛸集量

本調査では、蛸集魚の魚礁への蛸集様式、これまでの調査結果から、蛸集魚を回遊性魚種（浮魚）と定着性魚種（底魚）とに区別して取り扱った。

調査期間蛸集量を把握するために、時間断面蛸集量調査のほかに、魚類滞留状況調査を実施し、それぞれの結果を基に魚類の来遊回数を検討した。

2.2.1 調査時の魚群の入れ替わり（来遊回数の検討）

(1) 回遊性魚種

平成 16 年度のモニタリングカメラに記録されたアジ類の個体数は、10 月 21 日、22 日付近を境に、これ以前の期間と以後の期間に多いことが伺えた。10 月 21 日、22 日には台風 23 号が本州を北上しており、周辺海域は荒天が続いた。当該海域では一般に、台風の通過以降は流速が速くなることが多く、台風 23 号が通過した後も流速が速くなったと見られた。これに伴ってアジ類は移動したものと推測され、調査期間前期を中心とした 1 群と、後期を中心とした 1 群の、合計 2 群が存在したと判断された。(図-2.20)。

平成 17 年度の視認調査とモニタリングカメラの記録から、調査期間中には小型のアジ類と大型のアジ類が蛸集していたことが確認された。第 1 回調査で下層に少数蛸集していた小型のアジ類は、第 2 回調査には増加して中層内部を中心に蛸集し、第 3 回調査までには個体数が減少したものと考えられた(このうち、第 3 回調査の 10 月 26 日には、視認調査で小型のアジ類は観察されていないが(表-2.2)、モニタリングカメラの記録には、この日小型のアジ類が記録されていたため、小型のアジ類は蛸集し続けていたと判断し、小型のアジ類は 1 群とした)。これに対し、第 2 回調査で少数出現した大型のアジ類は、第 3 回調査から回収時にかけて個体数が増加したと考えられた。

これらの結果から、第 2 回調査から第 3 回調査の期間を中心とした小型のアジ類の 1 群と、第 2 回調査以降の大型のアジ類の 1 群の、合計 2 群が存在したと判断した(図-2.21)。

平成 18 年度の視認調査の結果では、アジ類は第 1 回調査で蛸集個体数が最も多く、時間の経過と共に減少していく傾向にあった。モニタリングカメラに記録されたアジ類

の出現個体数の推移も全体的に徐々に減少していく傾向にあり、アジ類の群れの入れ替わりは確認されなかった。従って、アジ類の群れは1群と判断した(図-2.22、図-2.23)。

今回の調査結果では、平成18年についてはアジ類の群れの入れ替わりは確認されなかったものの、平成16年、17年と比較的来遊がわかりやすいことから、アジ類の来遊は調査期間中、月に2回程度と考えられた。

(2) 定着性魚種

視認調査の結果からは、定着性魚種の個体数に大きな変化は見られなかった。また、魚類滞留状況調査からは、定着性魚種の来遊回数の検討をするまでのデータを得ることはできなかった。これらのことから定着性魚種の群れの入れ替わりを判断することはできなかった。

2.2.2 魚群と水塊の移動について

沿岸漁場への浮魚類魚群の移出入と滞留時間についてなされた研究(小川1981)によれば、沿岸漁場への浮魚類魚群の移出入は、数日の時間単位で起こり、それは主として漁場とその周辺での同じ時間スケールでの水塊の移動・交代あるいは流況の変動に伴って起きている、と判断でき、浮魚類の同一要素個体群の同一漁場内での滞留時間は、3～5日程度(最長でも9日程度)と、推定されている。

この考えに基づけば、回遊性魚種は、3～5日程度(最長でも9日程度)で1回、つまり1ヵ月に6～10回程度、少なくとも3回程度は来遊する、と考えられる。今回実施した現地調査の結果から推察された2回程度とされる来遊回数は、小川(1981)の説に比べるとやや少ないものの、水塊の移動・交代、流況の変動等に比べ、大きな開きは無いことがわかった。

2.2.3 魚類の日周期行動について

人工魚礁に蟄集する魚類の行動に関する研究((財)漁港漁場漁村技術研究所2004)によると、ほとんど全ての魚類に日周期行動が見られている。魚礁に蟄集した回遊性魚種は夜間に魚礁を離れて分散し、遊泳睡眠状態になる。定着性魚種も魚礁や近辺の海底で睡眠状態となるので、魚礁内部に存在する個体以外は、夜間に一度魚礁との関連が無くなる。

