

漁港内の生物生息環境の評価

— 漁港に生息する魚類行動を解明する取り組み —

東海大学生物学部海洋生物科学科教授 大橋正臣

1. はじめに

漁港は本来機能として水産物の陸揚げや漁具の積卸、停泊船舶に対する波浪からの防護などの機能を有している。他方、漁港施設を含めた沿岸構造物は、これらの他にも多面的な機能として、魚類の生育場、餌場、産卵場、避難場などの役割を有していると知られている。近年の水産資源の低迷を踏まえ「水産環境整備」が推進され、水産物の保護育成機能（餌場機能や高波浪からの避難場機能など）を副次的に有する漁港においても保護育成機能を強化する整備が求められている。このためには保護育成機能を定量的に把握するとともに、機能の評価手法が重要である。しかし、漁港における魚類の生息環境について詳細に調べた事例は少なく、特に魚類行動は、魚種毎に遊泳力や行動特性が異なるため不明な点が多いのが現状である。

本稿では、特に水産生産上重要な位置づけにある北海道周辺の寒冷海域において、漁港における魚類の利用状況および魚類行動に関する調査として、(国研)土木研究所寒地土木研究所らと協力し、漁港内で実施した漁網調査、水中カメラ調査、バイオテレメトリー調査の各種結果について紹介する。

2. 漁港内の漁網調査による魚類の利用状況の検討

魚類の漁港内の生息および利用状況を把握するために、漁網調査や SCUBA 観察を行った結果を紹介する。対象漁港は、北海道寿都町にある第3種漁港の寿都漁港である。

(1) 漁港周辺での魚類調査

卵および稚仔魚試料は、表層、底層においてマルチネット（開口部1m×0.5m、目合い0.335mm）の50m水平曳きを行い採取した。幼成魚は刺網（網長20m、

表-1 魚類の生活史段階での出現状況（背景色は科、[]はSCUBA観察のみを示す。）

グループ	①			②		③		
生活史	全生涯			卵	稚仔	産卵	未成魚	幼成魚
利用頻度				一時	一時	一時	日常	一時
採取段階	卵	稚仔魚	幼成魚 (成魚含)	卵	稚仔	卵	幼成魚 (成魚含)	幼成魚 (未成魚)
種	沈性付着卵	ハナジロガジ	フサギンボ [オキカズナギ]	ネズツボ科	スケトウダラ	カタクチイワシ	クロソイ エゾメバル キツネメバル	マルタ ウグイ チカ オキタナゴ アオタナゴ ウミタナゴ ヒラメ クジメ スジアイナメ ケムシカジカ タヌキメバル オウゴンムラソイ アバブチムラソイ
		ハゼ科	リュウグウハゼ		アユ			
		アナハゼ科	アサヒアナハゼ		ウキゴリ属			
		カジカ科	オニカジカ		タテトクビレ			
			ギスカジカ		ダンゴウオ科			
			ベロ		タケギンボ			
					ニシキギンボ科			
	カレイ科1 カレイ科2	[観察]	クロガシラガレイ					
	[観察]		アイナメ					

網丈1.2m、3枚網脚長：外網9cm、中網1.2cm）を表層、底層に設置した。これに加えて SCUBA 観察を行った。

(2) 魚類の漁港利用

港内は、港外に比べ稚仔魚の個体数や魚類の出現種数が多く確認された。ネットや刺網での採取状況、全長による成魚判別や産卵、生活様式、SCUBA 観察結果から各魚種の生活史における漁港の利用状況について表-1に示すように、本漁港では利用状況に応じて3グループに分類できると考えられた。

グループ①の移動性が低い小型3種（ハナジロガジ、リュウグウハゼ、アサヒアナハゼ）やフサギンボは、稚仔魚と体長から成熟可能と考えられる成魚が港内で採取された。卵は採取できなかったが、4種は沈性付着卵塊を巣穴などに産み付け、ハナジロガジは雌魚の卵塊保護行動なども知られている。また、オニカジカとギスカジカは成魚判別は出来なかったが、カジカ科稚仔魚とともに、ベロは成魚個体が採取された。砂泥礫性のクロガシラガレイは、港内で成魚個体やカレイ科の卵が採取されるとともに10cm程度の未成魚が SCUBA 観察された。アイナメは、調査時すべてで出現し、1~4歳で成魚も生息していた。加えて、海底構造物に付着した卵塊とともに雄魚の保護行動が SCUBA 観察された。これらの種は全生活

