

# 超小型発信機の外科的装着が放流サイズのキジハタ人工種苗の生残, 成長および発信機保持に及ぼす影響

誌名	水産増殖 = The aquiculture
ISSN	03714217
著者	飯野, 浩太郎 町, 敬介 福西, 悠一 荒井, 修亮 市川, 光太郎 三田村, 啓理
巻/号	66巻4号
掲載ページ	p. 321-324
発行年月	2018年12月

超小型発信機の外科的装着が放流サイズの  
キジハタ人工種苗の生残、  
成長および発信機保持に及ぼす影響

飯野浩太郎<sup>1,\*</sup>・町 敬介<sup>1</sup>・福西悠一<sup>1</sup>・荒井修亮<sup>2,3</sup>  
市川光太郎<sup>2,3</sup>・三田村啓理<sup>3,4</sup>

Effect of surgical implant of micro  
acoustic transmitter on survival, growth  
and tag retention of red-spotted grouper,  
*Epinephelus akaara*,  
juveniles at actual release size

Kotaro IINO<sup>1,\*</sup>, Keisuke MACHI<sup>1</sup>, Yuichi FUKUNISHI<sup>1</sup>,  
Nobuaki ARAI<sup>2,3</sup>, Kotaro ICHIKAWA<sup>2,3</sup> and  
Hiromichi MITAMURA<sup>3,4</sup>

**Abstract:** Micro acoustic transmitters (0.42 g in air) were surgically implanted into the peritoneal cavity of red-spotted grouper juveniles (75.0–90.7 mm in total length), then the survival and growth were compared among three treatments (implanted, sham control and control, each  $n = 32$ ). Tag retention was also evaluated. As a result, both survival rate and tag retention rate were 100%. There was no significant difference in growth among the three treatments. These results show that acoustic telemetry using micro acoustic transmitters can be applied to red-spotted grouper juveniles at actual release size.

**Key words:** Red-spotted grouper; Micro acoustic transmitter; Actual release size; Surgical implant

栽培漁業において、放流場所の選定は、種苗の放流後の成長や生残に影響を及ぼす重要な要素の一つである。捕食者が少ない、隠れ家がある、餌生物が豊富であるといった好適な環境を有する成育場に放流できなければ、放流直後の被食や飢餓などによる減耗により放流効果は低くなる (Yamashita and Yamada 1999)。人工種苗を成育に適した場所へ放流することで放流効果を向上させた事例は多い。例

えばトラフグ *Takifugu rubripes* では、天然の稚魚の成育場である河口域や干潟域に放流する方が、再捕率や回収率が高いことが報告されている (阿知波 2004; 松村 2005)。また、ホシガレイ *Verasper variegatus* では、底質、水温、塩分および餌生物の密度といった条件が適した場所に放流することによって、成長が速まり、回収率が向上した (和田 2007)。こうした適地の探索には、餌生物の分布や底質といった放流海域の環境条件の把握のほか、放流後の種苗がどのように移動し、どのような場所を好んで利用するのか、また、行動範囲はどれくらいかといった行動生態に関する知見も重要となる。

魚類の行動生態を調べる上で、個体ごとの移動や生息域の時空間的な利用を連続的に追跡することができるバイオテレメトリーは、様々な魚類の研究に用いられている (井谷ら 2005; Mitamura et al. 2005, 2009)。栽培漁業対象種については、アカアマダイ *Branchiostegus japonicus*、シロクラベラ *Choerodon schoenleinii*、ホシガレイの人工種苗について、好んで生息する場所、活動の日周性、回遊行動などが調べられているもの (Yokota et al. 2006; Kawabata et al. 2007; Wada et al. 2017)、いずれも実際の放流サイズよりも大きい個体を用いられている。従来の発信機は小さいものでも長さ20.5 mm、直径7 mm、水中重量0.8 g (V7-4L, Vemco) であり (Mitamura et al. 2009)、全長100 mm を下回る人が多い放流サイズ (国立研究開発法人水産研究・教育機構 2018) の人工種苗には装着が困難であった。さらに魚体サイズが大きくなれば行動範囲や遊泳能力も異なると考えられることから、必ずしも放流種苗の行動特性を反映していない可能性がある。しかし、近年、超小型の発信機が開発されたことから、小さなサイズの魚類を用いたバイオテレメトリーによる研究が報告されている。Clark et al. (2016) は尾叉長110 mm、体重10 g 程度のベニザケ *Oncorhynchus nerka* スモルトが降河する時の速度や生残を調査したほか、Klaminder et al. (2016) は110 mm 程度の European perch *Perca fluviatilis* について薬剤暴露が湖での行動範囲や生息場所に与える影響を調べた。栽培漁業対象種においても、これまでは装着が困難であった放流サイズの人工種苗に超小型発信機を装着することで、放流時期における放流直後の移動や生息域の利用状況について、より実態に近い情報を得られると考えられる。ただし、100 mm を下回るサイズの魚類における発信機の装着の影響を調べた知見は、一部のサケ科魚類 (Liss et al. 2016) を除いてこれまでにない。発信機の装着による死亡、成長不良や遊泳異常がある場合、天然海域での行動生態の調査において、本来とは異なる行