回遊性魚種は夜間遊泳睡眠状態の間、流れとともに移動すると考えられ、翌朝には近隣を探索して魚礁に蟄集する。そのため、これら魚群は翌日同じ魚礁に再び蟄集することはほとんどなく、潮下側にある次の単位魚礁に蟄集すると考えられる。

定着性魚種は、移動距離の小さい種、環境変化に対する許容範囲の大きい種が多く、夜間に魚礁との関連がなくなっても、流れに乗って能動的に移動する個体以外、当該魚

礁やその付近に滞在しており、翌朝再び同一魚礁へ蟄集することもよくある。従って、同一個体が同一魚礁に滞留する可能性があり、その期間が数ヶ月にわたることもある。しかし、魚種によっては、魚群の一部、あるいは多くが水塊の移動に伴って移動することも考えられる。

このような魚類の日周期行動は調査結果でも確認された。前述した魚類の滞留状況調査によるアジ類の出現頻度（図-2.12）では、日中にアジ類の出現頻度が高く夜間では低いという明瞭な日周期行動が確認された。また、図-2.13 に示した魚探画像は、平成17年10月28日の日中と夜間に記録したものである。日中は魚群反応が確認できるが、夜間の記録にはまとまった魚群反応は無く、日中と夜間の魚類の蟄集状況が異なることを示している。

これらの結果から、魚礁に蟄集する魚類は夜間には魚礁から離れ分散し、翌日の日中には再び魚礁に蟄集する、という行動が確認された。しかし、夜間に分散した個体と同一サイズの個体が翌朝魚礁に蟄集するのを確認してはいるものの、本調査では同一個体かどうかの確認はされていない。

回遊性魚種は、魚礁に対して日々入れ替わっている可能性があり、単位魚礁における魚群の回転数は、同一魚群が水域に滞在する期間（漁期間）の日数と言え、同一魚群が同一魚礁に1ヶ月滞留していた場合、最大で30回/月となることも考えられる。

定着性魚種は、同一個体、あるいは同一魚群が同一魚礁に蟄集し続けることもあるが、種によっては日々入れ替わる可能性もある。このため、日周期行動はあると考えられるものの、個体の移動は水塊の移動に伴うことも多いため、回転数は3~5日程度（最長でも9日程度）とも考えられる。

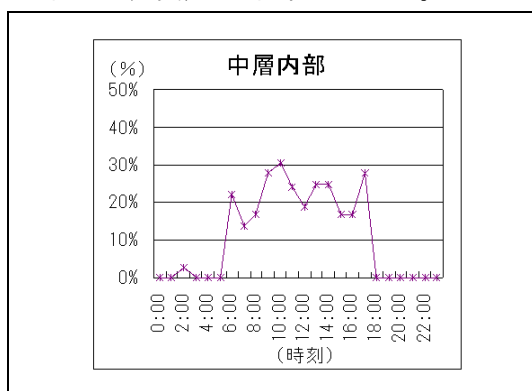


図-2.12 平成17年時間帯におけるアジ類出現頻度（モニタリングカメラ）

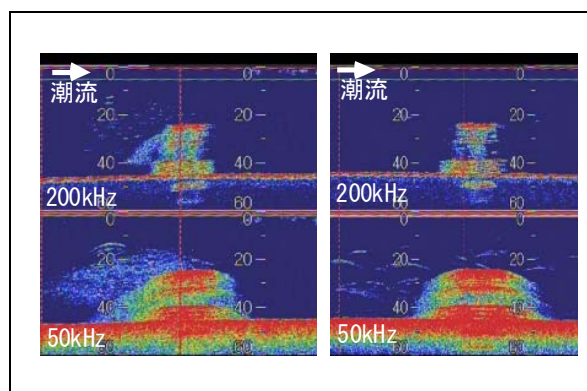


図-2.13 平成17年10月28日魚探記録
左が日中の記録、右が夜間の記録

2.2.4 本調査における魚礁に蟄集する魚類の回転数について

調査結果とこれまでの知見を併せて考察すると、海域におけるアジ類の群れの来遊回

数は、調査期間中、月に2回と考えられた。魚群の移動は水塊の移動に伴うという考え方に基づけば、1カ月に6~10回程度、少なくとも3回程度は来遊すると考えられる。さらに、蛸集魚が日中と夜間で蛸集と分散を日々繰り返していると推察すれば、1カ月の回転数が最大で30回となる。

以上のことから、魚礁に対するアジ類の群れの来遊回数が、調査期間中、月に2回として、同じ個体が魚礁に蛸集し続けた場合、回転数は、魚群の入れ替わり回数(2回)となる。これに対し、魚礁に蛸集する個体が毎日異なっている場合、魚類が魚礁に蛸集していた期間の日数が魚類の回転数となり、魚類の回転数は最大30回/月となる。

