

サイドスキャンソナーによる オオクチバス *Micropterus salmoides* の産卵場調査

齋藤 大^{1*}・鴨下智裕²・平出 亜¹・佐藤好史³・進東健太郎⁴・嶋田哲郎⁴

¹ 応用地質株式会社 東北支社 〒983-0043 宮城県仙台市宮城野区萩野町 3-21-2 TEL 022-237-0471 FAX 022-237-0476 e-mail saitou-hiroshi@oyonet.oyo.co.jp

² 応用地質株式会社 東京本社 〒331-8688 埼玉県さいたま市北区土呂町 2-61-5

³ 応用地質株式会社 本社 〒102-0073 東京都千代田区九段北 4-2-6 市谷ビル

⁴ 財団法人宮城県伊豆沼・内沼環境保全財団 〒989-5504 宮城県栗原市若柳字上畠岡敷味 17-2

* 責任著者

キーワード: オオクチバス サイドスキャンソナー 産卵場

2006 年 9 月 27 日受付 2007 年 2 月 4 日受理

要旨 伊豆沼において、サイドスキャンソナーによるオオクチバス産卵場の調査を行なった。サイドスキャンソナーの音響画像のみでは個々のオオクチバス産卵床を判別することはできなかったが、産卵場の条件となる底質や障害物の区分の他に、リップル（砂渾）を識別することにより波浪の影響についても考慮することができた。さらに、伊豆沼における主要な産卵場である人工産卵床設置範囲は、底質が主に砂で構成されており、なおかつ波浪の影響が弱い箇所であることが確かめられた。一方、人工産卵床設置範囲以外は主に泥や砂泥で構成されており、砂で構成されている範囲においては、周囲のリップルの分布状況から波浪の影響を受ける環境であることが推察された。本手法により、濁りの強い水域であっても、水深 1m 以上であればオオクチバスやオクチバスの産卵場をある程度絞り込むことが可能であり、今後の外来魚防除に向けた有効な手法の一つになり得ることが示された。

はじめに

2005 年に外来生物法が施行され、オオクチバス *Micropterus salmoides* が特定外来生物となったことにより、本種の防除に対する取り組みは全国的に活発になりつつある。オオクチバスの防除法としては、漁具による捕獲（安部倉ほか 2003, 齋藤ほか 2005）、人工産卵床等による繁殖抑制（高橋 2005）、水抜きによる干出（杉山 2005）や水位変動（齋藤ほか 2003）などが考えられる。

調査地の伊豆沼は 289ha と広大な面積を有し、古くから漁業が行なわれてきた。昭和 60 年 9 月に

は内沼とともにラムサール条約に登録地として指定され、オオクチバスの防除目的であっても水抜きは難しい状況にある。また、透明度は 30cm 以下であることが多く、産卵床を発見して親魚を捕獲することは困難であり、透明度が低い水域におけるオオクチバスの繁殖を抑制する方法として、人工産卵床による駆除が進められてきた（高橋ほか 2003）。しかし、これまでに天然産卵場の分布や産卵場の要因となる底質の分布に関する詳細な調査は行なわれていない。

オオクチバスの産卵盛期は、水温が 16~20°C のときであり、産卵場は水深が 0.80~2.45m の砂礫底とされている（桐生・深沢 1982, 津村 1989）。さらに、産卵床のある位置は、周囲に必ずヨシや水草、木の根、人工廃棄物や桟橋等の障害物がある砂利または礫の湖底で、底質が泥の場合は沈木や水草の根元が産卵床として利用されるといわれている（吉沢 1992）。このことから、湖底の底質や障害物の分布状況を把握することにより、オオクチバスの産卵場を検知し、産卵期に産卵床の破壊や親魚の捕獲等を行なうことにより、効果的な防除につなげられると考えられた。

