

# JAMSTEC 船を使ったウナギ産卵生態研究の展望

○塚本勝巳（日本大学）

白鳳丸による 2009 年の天然ウナギ卵発見で、古代ギリシャのアリストテレス以来 2400 年続いたウナギ産卵場の謎は完全に結着したといえます (Tsukamoto et al. 2011)。しかしこれは単に産卵地点が特定されたに過ぎず、例えば、「産卵地点にはどのような物理化学的特性（湧昇流、内部潮汐、地磁気、化学物質など）があるか」、「広大な深海の中で雄と雌はどのようにして出会うことができるのか」、「一体何匹くらいの親ウナギが産卵に参加するか」、「そもそもなぜこのような大回遊を行い、決まった特異点で産卵しなければならないのか、その進化過程と意義は何か」などなど、本種の産卵生態の謎の大部分は依然として未解明のまま残っています。そこで私たちは、まずはウナギの産卵シーンを発見することを当面の目標に掲げ、ウナギの産卵回遊生態の解明に挑戦することにしました (Tsukamoto et al. 2013)。産卵行動は広くとも体育館ほどの狭い空間で、長くともわずか 2, 3 時間の内に終わってしまうと考えられています。この広い海の中のピンポイントで起こる瞬間のイベントを正確に予測できるようになることで、上記のさまざまな難問を解くヒントをつかむことができるのです。

これまでに白鳳丸以外の JAMSTEC 船によるウナギ産卵生態の研究航海は、計 6 回実施されています。特に 2011 年以降は、産卵親魚とウナギ卵の採集によって産卵場問題が結着し、目標がそれまでの産卵地点の特定から産卵シーンの発見に転換したために、しんかい 6500 やハイパードルフィン、ディープトウなどの高度な特殊観測機器を有する JAMSTEC 船の利用が多くなりました。2012 年のよこすかとしんかい 6500 の航海に続いて、2013, 2014, 2015 年と 3 回のなつしま航海がありました。2012 年にはディープトウにより不鮮明ながらも親ウナギの可能性大と考えられる映像の撮影に成功し (図 1, Tsukamoto et al. 2013)、2013 年と 2014 年には漂流型深海ビデオシステム UNA-CAM に囲として仕掛けた成熟ニホンウナギ雌のフェロモンに誘引されたウナギ目魚類の鮮明な映像を撮ることができました (Fukuba et al. 2015)。同時にウナギ以外のさまざまな深海生物の生態も解明されつつあります (Miller et al. 2014, 2015)。さらに 2014 年のなつしま航海においては、CTD 観測により塩分フロントの位置を推定し、第 3 象限仮説 (Aoyama et al. 2014) に基づいて 5 度目のウナギ卵の採集にも成功しました (図 2)。これらの成果は単に仮説の妥当性を証明するだけでなく、ウナギ産卵生態の研究の方向性が間違っていないことを示しているものと思われます。

しかし、西マリアナ海嶺と塩分フロントの交点の第 3 象限にウナギ卵が存在するという第 3 象限仮説によって予測される海域は、九州ほどの広さがあり (図 2)、さらに狭い範囲に絞り込まねば産卵シーンに到達することは難しいと考えられます。そこで、数値シミュレーションによって産卵海域の内部潮汐エネルギーの分布を推定してみたところ (図 3)、過去の航海で卵や孵化仔魚が採集された点と ADCP データから推定された親魚の推定産卵地点は、内部潮汐エネルギーの高い地点に一致していることが分かりました。これによって親魚が産卵する地点をより狭い範囲に絞り込むことができるようになりました。さらに、産卵前に親魚が第 3 象限に集まってくる様子を環境 DNA の手法を用いて探知する方法も 2015 年のなつしま航海から導入しましたが (図 3)、2 つの台風が産卵場に居座り、結局調査ができたのはわずか 2 日となってしまいましたが、3 点において親ウナギの反応らしきものを探知できました。

このことから、本法が海洋におけるウナギの産卵地点探索に有効であるとの自信を得ました。今後更に改良を重ね、この環境 DNA 法と内部潮汐シミュレーションを合わせて産卵地点を予測すれば、ウナギの産卵シーンを発見する確率が飛躍的に高くなるものと期待されます。

ウナギ卵と孵化仔魚は産卵海域の密度躍層最上部、水深 150m層に集積して存在することが分かっています。一方人工受精卵を用いたラボ実験から、産卵・受精から孵化までの 30 数時間の内に卵は数 10 m 浮上すると推定されるので、産卵自体は約 200m 層で起こると考えられます。これは産卵場におけるポップアップタグ装着の親ウナギの日周鉛直移動の水深とも一致し、またこの行動から産卵は夜間行われると予想されます。したがって潜水艇を用いて産卵行動を調査する際には、夜間に水深 200m 層を集中的に探索することが必要となります。規則として、また技術的にも潜水艇の夜間潜水の実施は難しいのが現状ですが、この壁をなんとか克服してウナギ産卵シーンの発見にこぎ着けたいと考えています。なお、本研究の成果はウナギの資源管理と完全養殖の確立に大きく貢献します(Okamura et al. 2014)。