ただし、回遊性魚種の場合は、夜間遊泳睡眠となるため、日々入れ替わっている可能性は高いと思われるが、本調査において標識放流等で実証していないため、今後の課題である。

従って、回遊性魚種の回転数は、2~30回/月の中にある、と考えられる。

定着性魚種については、移動速度が速い種、定着性の強い種も存在するので、定着性魚種をすべてまとめてしまうのには問題があるが、種ごとに分割するだけの資料は無い。

定着性魚種は、種によって水塊の移動に伴って移動するものや、滞在の期間が数ヶ月にもおよぶ種など多様であるので、1回/年から10回/月にまでおよぶと考えられる。

これまでの結果を基に、3カ年度の調査期間蛸集量を試算した(表-2.5)。

表-2.5 調査期間蛸集量の試算結果

調査地点	回遊性魚種		定着性魚種		調査期間蛸集量 (kg/期間)
	時間断面 蛸集量 (kg/)	来遊 回数	時間断面 蛸集量 (kg/)	来遊 回数	
山形県温海町沖	38	2	2,548	1	2,624
		34	1,497	10	16,262
新潟県佐渡市沖(H17 秋)	100	2	607	1	807
		36	271	10	8,410
新潟県佐渡市沖(H18 春)	3,290	2	607	1	7,187
		63	119	20	209,650

※新潟県佐渡市沖の調査は、同地点で平成17年秋と、平成18年春に実施したため、1年間のうちの秋と春の調査と位置づけた。

2.3 魚礁における年間蛸集量

年間蛸集量は調査期間蛸集量の回転数を、漁期間に引き伸ばして推計する。対象魚の

漁業期間は、地元漁業者への聞き取りや、水揚げ量データから検討する。

対象礁の近隣海域でのアジ類の来遊傾向を把握するために、両津湾、小木、羽茂におけるアジ水揚げ量を示した（図-2.14～2.16）。

小木、羽茂のアジ水揚げは、4月から7月、8月までの春夏に水揚げが多く、両津湾では3月から7月の春と、10月から12月の秋に漁獲のピークが見られる。両津の水揚げ量は、佐渡のほぼ全域から集まるもので、近隣海域の水揚げ量としくいが、秋季にも小木、羽茂ではアジ漁が操業されること、小木、羽茂で漁獲されたアジの場合、単価の高い両津へ水揚げされることが多いことから、両津のデータは対象礁近隣海域のアジ漁期をも現していると考えられる。従って、これらの水揚げデータより、3月から8月（春季6ヶ月）と10月から12月（秋季3ヶ月）の合わせて9ヶ月がアジの漁期であった。