史段階において港内を利用している可能性が考えられた。

グループ②の成魚の港内観察がなく卵稚仔のみが採取された9種では、ネズツボ科（分離浮遊卵）は港外で多く採取されたが、個体数は少ないがダンゴウオ科以外の稚仔魚（アユやウキゴリ属（卵成魚河川利用）、タテトクビレ、タケギンボ、ニシキギンボ科、スケトウダラ）は港内のみで採取された。また、カタクチイワシは、卵と成魚が8、9月に採取され、夏の北海道来遊が知られている。これらの種は、卵や稚仔魚期など限られた生活史段階での港内利用が考えられた。

グループ③の卵や稚仔魚は採取されなかったが、出現頻度の高かったメバル科3種（クロソイ、エゾメバル、キツネメバル）は、幼成魚の岩礫性や仔魚の流れ藻付随移動とともに、季節や成長による利用水深移動などが知られている。クロソイ、エゾメバルは3月の水温約6℃では港内で採取されたが、5℃以下では港内で見られなかったため季節的な漁港利用が考えられた。一方、キツネメバルは5℃以下でも港内で見られ、SCUBA 観察では稚魚柄と言われる体側の黒色素胞横帯がある幼魚が確認され、採取魚全長では1~4歳程度であったことから、未成魚であるが2種よりも長期間の漁港利用が考えられた。出現頻度の高い3種は未成魚において港内の日常的な利用の可能

性が高い。他の出現頻度が60%以下の種は、上記3種に比べ、漁港利用は一時的なものと考えられた。

以上のように、港内では、稚仔魚の個体数とともに出現する魚類の種数が港外より多く、岩礁性や砂泥礫性、未成魚期や全生涯を過ごす種などさまざまな生活様式や生活史段階での魚類の利用が確認された。

3. 定点水中カメラによる魚類行動の検討（寿都漁港の事例）

魚類行動の検討として、上記寿都漁港の港口付近において、インターバル写真撮影を行うとともに、漁港周辺での物理環境観測、波動場解析を周辺で行った。これにより波高による魚類行動への影響とともに、港内における魚類の高波浪からの避難場機能を評価する手法について検討した事例である。

(1) 撮影条件と魚類判定

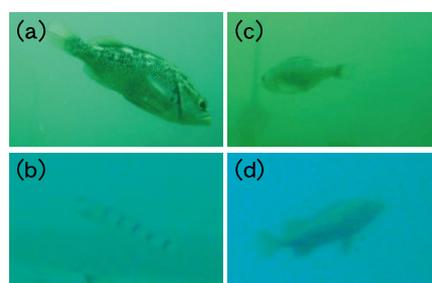
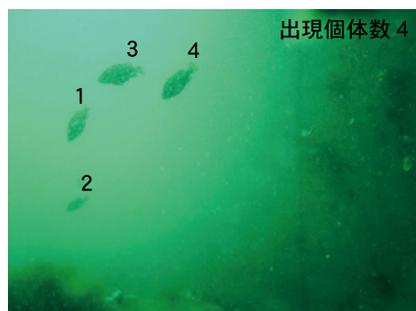
インターバルカメラは、2台を港口の根固ブロック上に港外方向から航路、港

内方向の範囲内で撮影範囲が重ならないように固定設置した。撮影間隔は4月から6月までは30分、6月以降は2時間設定とした。データ回収は、電池容量を考慮し2~3ヶ月間隔（6, 8, 10, 3月）で行った。データ回収後、画像から撮影時の魚類の出現個体数を記録し、同時刻の画像2枚の個体数を合計して撮影時刻の個体数とした（写真-1）。カメラの撮影範囲は、濁りや光量により変化するが事前調査より高さ2m程度、幅、奥行き3m程度と考えられる。これと同時に物理環境の調査として波高および水温塩分の観測を実施するとともに波動場解