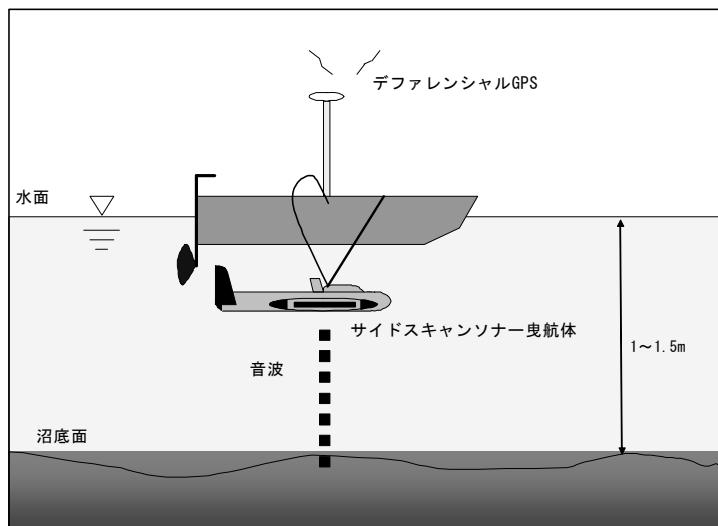


図 1. サイドスキャンソナー測定概念図。

海底環境の状態を把握する方法の一つである音響計測方法は濁りに影響を受けにくく、中でもサイドスキャンソナーは、一度に広い幅で探査することが可能である（小松ほか 2004）。しかし、伊豆沼の水深は 1.6m 程度と浅く、このような浅い水域におけるサイドスキャンソナーによる調査事例はなく、さらに、産卵床を判別できるような分解能を有しているかは不明であった。

伊豆沼など開放的な水域において、より効率的にオオクチバスの繁殖を抑制するには、本種の産卵場を特定し、繁殖阻止による防除が有効と考えられ

る。本調査は、サイドスキャンソナーを水面近くで曳航することにより水底面の状況を把握し、底質や障害物の分布状況からオオクチバスの産卵床を検知する可能性について検証した。

方法

調査は宮城県北部の伊豆沼で行なった。伊豆沼と内沼は 1 本の水路でつながる隣接しあった沼で、面積はそれぞれ 289ha, 98ha、沼岸長 15km, 5km、最大水深 1.6m ほどである。伊豆沼の西、約 5km に位置する栗原市築館における 2006 年の風向風速は、3 月～5 月は西風が卓越しており、月平均風速は 2.0~2.8m/s、月最大風速は 8m/s~12m/s であり（気象庁 2006）、年間を通して最も風が強い時期に該当していた。

サイドスキャンソナーは、図 1 に示すように、船で曳航体と呼ばれるセンサーを曳航し、曳航体の左右舷にあるトランステューサーから船の進行方向に対して直交の方向に超音波（以下ビームと呼ぶ）を扇

形に発振させ、水底からの後方散乱波（反射波）を受振する。得られた受振波は、時系列順に振幅強度の違いに応じて濃淡画像化され、その濃淡パターンから底質（岩、礫、砂、泥）や水底面上の物質（人工魚礁、沈船、パイプライン、ケーブル等）が判別される。一般に、泥などのやわらかい底質土では受振振幅が小さく、岩や礫など固い底質土では振幅が大きい。また、曳航体の直下付近の振幅は小さくなる（鴨下・岡村 2005）ため、相対的に特異な画像データが得られる場合を除き、隣接する画像データにより補間した。測定レンジは、水深と湖岸までの距離を考慮し、片舷 37m（両舷 74m）とし、使用周波数を 500kHz（中心周波数 445kHz）とした。

伊豆沼におけるオオクチバスの主な産卵場は、2000 年 6 月上旬に三角網の採捕により体長 10～15mm の本種の稚魚が集中的に大量採集されたことから、南岸の底質が砂の水域であると推察されて

おり、この産卵場を対象に人工産卵床による卵や親魚の駆除が行なわれている（高橋 2005）。この知見を踏まえて、航走コースは図 2 に示す位置とした。

サイドスキャンソナーによる音響調査は 2006 年 4 月 28 日、底質の採取は 4 月 28 日および 5 月 3 日に実施した。底質については採泥器（採取面積 25×25cm）を用いて採取し、ふるい分析および沈降分析による粒度分析を行なった。