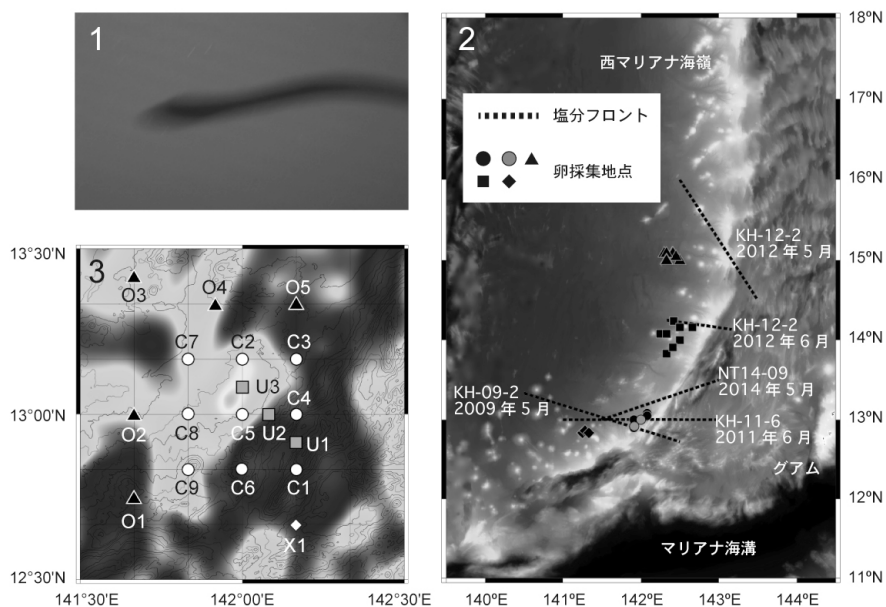


図1. 2012年7月17日20:13よこすか航海YK12-11において深度179mでディープトウにより観察されたウナギ産卵親魚の可能性のある魚影  
 図2. 第三象限仮説：塩分フロントと西マリアナ海嶺の交点の第三象限でウナギ卵が採集される (KH-09-2:2009年5月, KH-11-6:2011年6月, KH-12-2:2012年5月, KH-12-2:2012年6月, NT14-09:2014年5月)  
 図3. 2015年5月のなつしま航海NT15-08における調査測点 背景の明るい部分が内部潮汐エネルギーの高い地点 ○はCTD観測と採水地点、▲はORIネット曳網地点、■はUNA-CAMの放流地点、◇はX-CTD観測地点

Aoyama, J., S. Watanabe, M. J. Miller, N. Mochioka, T. Otake, T. Yoshinaga and K. Tsukamoto. (2014) Spawning sites of the Japanese eel in relation to oceanographic structure and the West Mariana Ridge PLoS One 9(2):e88759  
 Fukuba, T., T. Miwa, S. Watanabe, N. Mochioka, Y. Yamada, M. J. Miller, M. Okazaki, T. Kodama, H. Kurogi, S. Chow, K. Tsukamoto. (2015) A New Drifting Underwater Camera System for Observing Spawning Japanese Eels in the Epipelagic Zone along the West Mariana Ridge. Fisheries Science 81(2):235-246.  
 Miller, M. J., S. Koyama, N. Mochioka, J. Aoyama, S. Watanabe and K. Tsukamoto. (2014) Vertical body orientation of a snipe eel (Nemichthyidae, Anguilliformes) in the deep mesopelagic zone along the West Mariana Ridge. Marine and Freshwater Behaviour and Physiology 14(4):265-272.  
 Miller, M. J., T. Miwa, N. Mochioka, S. Watanabe, Y. Yamada, T. Fukuba, K. Tsukamoto. (2015) Now you see me, now you don't: observation of a squid hiding in its ink trail. Marine Biodiversity 45:149-150.  
 Okamura, A., N. Horie, N. Mikawa, Y. Yamada and K. Tsukamoto. (2014) Recent advances in artificial production of glass eels for conservation of anguillid eel populations. Ecology of Freshwater Fish 23:95-110.  
 Tsukamoto, K., S. Chow, T. Otake, H. Kurogi, N. Mochioka, M. J. Miller, J. Aoyama, S. Kimura, S. Watanabe, T. Yoshinaga, A. Shinoda, M. Kuroki, M. Oya, T. Watanabe, K. Hata, S. Ijiri, Y. Kazeto, K. Nomura and H. Tanaka. (2011) Oceanic spawning ecology of freshwater eels in the western North Pacific. Nature Communications. DOI: 10.1038/ncomms1174.  
 Tsukamoto, K., N. Mochioka, M. J. Miller, S. Koyama, S. Watanabe and J. Aoyama. (2013). Video observation of an eel in the *Anguilla japonica* spawning area along the West Mariana Ridge. Fisheries Science 79:407-416.