析を実施した。

(2) 魚類行動に影響する波高

魚類出現個体数と港外で観測された有義波高との時系列変化を図-1に示す。全期間を通して1mを越すような高波高時には、出現個体数が少ない傾向がみられた。次に、観測全期間のカメラ設置位置での算出波高と出現魚類個体数の関係を図-2、それらの各波高区間における魚類出現状況を図-3に示す。魚類が出現した個体数および有効観察回数当たりの割合においても、波高が大きくなるに従い魚類出現個体が減少する傾向が見ら



(a)メバル類, (b)ハゼ類, (c)ウミタナゴ類, (d)アイナメ類

写真-1 インターバルカメラでの撮影画像例

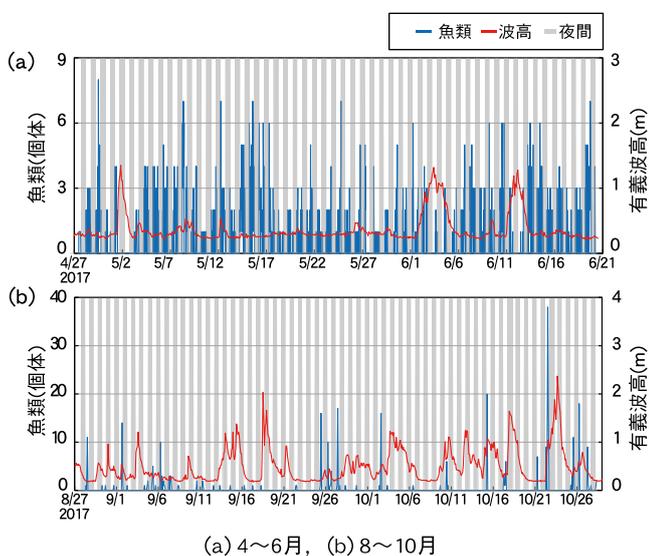


図-1 魚類出現個体数と観測波高（港外波高計位置）の時系列変化例

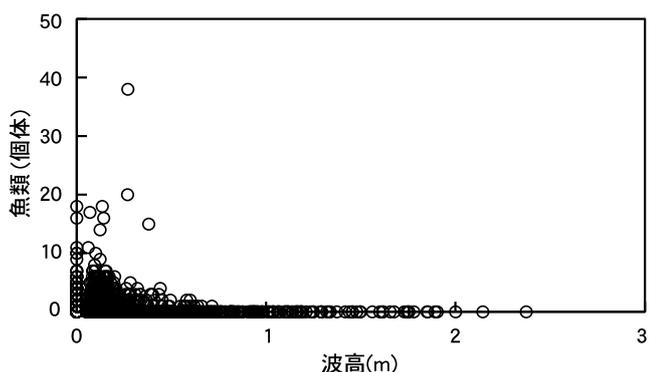


図-2 カメラ設置位置での算出有義波高と魚類出現個体数

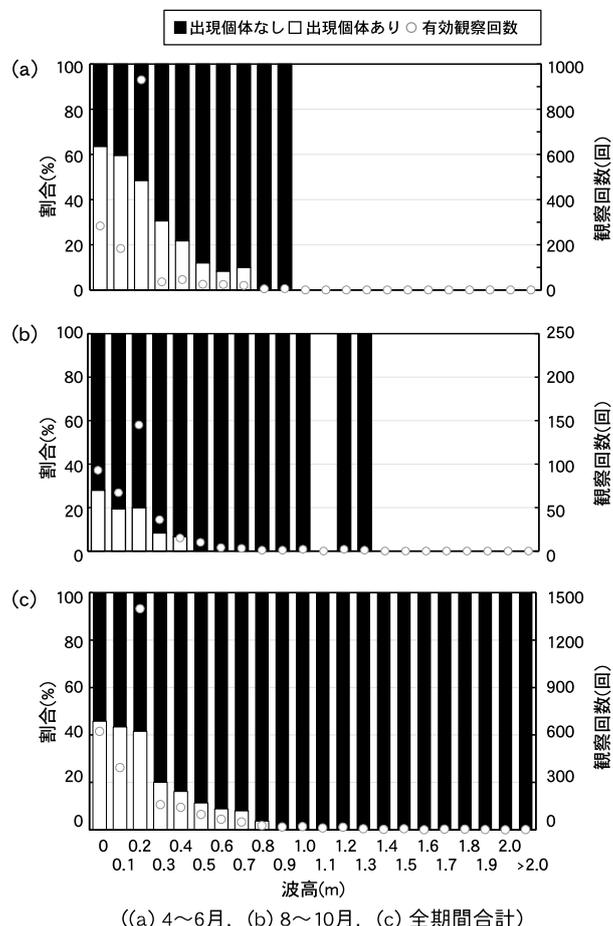


図-3 カメラ設置位置での各波高区間における有効観察回数および魚類出現有無の割合

れ、カメラ撮影位置で0.8 mより高い波高では魚類の出現は確認されなかった。波高による濁度変化に伴い撮影範囲も変化するが、波高0.8 m前後での大きな画像変化は見られなかった。そのため、本対象域を利用する魚類は、波高が0.8 mを超えると行動に影響を受けると考えられた。

(3) 本漁港の機能評価

対象漁港において、魚類行動と波高の関係、漁港の有する高波浪からの避難場機能の評価方法について検討した結果、波高0.8 mが魚類行動・出現の閾値であった。この閾値と1年確率波や季節的な波高の大小を考慮した各条件下での波動場解析の結果を用いて、漁港泊地が季節的に閾値を超えているかを検討し、生息魚類に対する避難場機能や生息場機能

について評価できるものとする。

4. バイオテレメリーによる魚類行動の検討（厚内漁港の事例）