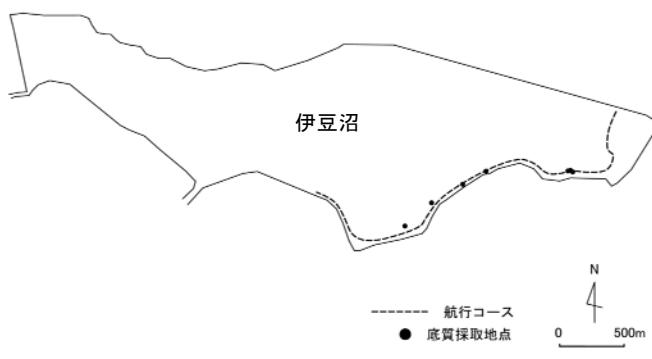


図 2. サイドスキャンソナーによる探査航路位置。

結果

サイドスキャンソナーによる音響画像

サイドスキャンソナーによる音響画像および底質の調査地点を図 3、底質土の粒度分析結果を表 1 に示した。音響画像上では、図 3 に示すとおり受振振幅強度が弱い底質は茶色、強い底質は白色で表現している。調査対象範囲の多くは茶色で表現されており、底質以外では人工産卵床や魚網等の分布が音響画像上から捉えられたが、明らかにオオクチバスの天然の産卵床と考えられる画像を識別することはできなかった。また、部分的に波浪により形成されたと考えられる波状の底質模様（リップル）が認められる箇所が確認された。

底質土の粒度分析の結果、白色で表現されている試料番号 1～3 の箇所は、礫分（2～75mm）20～31%、砂分（0.075～2mm）55～78%であり、主に砂と礫で構成されていた。一方、薄茶色で表現されている試料番号 5～7 は、砂分が 40～95%と優勢であり、濃茶色で表現されている試料番号 4 はシルト分（0.005～0.075mm）37%、粘土分（0.005mm 未満）63%と細粒分が優勢であった。