2018年8月3日受付; 2018年9月25日受理。

<sup>1</sup>富山県農林水産総合技術センター水産研究所 (Fisheries Research Institute, Toyama Prefectural Agricultural, Forestry and Fisheries Research Center, Namerikawa, Toyama 936-8536, Japan).

<sup>2</sup>京都大学フィールド科学教育研究センター (Field Science Education and Research Center, Kyoto University, Kyoto, Kyoto 606-8502, Japan).

<sup>3</sup>CREST, JST (CREST, Japan Science and Technology Agency, Gobancho, Chiyoda-ku, Tokyo 102-0076, Japan).

<sup>4</sup>京都大学大学院情報学研究所 (Graduate School of Informatics, Kyoto University, Kyoto, Kyoto 606-8501, Japan).

\*連絡先 (Corresponding author): Tel, 076-475-0036; Fax, 076-475-8116; E-mail, kotaro.iino@pref.toyama.lg.jp (K. Iino).

動を放流種苗の行動特性として捉えてしまうおそれがあるため、前もって影響の有無を確認する必要がある。

キジハタ *Epinephelus akaara* は、全長50～100 mm 程度で年間96万尾が放流されている重要な栽培漁業対象種である(国立研究開発法人水産研究・教育機構 2018)。バイオテレメトリーによる研究については、これまで魚礁域における成魚の行動しか知見がない(井谷ら 2005)。そこで、飼育試験により、発信機の装着が放流サイズのキジハタ人工種苗の生残、成長に与える影響や発信機の脱落の有無について調べ、将来的なバイオテレメトリーによる種苗の行動追跡調査の可能性について検討した。

飼育試験には、富山県農林水産総合技術センター水産研究所で生産したキジハタ人工種苗を用いた(町 2018)。供試魚には全長 $82.9 \pm 3.2$  mm (平均 $\pm$ 標準偏差)のキジハタ人工種苗96個体を用い、試験開始前に0.1 ml/l に設定した2-フェノキシエタノール(和光純薬株式会社)で麻酔し、全長および体重を測定した後、試験区ごとに処理を施した。

試験区は、Mitamura et al. (2005) に従ってダミー発信機を外科的手術により腹腔内に挿入後縫合した装着区(Implanted)、開腹と縫合のみを行った手術区(Sham control)、無処理の対照区(Control)とし、各4試行設定した。ダミー発信機はVemco社のV4(長さ11 mm、高さ3.6 mm、幅5.7 mm、空中重量0.42 g)と同型、同重量とした。供試魚の体重は $10.2 \pm 1.2$  g であり、魚体重に対するダミー発信機の重量比は $4.2 \pm 0.5\%$  となった。各試験区で処理を施した後、通気した10 l パケツに供試魚を収容し、麻酔から回復次第、外側を黒色ビニールで覆った20 l 角型水槽計12基に8個体ずつ収容した。2017年10月30日に2試行分の48個体、同31日に残り2試行分の48個体を収容し、2017年12月21日まで(計52もしくは53日間)自然水温(14.0～20.7℃)で飼育した。試験期間中、各水槽の通水量は毎分1 l、通気量は毎分300 ml とし、毎日午前中に飽食量の配合餌料(おとひめ EP3, 日清丸紅飼料株式会社)を給餌し、その際、目視による遊泳状況の観察や死亡個体の有無の確認を行った。また、水槽底面の糞や残餌の掃除は、7～10日間隔でビニール製のホースを用いてサイフォンにより行った。掃除の際、装着区については水槽底面を観察し、ダミー発信機の脱落状況についても確認した。2017年12月21日にすべての個体を取り上げ、0.1 ml/l に設定した2-フェノキシエタノールで麻酔した後、全長および体重を測定した。装着区の個体はすべて開腹し、ダミー発信機の脱落についても調べた。

