

人工魚礁の配置が 蛸集効果の範囲に与える影響

大塚 岬

1. はじめに

人工魚礁とは魚介類の蛸集や保護培養を目的として海底に設置される人工構造物である。海底に岩石等の構造物を設置することで好漁場を造成する技術は、古くから漁民によって利用されてきた。「石塚」や「柴漬け」、「石窯」が代表的な例である（柿元，1998）。現在ではコンクリートや鋼材などで構成された一辺が2～5m程度の立方体や台形のものが広く使用されている。

人工魚礁は次の機能があるとされている。

- ①物陰に隠れる性質を持つ魚類の隠れ場
- ②小型の魚類に対する大型の捕食魚からの逃避場
- ③繁殖するための親魚の産卵場
- ④周辺の流れを弱めることで、遊泳力の弱い生物が蛸集する場
- ⑤プランクトンを食べる小型魚類が繁殖する場

また、柿元ら（2000）は摂餌場の造成を魚礁の機能のひとつとして挙げており、その要因として底質からの有機物の巻き上げのためとしている。巻き上げられた有機物はプランクトン等の餌となり、さらにそれらを餌とする魚類を蛸集させると考えられるためである（本稿では、人工魚礁によって魚類を蛸集させることを蛸集効果とする）。底質の巻き上げを発現させるためには、魚礁を集中的に設置して流れの乱れを大きくすることや、魚礁の形状や配置を工夫することで上昇流を発生させることが有効である。このように、人工魚礁の配置と蛸集効果は関係していると言えるが、人工魚礁の複雑な形状や大きさなどによって生ずる流れが複雑であることから、不明な点が多く、現在でも成果の蓄積が期待されている。そこで本稿では、人工魚礁の配置の違いが蛸集効果に対してどのような影響を与えるのか考察することにした。

2. 人工魚礁周辺の流れに関する研究

人工魚礁が与える環境への影響として最も顕著に表れる

環境因子は流れである。どのような流れが発生し、それらが生物に対してどのような影響を及ぼすのかを明らかにする必要がある。しかしながら、人工魚礁を流れの視点から研究されている既往知見は少ない。これまでの人工魚礁に関する研究は、餌生物分布と魚類の関係（柿元ら，1983）や人工魚礁に対する魚類の反応に関するものがほとんどである。人工魚礁の流れの変化について、魚礁形状ごとの抗力係数（*1）を測定することが一般的に行われている。例えば、大坂・山田（1979）が行った風洞実験のほか、畑山ら（2005）は人工魚礁設置に伴う流れの変化について、数値流体力学を用いて人工魚礁が作り出す流れ構造について解析した。王ら（1989）は水槽実験によって魚礁内部で細かい渦が発生し、外部では規模が大きい渦が発生することを観測した。このことは Oh *et al.*（2011）も指摘しており、さらに後流域では渦が縮小することを示した。このことから、魚礁の後流域には規模の大きい渦が発生しており、魚礁から離れていくにしたがって渦が縮小することが明らかである。この渦が観測される範囲は、流れの視点から見た魚礁の効果範囲であると考えられる。中村ら（2015）は実海域において濁度計と ADCP（超音波ドップラー多層流向流速計）を組み合わせた鉛直方向の2次元断面の観測を行い、人工魚礁周辺における濁度分布の可視化を試みた。その結果、渦発生に伴うと考えられる底質の巻き上げを観測した。しかし、その範囲についての定量的な評価はされていなかった。

3. 人工魚礁の蛸集効果に関する研究

人工魚礁の蛸集効果の範囲に関する研究の多くが、漁獲データを用いて直接的に評価している。例えば柿元（1967）と横山（1984）らの距離別の漁獲調査がある。柿元（1967）は出雲崎沖に設置された魚礁を対象に、蛸集効果がどの程度の範囲であるかを調査した。その結果、蛸集効果のある範囲は魚礁区域の端から200mと推定した。また、山内ら（2007）は横山（1984）が実施した

距離別の漁獲試験の資料から魚礁周辺での魚類分布を連続的かつ定量的に解析した。その結果から蛸集効果の範囲を推定する手法を提案し、魚種ごとの分布範囲を示した。また、魚礁の規模によるエゾメバルの分布の変化を検討した。魚礁の規模は余市町沖が 5,056 空³m で、島牧村沖が 2,512 空³m である。魚礁直近においては島牧村沖の魚礁の方が蛸集強度は強いが、余市町沖の魚礁の方が蛸集効果の範囲が大きいことが分かった。これは余市町沖の魚礁の規模が大きいために蛸集量が多くなり、蛸集効果の範囲が大きくなったためとしている。しかし、エゾメバルの蛸集量が大きくなった理由については明確に示されていない。