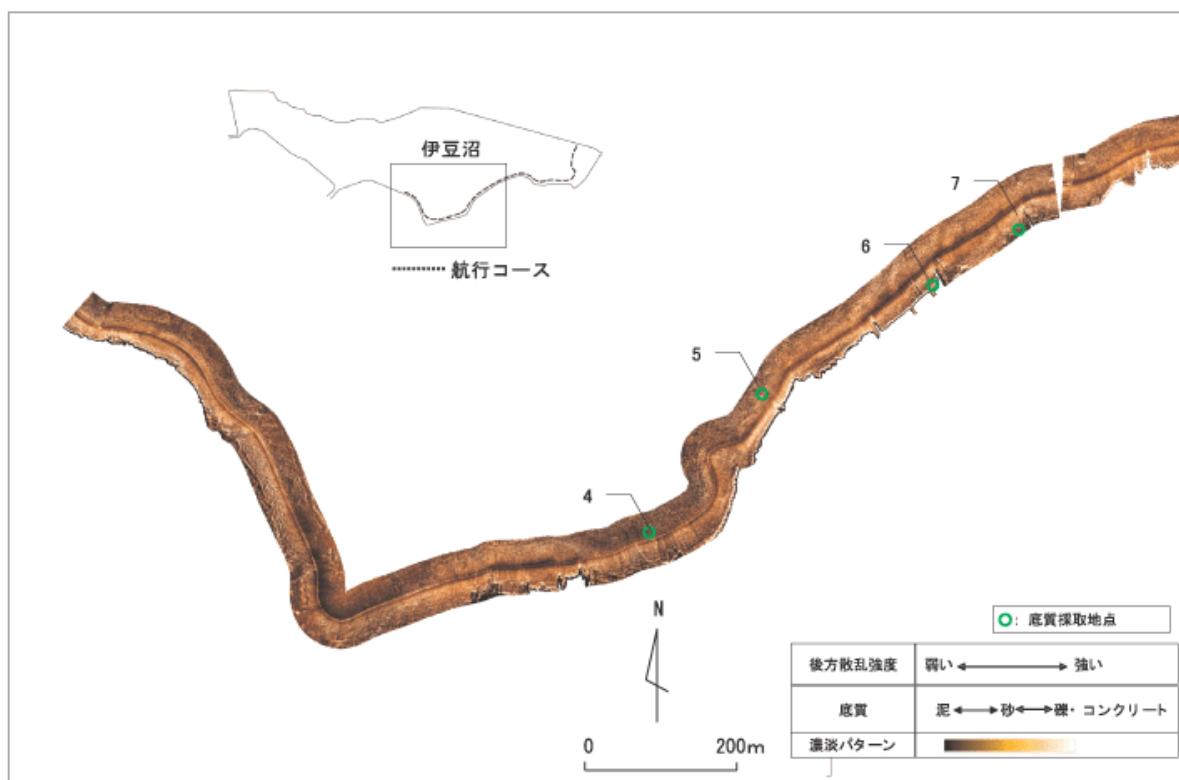
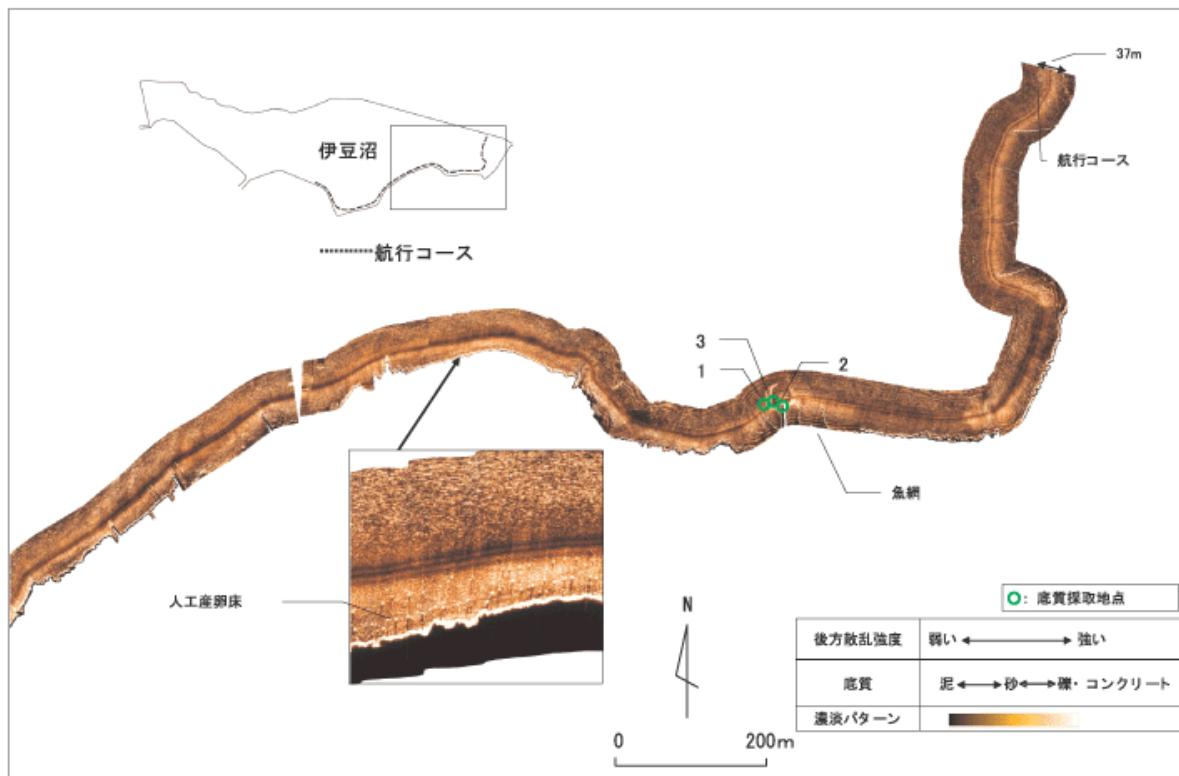


図 3. サイドスキャンソナーによる音響画像および底質採取地点.

表 1. 底質の粒度分析結果.

| 試料番号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-----------------------|----------------|------|--------|--------|--------|-------|-------|
| 礫分(2~75mm) % | 20.0 | 30.6 | 29.3 | 0.1 | 0.6 | 1.9 | 0.6 |
| 砂分(0.075~2mm) % | 78.4 | 67.1 | 55.1 | 0.3 | 40.3 | 95.3 | 92.1 |
| シルト分(0.005~0.075mm) % | 0.2 | 0.8 | 5.4 | 36.8 | 24.2 | 0.2 | 2.3 |
| 粒度分析 | 粘土分(0.005未満) % | 1.4 | 1.5 | 10.2 | 62.8 | 34.9 | 2.6 |
| | 最大粒径(mm) | 26.5 | 53.0 | 37.5 | 4.75 | 9.5 | 19.0 |
| | 50%粒径(mm) | 0.66 | 0.80 | 0.65 | <0.001 | 0.044 | 0.27 |
| | 20%粒径(mm) | 0.39 | 0.45 | 0.29 | — | — | 0.19 |
| | 10%粒径(mm) | 0.31 | 0.35 | 0.0043 | — | — | 0.15 |
| | 底質区分 | | 砂 | | 泥 | | 砂泥 |
| | SSS | 目視判読 | 白色 | 白色 | 白色 | 濃茶色 | 薄茶色 |
| | | 平均輝度 | 156.63 | 113.78 | 194.16 | 24.77 | 72.24 |
| | | | | | | 94.46 | 71.97 |