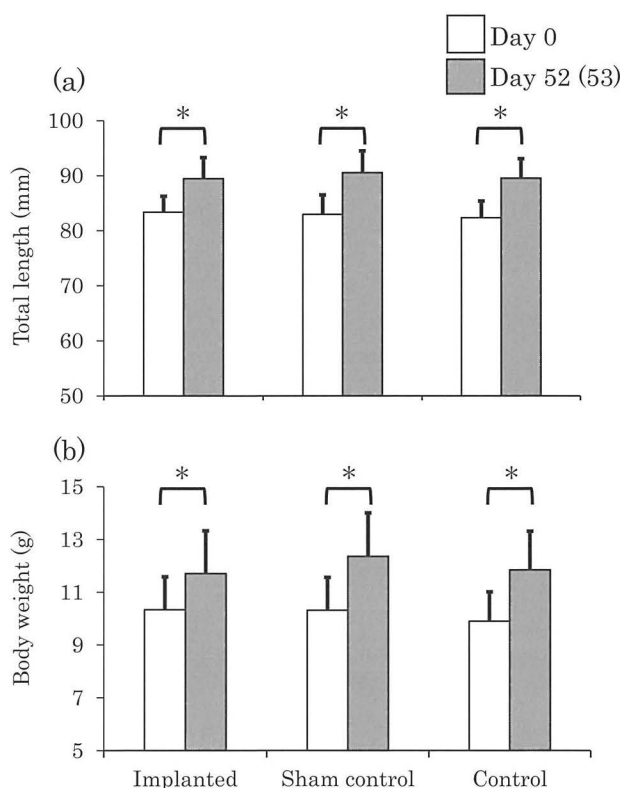
水槽への収容時、同じ試験区内の水槽間で全長、体重をクラスカル・ウォリス検定で比較したところ、有意差は認められなかった( $P > 0.05$ )。次にデータをプールし、試験区間で全長、体重を一元配置分散分析で比較したところ、試験区間においても全長、体重の差はなかった( $P > 0.05$ )。そのため、成長の違いは、取り上げ時の全長、体重を比較することにより調べた。また、取り上げ時の全長、体重の平均を開始時の平均で除することで、試験区ごとの成長率も算出した。

試験期間を通して、3試験区の計96個体すべてが生残した(Table 1)。装着区および手術区において、取り上げ時

に傷口の状態を観察したところ、全個体で傷口がふさがっていた。装着区の32個体について、ダミー発信機の脱落を調べたところ、脱落個体はいなかった(Table 1)。目視により摂餌や遊泳の様子を観察したところ、いずれの水槽においても、処理後4日から摂餌する個体が確認され、実験期間を通じて狂奔や遊泳異常といった行動は見られなかった。取り上げ時、同じ試験区内の水槽間で全長、体重に有意差は認められなかったため(クラスカル・ウォリス検定,  $P > 0.05$ )、試験区内の水槽のデータをプールした。取り上げ時における装着区、手術区、対照区の全長、体重はそれぞれ $89.5 \pm 3.8$  mm,  $11.7 \pm 1.6$  g,  $90.5 \pm 3.9$  mm,  $12.4 \pm 1.6$  g,  $89.5 \pm 3.5$  mm,  $11.8 \pm 1.5$  g で(Fig. 1)、いずれの試験区においても収容時に比べ有意に増加しており(マン・ホイットニー U 検定, 試験区の全長,  $U = 92, P < 0.001$ ; 試験区の体重,  $U = 242, P < 0.001$ ; 手術区の全長,  $U = 71, P < 0.001$ ; 手術区の体重,  $U = 152.5, P < 0.001$ ; 対照区の全長,  $U = 65.5, P < 0.001$ ; 対照区の体重,  $U = 134, P < 0.001$ )、試験区間では有意な差は認められなかった(一元配置分散分析,  $P > 0.05$ )。また、装着区、手術区、対照区における全長の成長率はそれ

**Table 1.** Survival and tag retention rate of implanted, sham control and control fish at the end of the experiment

Group	N	Survival rate (%)	Tag retention rate (%)
Implanted	32	100	100
Sham control	32	100	-
Control	32	100	-



**Fig. 1.** Mean (a) total length and (b) body weight of implanted, sham control and control fish for day 0 and 52 (53). Error bars represent standard deviations (S.D.). Significant differences ( $P < 0.05$ ) are indicated with\*.