従って、年間蛸集量は調査期間蛸集量を9ヶ月に引き延ばして推計する。

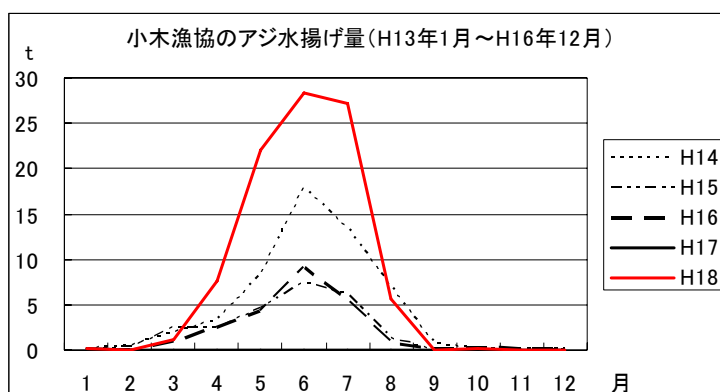


図-2.14 小木漁協アジ水揚げ量

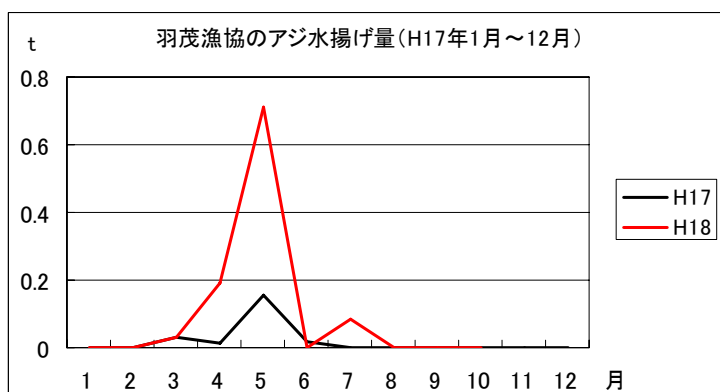


図-2.15 羽茂漁協アジ水揚げ量

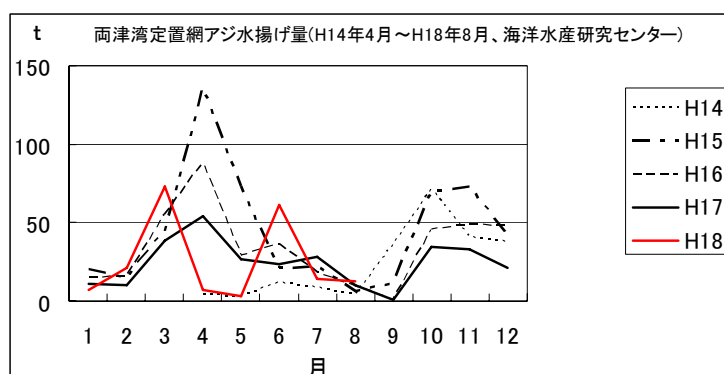


図-2.16 両津湾におけるマアジの定置網水揚げ量 新潟県水産海洋研究所発表の「県内主要地区の漁業種類別水揚げ量(月報)」を改変。

これまでの結果を基に、3ヵ年度の年間蛸集量を試算した(表-2.6)。

表-2.6 年間蛸集量の試算結果

調査地点	回遊性魚種		定着性魚種		年間蛸集量 (kg/年)
	調査期間蛸集量 (kg/月)	漁期 (月)	調査期間蛸集量 (kg/月)	漁期 (月)	
山形県温海町沖	76~1,140	4	2,548	-	2,852~7,108
新潟県佐渡市沖(H17秋)	200~3,000	3	607	-	40,080~592,807
新潟県佐渡市沖(H18春)	6,580~98,700	6	607	-	