※SSS: サイドスキャンソナーの画像判読

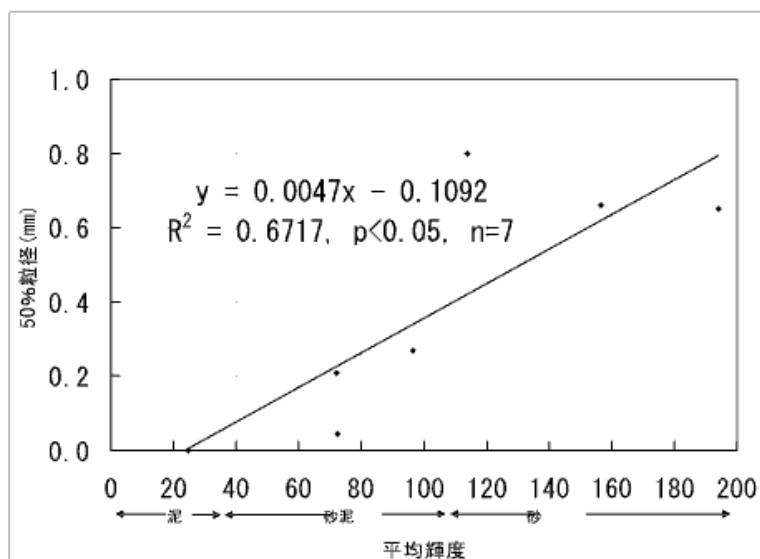


図 4. 底質採取地点における音響画像上の輝度と底質の粒径との関係. ※試料 No.4 の 50%粒径は 0.001 とした.

伊豆沼南岸の底質分布

振幅強度と底質との関係を見るため、底質採取地点における音響画像上の輝度と底質の粒径との関係を図 4 に示した。ここで使用した音響画像では、振幅強度が強い場合は白色、弱い場合は黒色で表現されている。デジタル画像における画素値（ピクセル値）には、2 通りの定義があり、値が大きくなるほど暗く（黒く）なる場合を濃度値、逆に値が大きくなるほど明るく（白く）なる場合を輝度値とよぶ（西川 2006）。よって、ここでは画像上で明るさを表す指標である輝度との相関について解析した。この結果、50%粒径と平均輝度との間に有意な正の相関が得られた ($R^2=0.6717$, $P<0.05$)。



図 5. サイドスキャンソナーによる音響画像から作成した底質分布図.

以上の結果より、サイドスキャンソナーによる音響画像上の色調と底質の分析結果を用いて作成した底質分布図を図 5、底質の分布割合を表 2 に示す。また、サイドスキャンソナーによる音響画像を目視判読した結果、明瞭にリップルが認められた箇所を底質分布図に重ねた結果を図 6 に示す。調査範囲の 82% には泥もしくは砂泥が分布しており、砂が分布しているのは 18% のみであった。また、人工産卵床設置範囲の約 71% は砂で構成されていたが、それ以外の範囲で砂が分布しているのは 13% のみであった。

表 2. 底質の分布割合。

| 底質 | 人工産卵床設置範囲内 | | 人工産卵床設置範囲外 | | 計 |
|----|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------|
| | リップル有り | リップル無し | リップル有り | リップル無し | |
| 砂 | 0m ² | 11,571m ² (70.7%) | 14,240m ² (7.5%) | 11,218m ² (5.9%) | 37,029m ² |
| 砂泥 | 2,178m ² (13.3%) | 2,613m ² (16.0%) | 49,518m ² (26.2%) | 85,417m ² (45.3%) | 139,726m ² |
| 泥 | 0m ² | 0m ² | 124m ² (0.1%) | 28,203m ² (14.9%) | 28,327m ² |
| 計 | 2,178m ² | 14,184m ² | 63,882m ² | 124,838m ² | 205,082m ² |