ぞれ107.3%, 109.1%, 108.7%で、体重の成長率はそれぞれ113.3%, 119.8%, 119.6%であった。

本研究で得られた結果から、V4型発信機の腹腔内への外科的手術による装着は放流サイズ(約80 mm)のキジハタ人工種苗の生残、成長に影響を及ぼさないことがわかり、発信機の脱落もないことが確認された(Table 1, Fig. 1)。また、狂奔や遊泳異常のような行動も見られなかったことから、少なくとも本試験と同サイズの人工種苗を用いれば、天然海域でバイオテレメトリーによる放流種苗の追跡調査が可能であると考えられる。

発信機の装着方法としては、外科的手術のほか、体外装着、嚥下による消化管への挿入が知られている(Mellas and Haynes 1985)。キジハタ幼魚は岩礁内部に潜入することが多いため(玉木 2000; 佐々木ら 2009)、体外装着は放流後に脱落する可能性が高いと考えられる。また、嚥下による消化管への挿入は、長期間装着する場合、吐き戻して発信機の喪失につながる可能性があることから(Mellas and Haynes 1985)、放流サイズのキジハタにおいては、外科的手術により腹腔内へ装着する方法が適当と考えられる。

キジハタは瀬戸内海や日本海などで盛んに種苗放流が行われており(国立研究開発法人水産研究・教育機構 2018)、人工種苗の放流後の生態に関しては、潜水観察による研究が多い(萱野ら 1998, 2001; 奥村ら 2003; 青山ら 2008; 佐々木ら 2009)。しかし、潜水観察は目視によって行われるため、奥村ら(2003)や佐々木ら(2009)は、生息密度の過小評価の可能性を示唆している。また、断続的で限られた時間帯の情報しか得られず、放流種苗がいつ、どのような場所を利用しているのか、連続的なデータの収集は困難であるため、放流直後の移動の詳細、場所の嗜好性、行動範囲、成長に伴う生息域のシフトなどについては知見が少ない。バイオテレメトリーを用いて個体ごとに連続的に行動を追跡することにより、放流直後の行動特性や生息域の時空間的利用に関して詳細な情報を得ることが可能となる。こうした情報を基に、放流に適した場所や時間をきめ細やかに選定することで、放流直後の減耗の抑制につながると考えられる。

また、Masuda et al. (2012) は、キジハタ資源の保護には禁漁区のような保護区域の設定が適しており、そのためには季節および産卵回遊を含めた生息範囲の解明が必要であると述べている。成魚よりも減耗しやすいと考えられる幼稚魚の行動範囲がわかることで、成長に伴う変化を考慮した資源管理にも貢献することが期待される。

本研究で用いた発信機の電池寿命は、発信間隔によって異なり、例えば平均20秒間隔であれば1か月程度、平均2050秒間隔であれば最長の3か月程度となる。発信機の使用や設定にあたっては、研究の目的や対象種の生態的特徴に合わせて使い分ける必要がある。

栽培漁業対象種は異体類、アカアマダイ、オニオコゼ *Inimicus japonicus* など、多岐にわたっているものの(国立研究開発法人水産研究・教育機構 2018)、多くの対象種において放流適地や放流後の行動は解明されていない。バイオテレメトリーは、放流種苗の移動や行動生態を明らかにし、

放流適地を探索する上で有効な手法となりうるが、発信機装着の影響やハンドリングに対する強さは種ごとに異なる可能性がある。そのため、他の対象種への展開にあたっては、種ごとに装着の影響を調べる必要がある。