※定着性魚種については、漁期の資料がないため、暫定的に「1回/年」のみで推計した。

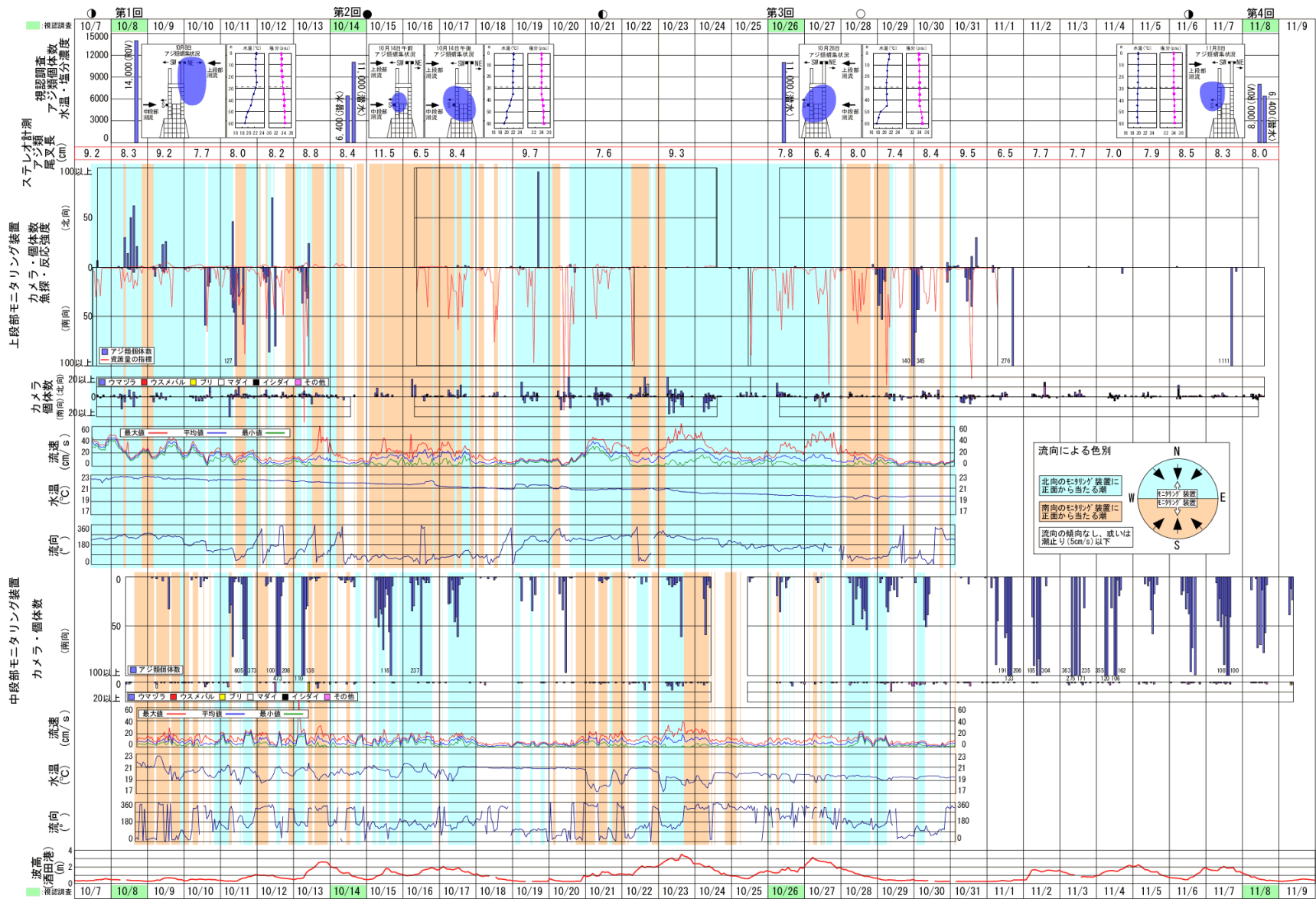


図-2.20 山形県温海町沖における回遊性魚種の来遊回数の検討 (平成 16 年度)