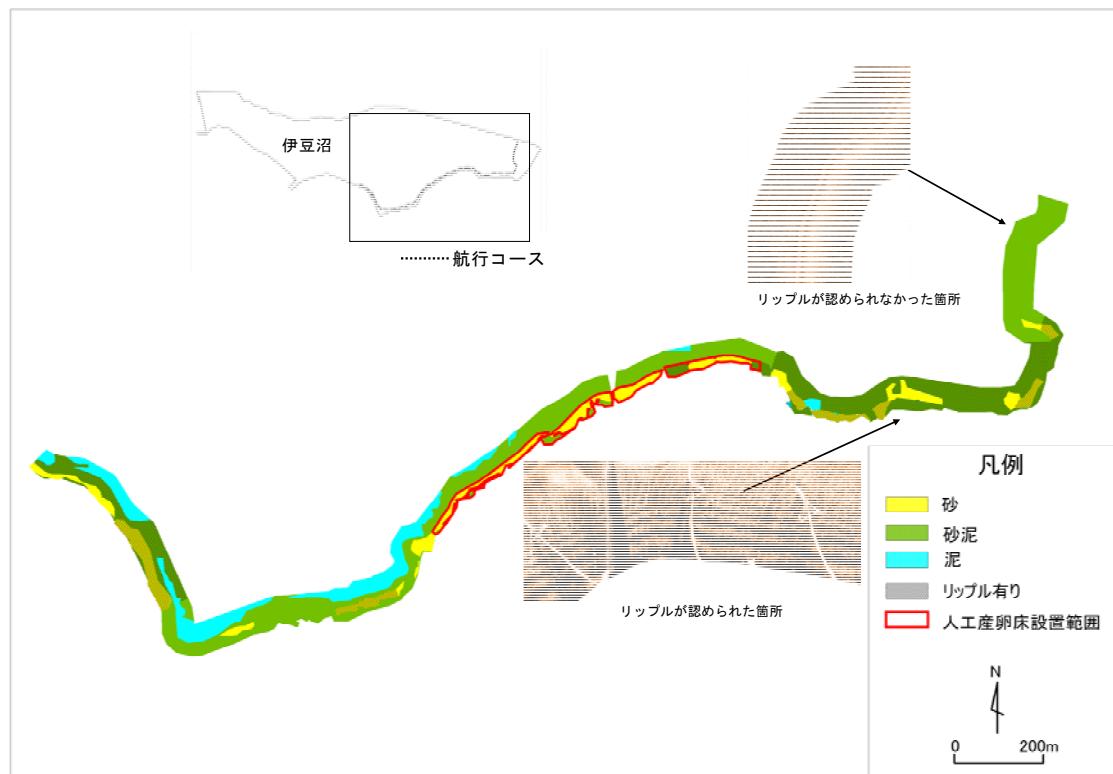


図 6. サイドスキャンソナーによる音響画像から作成したリップルの分布図。

考察

底質分布図から人工産卵床が設置されている範囲は主に砂で構成されていることが確かめられた。一方、人工産卵床が設置されていない範囲の 87% は泥もしくは砂泥で構成されていることから、オオクチ

バスの天然産卵床は人工産卵床が設置されている範囲に分布していると推察される。

しかし、人工産卵床が設置されていない範囲にも底質が砂で構成されている範囲は認められており、この区域で産卵が行なわれていないとすると、底質以外の要因もオオクチバスの産卵に影響を及ぼしている可能性がある。そこで、底質の分布とリップルの有無を検証した結果、人工産卵床設置範囲以外で底質が砂の箇所では、リップルが顕著に認められることが判読された（図 6）。さらに、人工産卵床設置範囲の 70.7%は底質が砂でおかつリップルが認められなかつたが、人工産卵床設置範囲以外で砂が分布している 13.4%の範囲のうち、7.5%ではリップルが認められた（表 2）。また、残りの 5.9%ではリップルが認められなかつたが、この部分はリップルのある範囲に囲まれていることから、波浪の影響を受けるが、底質に礫を多く含み（試料 1～3）リップルが形成されにくい底質環境にあるものと推察された。