## 謝 辞

飼育試験の実施に際しては、富山県農林水産総合技術センター水産研究所の関係諸氏にご高配を賜った。

## 文 献

- 阿知波英明(2004)伊勢湾、三河湾で標識放流したトラフグ人工種苗の分布・移動。日水誌, **70**, 304-312. [Achiha, H. (2004) Distribution and migration of hatchery-reared ocellate puffer *Takifugu rubripes* released in Ise and Mikawa Bays. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **70**, 304-312 (in Japanese with English abstract).]
- 青山 智・藤澤真也・瀧岡仁志・川畑智彦・伊藤 靖・柿元 皓(2008)貝殻を利用した幼稚魚保護育成施設の開発。海洋開発論文集, **24**, 321-326. [Aoyama, S., S. Fujisawa, H. Takioka, T. Kawabata, Y. Ito and H. Kakimoto (2008) Development of nursery institution with shell for young fish. *Annual Journal of Civil Engineering in the Ocean*, **24**, 321-326 (in Japanese with English abstract).]
- Clark, T. D., N. B. Furey, E. L. Rechisky, M. K. Gale, K. M. Jeffries, A. D. Porter, M. T. Casselman, A. G. Lotto, D. A. Patterson, S. J. Cooke, A. P. Farrell, D. W. Welch and S. G. Hinch (2016) Tracking wild sockeye salmon smolts to the ocean reveals distinct regions of nocturnal movement and high mortality. *Ecol. Appl.*, **26**, 959-978.
- 井谷匡志・尾崎 仁・濱中雄一(2005)魚礁域に放流したキジハタの超音波バイオテレメトリーによる追跡。京都府立海洋センター研究報告, **27**, 5-12. [Itani, M., H. Ozaki and Y. Hamanaka (2005) Behavior of the red spotted grouper, *Epinephelus akaara*, around artificial reefs, tracked using ultrasonic biotelemetry. *Bull. Kyoto Inst. Ocean. Fish. Sci.*, **27**, 5-12 (in Japanese with English abstract).]
- 萱野泰久・林 浩志・田中文裕・片山敬一(1998)瀬戸内海白石島海洋牧場に生息する魚類の生活様式とキジハタ放流魚の生態。栽培漁業技術開発研究, **27**, 27-34. [Kayano, K., H. Hayashi, T. Tanaka and K. Katayama (1998) Ecological life modes of native fishes and artificial red spotted grouper released within the Shiraishi-Jima marine ranching area of the Seto Inland Sea. *Saibai Giken*, **27**, 27-34 (in Japanese).]
- 萱野泰久・林 浩志・片山貴之(2001)音響馴致放流したキジハタの人工魚礁域における滞留状況。水産工学, **38**, 185-191. [Kayano, K., H. Hayashi and T. Katayama (2001) Colonization of artificial reefs by released juvenile grouper, *Epinephelus akaara* (Temminck et Schlegel) using an acoustic-sound feeding method. *Fish. Eng.*, **38**, 185-191 (in Japanese with English abstract).]
- Kawabata, Y., J. Okuyama, H. Mitamura, K. Asami, K. Yoseda and N. Arai (2007) Post-release movement and diel activity patterns of hatchery-reared and wild black-spot tuskfish *Choerodon schoenleinii* determined by ultrasonic telemetry. *Fish. Sci.*, **73**, 1147-1154.
- Klaminder, J., G. Hellström, J. Fahlman, M. Jonsson, J. Fick, A. Lagesson, E. Bergman and T. Brodin (2016) Drug-induced behavioral changes: using laboratory observations to predict field observations. *Front. Environ. Sci.*, **4**, 81.
- 国立研究開発法人水産研究・教育機構(2018)平成28年度栽培漁業・海面養殖用種苗の生産・入手・放流実績(全国)～資料編～。国立研究開発法人水産総合研究センター, 横浜, pp. 95-226.
- Liss, S. A., R. S. Brown, K. A. Deters, R. W. Walker, Z. D. Deng, M. B. Eppard, R. L. Townsend and A. G. Seaburg (2016) Mortality, transmitter retention, growth, and wound healing in juvenile salmon injected with micro acoustic transmitters. *Trans. Am. Fish. Soc.*, **145**, 1047-1058.