次に、漁港周辺での魚類行動と波浪との関係を把握するために、バイオテレメリー技術を使った検討事例を紹介する。本研究の対象漁港は、北海道十勝郡浦幌町にある第1種漁港の厚内漁港である（図-4）。

(1) バイオテレメリー

バイオテレメリーは、対象魚類の行動を把握するための手法として、周期的に超音波信号が発信される発信機を供試魚に装着し、これを水中に設置された超音波受信機で受信することにより供試魚の位置を推定するものである（図-5）。

厚内漁港における超音波受信機は、漁港内と周辺に図-4に示すように13基設置するとともに、当漁港の沖合（水深10 m）および2箇所の定置網（水深11 m、14 m）に設置した。供試魚は厚内漁港周辺で捕獲されたクロソイ、マツカワ、カワガレイ、カジカの合計15匹を対象とした。これら供試魚は麻酔をかけ体重と尾叉長測定の後、クロソイおよびカジカは腹腔内に、マツカワおよびカワガレイは体表面に発信機を装着し（写真-2）、2018年9月20日および21日に漁港内に放流した。

(2) 魚類の行動

港内外で観測された有義波高と供試魚の行動について図-6に示す。ここで横軸は日時を表し、港外の有義波高は実線、港内は点線で示す。また、供試魚の行動は、受信された発信機の位置から行動範囲として、漁港内については港奥、航路、港口、港外は近傍と定置2号（漁港の南側に位置する定置網）とし、受信された供試魚の位置をプロットした。ここではマツカワとカワガレイについて紹介すると、漁港周辺（港外）で採捕、港奥で放流されたマツカワは放流後5～10日程度かけて港奥、港口、港外へゆっくり移動した。マツカワNo. 3は9月21日の0:00付近に港路へ移動したが、港外の有義波高が高くなる9月22日に一度港外へ移動するも、再び港内へ戻り、波高の変化に合わせるように港内を往來するような動きが見られた。これは港外の時化（高波浪状態）を回避したものと考えられる。カワガレイは放流後に港奥と航路を往來、移動し、9月22～23日の高波浪後に港外へと移動していた。