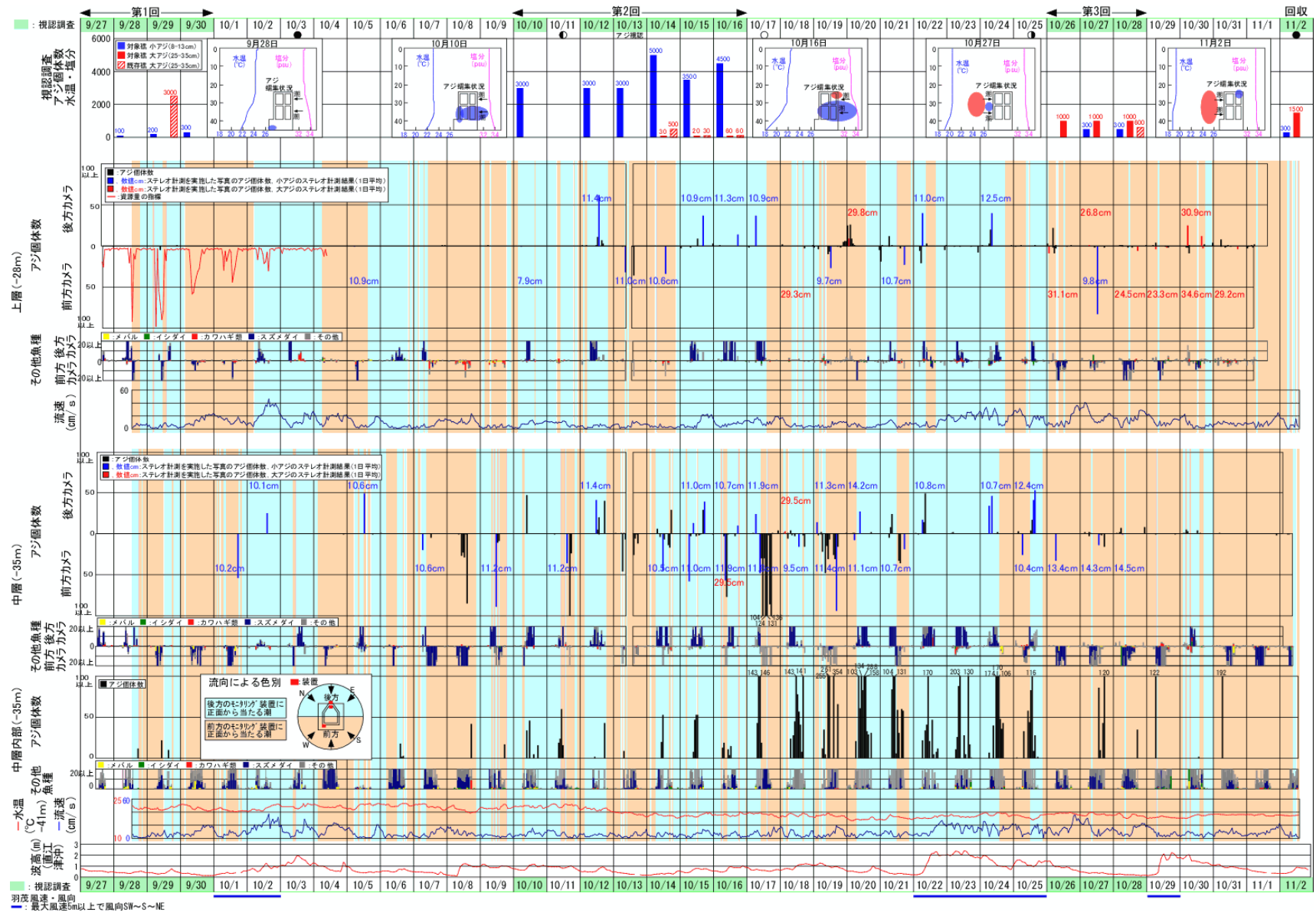


図-2.21 新潟県佐渡市羽茂町沖における回遊性魚種の来遊回数 of 検討 (秋：平成 17 年度)

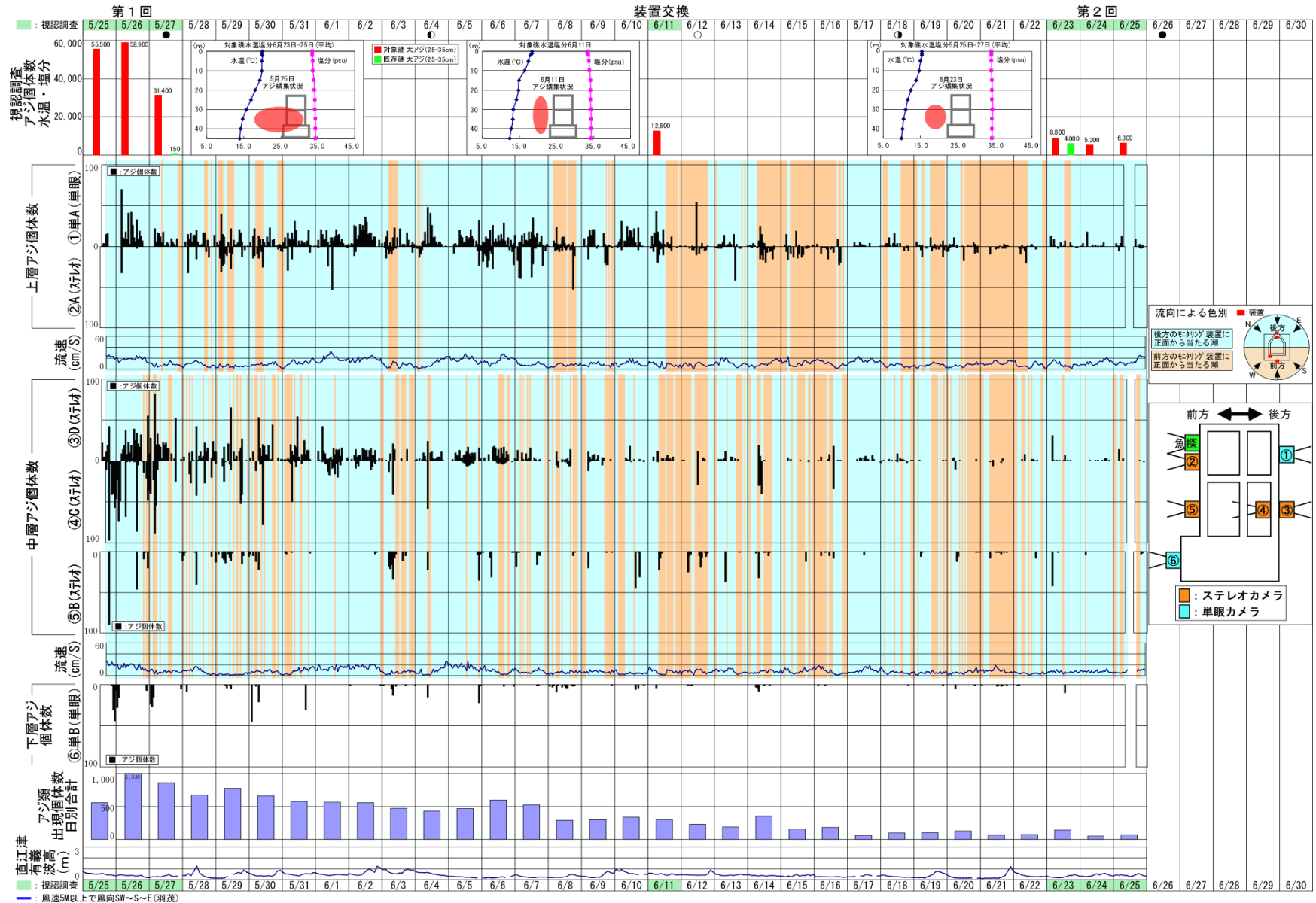


図-2.22 新潟県佐渡市羽茂町沖における回遊性魚種の来遊回数の検討 (春 前半:平成18年度)