オオクチバスが産卵床を作る場所としては、水深や底質、障害物の有無に加え、地形（強い波浪の影響を受けて、かつ水通しのよいところ）によっても営巣の適地は制限される（淀 2002）。つまり、リップルが認められる範囲は、強い波浪の影響を受けるため、オオクチバスが産卵場として利用できないと考えられる。

オオクチバスは雄が湖底を掃除し、半径が 30～40cm、直径が親魚の大きさの 1.5～2 尾分の円形あるいは橢円形のくぼみの浅い産卵床を造る（吉沢 1992）とされている。サイドスキャンソナーによる音響画像からは、60cm～70cm 四方の苗ポットレーの中に直径 4cm 前後の碎石を敷き詰め、その周りにカバー用プラスチック製ネットを取り付けた人工産卵床（高橋 2006）は明瞭に判別することができたが、個々のオオクチバスの天然産卵床は識別できなかつた。これは、人工産卵床は周囲の底質とは異なる碎石やカバー等から判別することが可能であるのに対し、天然の産卵床は底質が周囲と同様な砂の箇所におけるわずかな凹みや障害物等を識別する必要があるためである。しかし、サイドスキャンソナーにより底質や障害物に加え、底質の状況によっては波浪の影響を捉えられるため、これらを総合的に判断することによりオオクチバスの産卵場をエリアとして絞り込むことは可能である。

伊豆沼はオオクチバス等防除モデル事業の対象地として選定され、今後本格的な防除に着手する予定となっている。中井（2006）は、外来魚の生息抑制を求める水域で大切なのは、どんな方法のどのような組み合わせがそれぞれの現場での実効性を高めるのか柔軟に検討することにある、と述べている。さらに、農林水産技術会議事務局（2003）は、「湖沼におけるコクチバス繁殖抑制マニュアル」の中で、湖沼でコクチバス *M. dolomieu* を減少させるためには、繁殖期に駆除努力を集中させが必要であると述べている。これは、目視で産卵床を確認し、（1）産卵床を守る雄を捕獲する、（2）産卵場周辺を移動する雌を捕獲する、（3）他魚を利用して産卵床中の卵を捕食させることを主体としたものであるが、いずれにしても産卵床を目視確認できることが前提となっている。したがって、潜水観察等により直接産卵場を観察することが困難な濁りの強い水域や広大なダム湖等においては、濁度や照度の影響を受けて、広範囲を簡易に探査することが可能なサイドスキャンソナーが有効であると考えられる。また、本調査の結果、水深 1m 程度の浅い水域でも底質を把握することが可能であることが確かめられたことから、ため池などの水深の浅い水域においても適用が可能な調査法と考えられる。

今後、より的確な産卵場調査につなげるためには、サイドスキャンソナーによりどの程度の大きさの産卵床が検出可能かを調べるほか、産卵場の条件として、実際の波浪の強弱とリップルの形状との関連についても検証していく必要があろう。