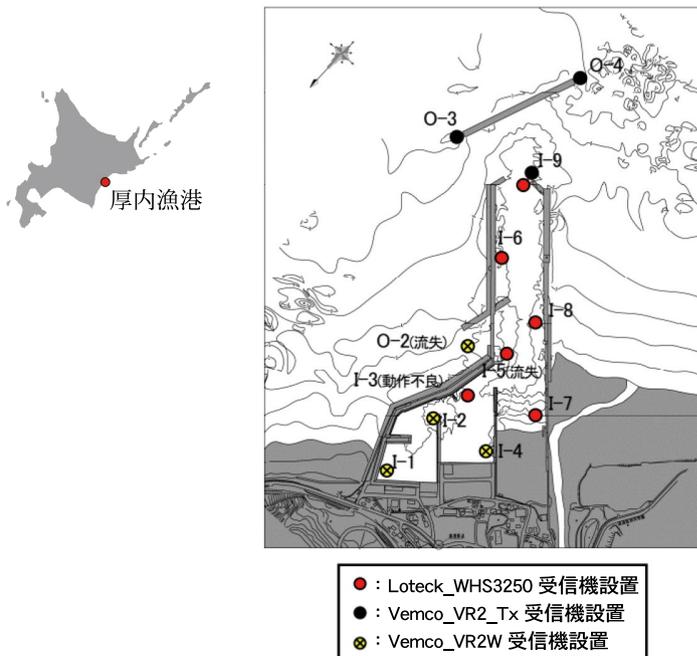


図-4 位置図および受信機設置位置

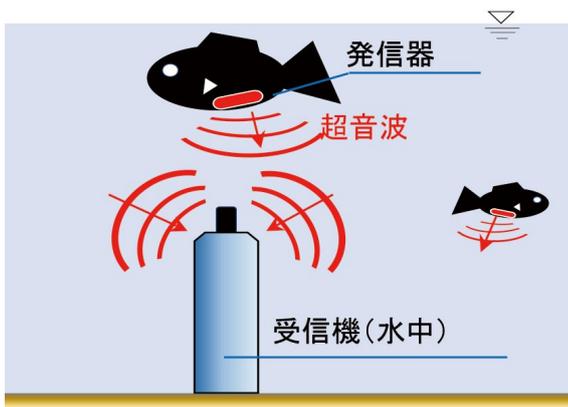


図-5 バイオテレメリー概念



写真-2 供試魚（左上：カワガレイ、右上：クロソイ、左下：マツカワ、右下：カジカ）

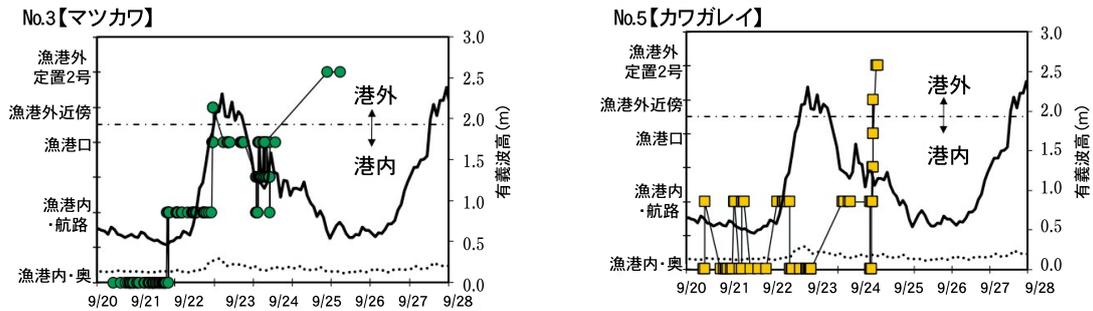


図-6 供試魚の行動 (左: マツカワNo. 3、右: カワガレイNo. 5)

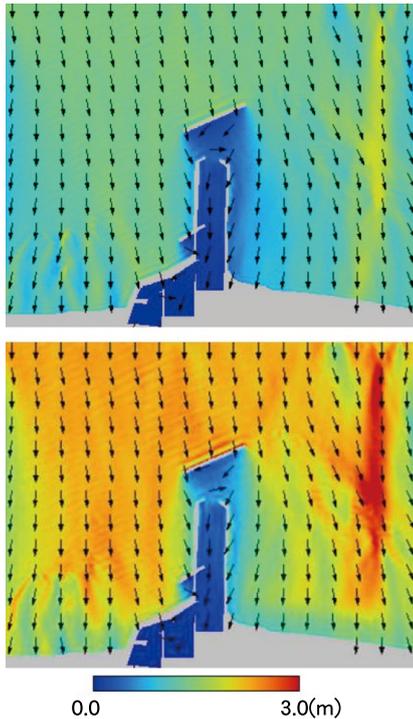


図-7 漁港周辺の波高分布 (上: 港外移動時、下: 移動阻害時)