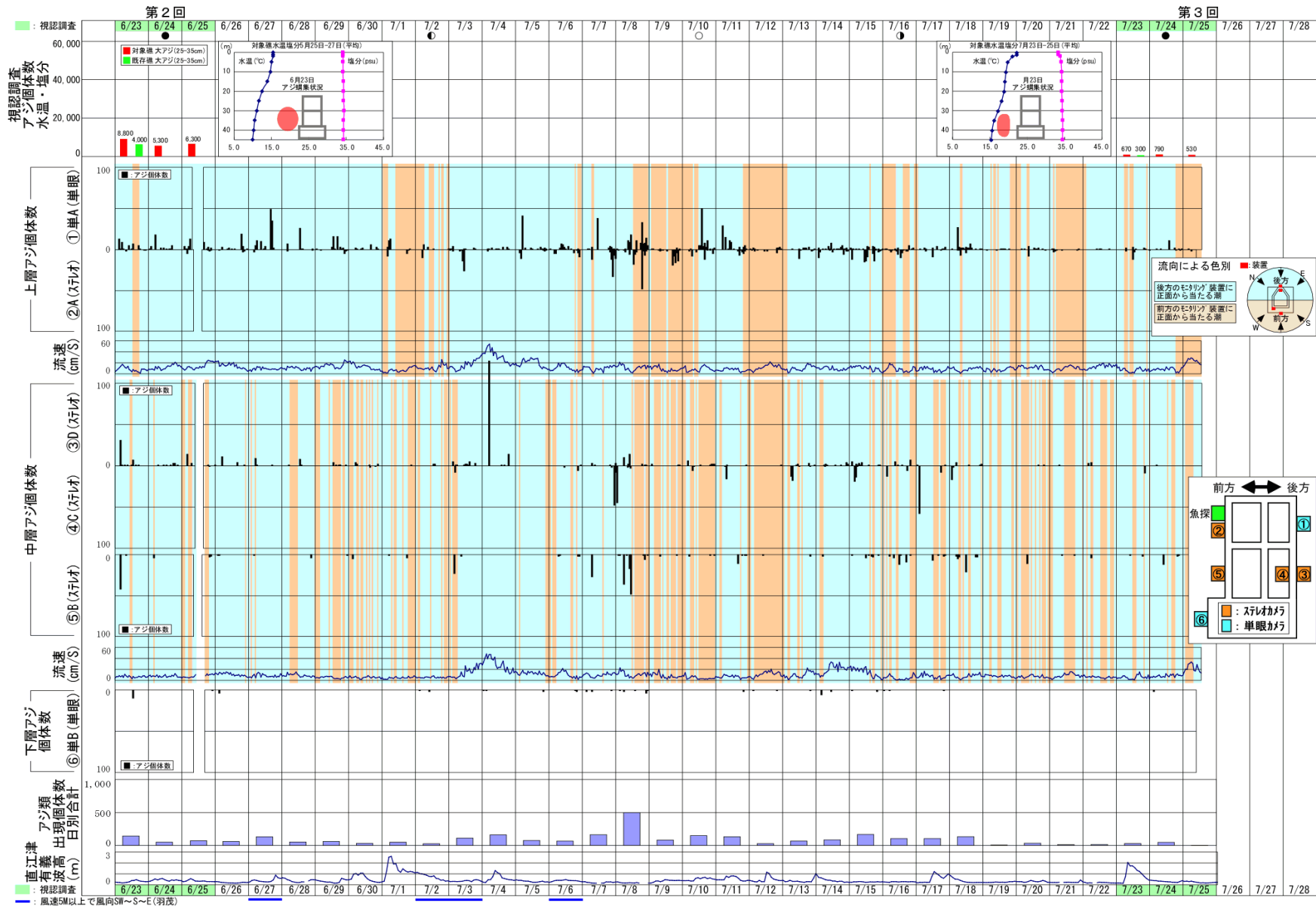


図-2.23 新潟県佐渡市羽茂町沖における回遊性魚種の来遊回数の検討(春 後半:平成18年度)