本手法による産卵場調査は、オオクチバスのより効率的な防除を推進する上で、有効な方法の一つとな

り得ると考えられる。

謝辞

本調査を行なうに当たり、バス・バスターズの方々には調査にご協力いただくとともに、有益な情報をご提供いただいた。ここに記して深謝の意を表する。

引用文献

- 安部倉完・堀道雄・竹門康弘. 2003. 京都市深泥池における魚類相の変遷と外来魚除去による個体群抑制効果. 関西自然保護機構会誌 25: 79-85.
- 鴨下智裕・岡村健. 2005. 底質調査における最近の技術動向について. 第 31 回底質浄化技術セミナーテキスト. 社団法人底質浄化協会: 58-63.
- 気象庁ホームページ. 2006. 電子閲覧室. 築館アメダス 1 年間の毎月の値. 2005 年の気象 (<http://www.data.kishou.go.jp/etrn/index.html>).
- 桐生透・深沢釣. 1982. 山梨県山中湖におけるオオクチバスの産卵床について. 水産増殖 30: 39-47.
- 小松輝久・佐川龍之・三上温子・松永大輔・五十嵐千秋・佐藤好史・庄野和隆・鴨下智裕. 2004. 高周波サイドスキャンソナーを利用した浅海域漁場海底マッピング:どこまでみれるか, 2004 年度水産海洋学会研究発表大会講演予稿集:1.
- 中井克樹. 2006. 情報・知見を生かすために～まとめに代えて～. 第 1 回外来魚意見交換会資料. 琵琶湖を戻す会: 16-17.
- 西川慶一. 2006. Scion Image の操作方法. 小島清嗣, 岡本洋一 (編). 画像解析テキスト改訂第 3 版. pp. 63-90. 羊土社, 東京.
- 農林水産技術会議事務局. 2003. 研究成果第 417 集「外来魚コクチバスの生態学的研究及び繁殖抑制技術の開発」. 農林水産技術会議事務局, 東京.
- 齋藤大・浅見和弘・入沢賢一. 2005. 水位低下式追い込み網による捕獲実験. 広報ないすいめん 39: 14-17.
- 齋藤大・宇野正義・伊藤尚敬. 2003. さくら湖 (三春ダム) の水位低下がオオクチバスの繁殖に与える影響. 応用生態工学 6: 15-24.
- 杉山秀樹. 2005. オオクチバス駆除最前線. 無明舎, 秋田.
- 高橋清孝・須藤篤史・花輪正一. 2003. 伊豆沼における効果的なバス駆除方法の開発. 第 2 回伊豆沼・内沼ゼニタナゴ復元プロジェクト会議. 宮城県伊豆沼・内沼環境保全財団, 宮城県.
- 高橋清孝. 2005. オオクチバス *Micropterus salmonides* 駆除の技術開発と実践. 日本水産学会誌 71: 402-405.
- 高橋清孝. 2006. 伊豆沼方式バス駆除方法の開発と実際. 細谷和海・高橋清孝 (編). ブラックバスを退治する—シナイモツゴ郷の会からのメッセージ. pp. 77-86. 恒星社厚生閣, 東京.

- 津村裕司. 1989. 産卵生態ならびに産卵場分布. 昭和 60~62 年度オオクチバス対策総合調査報告書. 滋賀県水産試験場研究報告 40: 27-38.
- 淀太我. 2002. 日本の湖沼におけるオオクチバスの生活史. 日本魚類学会自然保護委員会(編). 川と湖沼の侵略者ブラックバスーその生物学と生態系への影響. pp. 31-45. 恒星社厚生閣, 東京.
- 吉沢和俱. 1992. 成熟. ブラックバスとブルーギルのすべて: 外来魚対策検討委託事業報告書. pp. 55-62. 全国内水面漁業協同組合連合会, 東京.

Surveying of the spawning area for largemouth bass using the Side Scan Sonar

Hiroshi Saito^{1*}, Tomohiro Kamoshita², Akeshi Hiraide³, Yoshibumi Sato³,
Kentaro Shindo⁴ & Tetsuo Shimada⁴

¹ OYO Corporation Tohoku branch office, 3-21-2 Haginiomachi, Miyagino, Sendai, Miyagi 983-0043, Japan TEL 022-237-0471 FAX 022-237-0476 e-mail saitou-hirosi@yonet.ryo.co.jp

² OYO Corporation Tokyo head office, 2-61-5 Toro, Kita, Saitama, 331-8688, Japan

³ OYO Corporation head office, Ichigaya-building 4-2-6 Kudankita, Chiyoda, Tokyo 102-0073, Japan

⁴ The Miyagi Prefectural Izunuma-Uchinuma Environmental Foundation, 17-2 Shikimi, Kamihataoka, Wakayanagi, Kurihara, Miyagi 989-5504, Japan

* Corresponding author

Abstract The spawning area for largemouth bass was surveyed with the Side scan sonar in Lake Izunuma. Individual spawning spot for largemouth bass was not able to be distinguished in a sound image of the Side scan sonar alone. However, it was possible to estimate the influence of waves on the spawning area by identifying the ripple besides the division of the sediment and the structures. The range where the artificial spawning beds were installed and that was the main spawning area in Lake Izunuma was chiefly composed the sediment of sand only, and the influence of waves was weak. On the other hand, it was chiefly composed the sediment of sand and mud outside of the range where the artificial spawning beds were installed. It was guessed that the range composed of sand was under the influence of waves from the situation of a surrounding ripple. If it was 1m or more in depth, even in case of the turbid water, it was shown to be able to select the spawning area of largemouth bass and the smallmouth bass, and to become one of the effective methods to control the alien fishes.

Keywords: largemouth bass, Side Scan Sonar, spawning area

Received: September 27, 2006 / Accepted: February 4, 2007