(3) 魚類の行動と港内波高の関係

港内外の波高計データを用いて現況再現された非定常緩勾配不規則波動方程式による波高分布図を図-7に示す。港内の波高分布は、当然、港口部から航路、港奥に向かって波高が減衰する。上述したように港内の供試魚が港外へ移動する行動は時化時を避けていることから、外防波堤から港口付近(出口付近)の海域に着目することとした。ここで図-7(上: 港外移動時)はNo. 3 マツカワが9月22日の時化後に港外へ移動したと考えられる9月24日の13時を対象に再現計算したものであり、図-7(下: 移動阻害時)は港外への移動が抑制された9月22日の時化時を対象に計算したものである。この2ケースの計算における港口付近(出口付近)の海域のうち平均流速が大きいものを採用した場合、港外移動時の底面流速は0.390m/s、移動阻害

時の流速は0.630m/sと算出された。これらのことからマツカワにおいて、本研究で用いた供試魚サイズの場合、流速が0.630m/s以上の時には能動的に港外へ出ることはできない(移動阻害時)のに対し、流速が0.390m/s以下の時には能動的に港外へ出ている(港外移動時)と考えられ、一つの指標となり得ると考えられた。魚の遊泳能力を評価する場合、巡航速度や突進速度が用いられる。巡航速度は、比較的長時間(30分~数時間)疲労することなく泳ぎ続けられる速度の中で最大のもので、一般的に2~3BL/sと言われている(BLは体長を示す)。突進速度は、魚の発揮しうる速度の内、最大のものである。本研究では、漁港周辺を日常的に利用している魚類での流速の影響を評価するために、巡航速度を用いることとした。本研究の供試魚の体長から算出される巡航速度は、2~3BL/sと仮定すると、マツカワは0.62~1.09m/s、カワガレイが0.54~0.82m/s、カジカが0.66~1.15m/s、クロソイが0.61~1.12m/sと算出される。これらは移動阻害時の流速0.630m/sよりも大きく、供試魚の遊泳能力が移動可能であることを示唆しているが、本研究で算出した流速は底面流速であり遊泳する水深帯の流速は、これよりも流速が大きい。また、実際の波動場では多方向不規則波で振動流となっていることや時々刻々と変化する周期や流向変化へ対応することを勘案すれば、本研究で使用した供試魚のサイズでは、移動阻害時の底面流速が0.630m/sであるのは妥当なものと考えられる。

このような魚類の遊泳能力と港内流速の関係性を検討することで、対象漁港の生息場機能の評価の一助となると考えられる。

5. おわりに

本稿では、寒冷海域の漁港において、生息魚類の把握、来襲波浪に対する魚類行動とその評価について述べてきた。なお、調査期間が短くデータのサンプル数が少ない事例が多く、継続した調査が必要である。また、漁港内での魚類の行動は遊泳能力、環境適応力、嗜好性などさまざまな要因が関係していることから、どの要因がより強く魚類の行動に影響を与えるかを詳細に検証する必要がある。これは今後の課題と云える。そして、本稿で紹介した事例研究は、対象漁港や対象地域特性によるものが大きく影響しているため、波高の閾値や流速の指標としては汎用的なものではない。しかし、これらの取り組みによって、各魚種における生活史とこれに伴う生息空間の変化に対応した生息場機能を解明することは、漁港内の水域を活用した水産増殖や前述した水産環境整備の基礎資料に成り得ると考えられる。なお、本稿では魚類における生息場、避難場に着目し紹介したが、漁港内に生息するプランクトンや藻類などの生物についても検討する必要があるとともに、水産生物の保護育成機能のうち、餌場機能や産卵場機能などについても、詳細な検討が求められる。