考 察

これまでの人工魚礁整備事業の評価指標は、公共事業の観点から経済的な「漁獲量(kg/空m³)から換算した漁獲金額」を効果算定の原単位として事業が実施されてきた。しかし、近年の漁業者の減少・高齢化による漁獲努力量の低下から、資源量(実際に魚礁に蛸集する量)と漁獲量の乖離が大きくなっている可能性が生じてきた。そのため、本調査は、人工魚礁のポテンシャルを示す指標として、新たに資源状態(ストックの変化等)の観点から、人工魚礁の直接的な機能である「蛸集量」による評価手法の検討を実施した。その結果、人工魚礁への魚類蛸集量を試算するための基本的な数値である「時間断面蛸集量」適正に求めることができると考えられた。これにより、人工魚礁の魚類蛸集効果を定量的に示すことができ、人工魚礁整備事業の効果をより適正に評価することができるものと考えられる。

さらに、本調査では時間断面蛸集量から年間蛸集量を試算する手法を提案することができた。今後、提案する手法を用いてより多くの調査結果を得ることで、今回提案する手法を精度高く検討することができるものと考えられる。

摘 要

1. 時間断面蛸集量

- 従来型の潜水調査、定点観察による潜水調査、ソナーを併用した ROV 調査でそれぞれ計数したアジ類の個体数を比較した結果、比較的近似した値が得られた。
- この結果より、各手法はそれぞれ蛸集量を把握するに十分な精度を持っていると考えられ、適正な時間断面蛸集量を求めることができると考えられた。

2. 魚類の回転数について

- 平成 16 年度、平成 17 年度は、アジ類の群れの来遊回数は 2 回と考えられた。
- 本調査では、定着性魚種の来遊回数の検討をするまでのデータを得ることはできなかった。
- 魚類滞留状況調査や夜間に実施した魚探調査の結果から、魚類の日周期行動が確認された。
- 魚類の移動と水塊に関する既往知見から、魚類の移動は水塊の移動に伴うことが考えられ、1 ヶ月間魚類が蛸集した場合、水塊の移動の状況から 6~10 回、少なくとも 3 回程度来遊すると考えられる。
- 日周期行動における調査結果と既往の知見から、回遊性魚種は魚礁に対して日々入れ替わっている可能性があり、魚群の回転数は、同一魚群が同一魚礁に滞在する期間の日数と言え、魚類が魚礁に 1 ヶ月滞留していた場合、最大で 30 回/月となることも考えられる。

- 定着性魚種も、同一魚礁に蝟集し続けることもあるが、種によっては日々入れ替わる可能性もある。このため、回転数は3～5日程度（最長でも9日程度）とも考えられる。
 - 回遊性魚種の回転数は、群れの来遊回数（2回）から、その魚種全体が水域に滞在する期間の日数の幅（最大30回）の中にあると考えられた。
 - 定着性魚種については、現時点では、定着性魚種も水塊の移動に伴って移動するという考え方と、滞在の期間が数ヶ月にもおよぶ種など多様であるので、1回/年から10回/月にまでおよぶと考えられる。
3. 蝟集量の試算（新潟県佐渡市羽茂沖）
- 時間断面蝟集量は、平成16年度が228～2,505kg、平成17年度秋季が86～819kg、平成18年春季が360～14,865kgと推定された。
 - 調査期間蝟集量は、平成16年度が2,624～16,262kg、平成17年秋季が807～8,410kg、平成18年春季が7,187～209,650kgと試算された。
 - 年間蝟集量は、平成16年度が2,852～7,108kg、平成17-18年が40,080～592,807kgと試算された。

引用・参考文献

- ・新井健次（1997）：潜水調査（人工魚礁周辺での調査手法として）．水産工学研究集録誌，第5号．
- ・福田富男（1987）：各種魚類の相対成長式—体長，全長，体重の関係—．岡山水試報．
- ・柿元・大久保（1985）：新潟県沿岸域における人工魚礁の総合的研究と事業．新潟県水産試験場．
- ・木本新作（1978）：動物群集研究法Ⅰ—多様性と種類組成—．共立出版（株）．
- ・小林知吉（1999）：魚類の体長—体重関係式．山口外海水試報．
- ・新潟県（1981）：人工漁場造成事業調査報告書（佐渡前浜地区）．
- ・小川嘉彦（1981）：日本海南西水域の海況特性とその漁業生物学的意義．山口県外海水産試験場研究報告，第18巻．
- ・小川嘉彦（2002）：沿岸漁場への浮魚類魚群の移出入と滞留時間．（社）全国沿岸漁業振興開発協会印刷物．
- ・（社）全国沿岸漁業振興開発協会（1999）：平成11年度沿岸漁場整備開発基礎調査—沿岸漁場整備開発基礎調査その2—．
- ・（社）全国沿岸漁業振興開発協会（1998）：人工魚礁による魚類生息場の造成．
- ・（財）漁港漁場漁村技術研究所（2004）：人工魚礁．62pp．