- 町 敬介 (2018) キジハタ・アカムツ種苗生産加速化研究, キジハタ. 平成29年度富山県農林水産総合技術センター水産研究所年報 (印刷中).
- Masuda, R., K. Matsuda and T. Tanaka (2012) Laboratory video recordings and underwater visual observations combined to reveal activity rhythm of red-spotted grouper and banded wrasse, and their natural assemblages. *Environ. Biol. Fish.*, **95**, 335-346.
- 松村靖治 (2005) 有明海におけるトラフグ *Takifugu rubripes* 人工種苗の当歳時の放流効果と最適放流方法. 日水誌, **71**, 805-814. [Matsumura, Y. (2005) Optimal release strategy of hatchery-produced ocellate puffer *Takifugu rubripes* in Ariake Sound by mark-recapture experiments, based on the stocking effectiveness for young-of-the-year. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **71**, 805-814 (in Japanese with English abstract).]
- Mellas, E. J. and J. M. Haynes (1985) Swimming performance and behavior of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) and white perch (*Morone americana*): effect of attaching telemetry transmitters. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **42**, 488-493.
- Mitamura, H., N. Arai, Y. Mitsunaga, T. Yokota, H. Takeuchi, T. Tsuzaki and M. Itani (2005) Directed movements and diel burrow fidelity patterns of red tilefish, *Branchiostegus japonicus*, determined using ultrasonic telemetry. *Fish. Sci.*, **71**, 491-498.
- Mitamura, H., K. Uchida, Y. Miyamoto, N. Arai, T. Kakihara, T. Yokota, J. Okuyama, Y. Kawabata and T. Yasuda (2009) Preliminary study on homing, site fidelity, and diel movement of black rockfish *Sebastes inermis* measured by acoustic telemetry. *Fish. Sci.*, **75**, 1133-1140.
- 奥村重信・萱野泰久・草加耕司・津村誠一・丸山敬悟 (2003) ホタテガイ貝殻を利用した人工魚礁へのキジハタ幼魚の放流実験. 日水誌, **69**, 917-925. [Okumura, S., Y. Kayano, K. Kusaka, S. Tsumura and K. Maruyama (2003) Experimental release of juvenile red spotted grouper *Epinephelus akaara* into the artificial reefs made of scallop *Patinopecten yessoensis* shells. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **69**, 917-925 (in Japanese with English abstract).]
- 佐々木智史・宮川昌志・神田 優・安部昌明・山岡耕作・末永慶寛 (2009) 瀬戸内海伊吹島におけるキジハタ放流人工種苗と天然当歳魚の生態. *Eco-Engineering*, **21**, 15-26. [Sasaki, T., M. Miyagawa, M. Kanda, M. Abe, K. Yamaoka and Y. Suenaga (2009) Ecological study on released artificial and natural juveniles of the red-spotted grouper at Ibuki-jima island in Seto Inland Sea. *Eco-Engineering*, **21**, 15-26 (in Japanese with English abstract).]
- 玉木哲也 (2000) 兵庫県但馬沿岸におけるキジハタの行動とすみ場. 水産工学, **37**, 63-65. [Tamaki, T. (2000) Behaviour and habitat of the red spotted grouper *Epinephelus akaara* by underwater observation at Tajima coast of Hyogo Prefecture in Japan Sea. *Fish. Eng.*, **37**, 63-65 (in Japanese with English abstract).]
- 和田敏裕 (2007) 栽培化による資源再生へ向けた希少種ホンガレイの生態解明. 博士論文, 京都大学, 京都, pp. 68-112.
- Wada, T., K. Kamiyama, H. Mitamura and N. Arai (2017) Horizontal movement and emigration of juvenile spotted halibut *Verasper variegatus* released in a shallow brackish lagoon: Matsukawa-ura, northeastern Japan, revealed by acoustic telemetry. *Fish. Sci.*, **83**, 573-585.
- Yamashita, Y. and H. Yamada (1999) Release strategy for Japanese flounder fry in stock enhancement programs. In "*Stock Enhancement and Sea Ranching*" (ed. by B. Howell, E. Moksness and T. Svasand), Blackwell Science, Oxford, pp. 191-204.
- Yokota, T., H. Mitamura, N. Arai, R. Masuda, Y. Mitsunaga, M. Itani, H. Takeuchi and T. Tsuzaki (2006) Comparison of behavioral characteristics of hatchery-reared and wild red tilefish *Branchiostegus japonicus* released in Maizuru Bay by using acoustic biotelemetry. *Fish. Sci.*, **72**, 520-529.