4. 考察

柿元（1967）は魚礁の蛸集効果の範囲は魚礁区域の端から 200m の海域、さらに副次的な効果を含めると 400 ~ 800m の範囲であるとした。このことは人工魚礁が有する機能は隠れ場や産卵場といった直接的に魚類を魚礁に蛸集させることだけでなく、比較的離れた場所においても発現していると言える。この要因のひとつとして魚礁の後流域で発生する渦と関係があると考えられる。魚礁後流域で発生した渦は、魚礁近傍で最大の渦を発生し徐々に縮小して小さな渦に分解しながら後流側に遷移し、海底との摩擦により消滅する。底質は相対的に渦強度の大きい魚礁近傍において強く巻き上げられ、渦強度が弱い後流域へと移流、拡散していく（図 1）。魚礁から発生した渦は底質に含まれる有機物を巻き上げることによって摂餌場としての機能を発現するが、渦のエネルギー分散過程でその渦が小さくなり、魚礁から離れるにつれて巻き上げの減少とともに蛸集効果も減少していくと考えられる。このことから、魚礁の後流域で発生する渦強度や流れの乱れを大きくすることは蛸集効果の範囲を拡大させると考えた。また、小池・大竹（2017）は人工魚礁の配列の違いがどのように流れに影響しているかを明らかにするため、同じサイズ（一辺 3m の立方体）のブロックが 3 行 × 5 列と 4 行 × 2 列で設置されている 2 つの人工魚礁を対象に調査した。その結果、配列数の多い 3 行 × 5 列の魚礁の方が、渦動粘性係数（*2）が大きくなった。このことから、魚礁の配列数を多く

することで乱れが大きくなり、その結果蛸集効果の範囲が拡大したと考えられる。このような観点から、今後も人工魚礁の配置と蛸集効果の範囲の関係について明らかにする必要があると考えている。

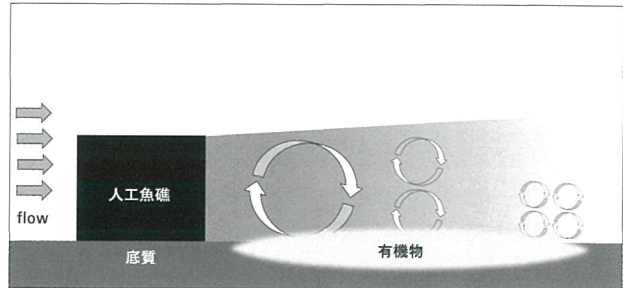


図1 人工魚礁後流域における底質の巻き上げ

*1 抗力係数：抗力を単位体積あたりの流体の運動エネルギーと代表面積で無次元化したもの。

*2 渦動粘性係数：乱流状態における見かけの運動粘性率のこと。平均流が x 軸方向で、y 軸方向の速度分布が $U(y)$ である乱流を考えると、レイノルズ応力 $\tau_{xy} = \rho \varepsilon (dV/dy)$ と書けるが、この ε を渦動粘性係数という。レイノルズ応力とは、乱れによって流れに作用する抵抗力を表す。なお、本稿での渦動粘性係数は流れが魚礁の影響を受けた際の乱れや渦の強さを表す指標とした。

参考文献

- 畑山純・光永靖・山根猛・住田裕里・松谷茂. 2005. CFD による人工魚礁周りの流れ解析. 2005 年度日本水産工学会学術講演会講演論文集, 3-4.
- 柿元皓. 1967. 人工魚礁の効果範囲について. 水産増殖, 14 (4) : 181-189.
- 柿元皓・大久保久直・板野英彬・新井健次. 1983. 魚礁における動物プランクトンの分布様式について. 水産土木, 19 (2) : 21-28.
- 柿元皓. 1998. 魚礁関連技術発達の経過と今後の方向. 日本水産工学会誌, 35 (2) : 139-144.
- 柿元皓・野田幹雄・津村憲. 2000. 人工魚礁の増殖的な機能. 北海道東海大学紀要理工学系, 13 : 19-24.
- 小池志門・大竹臣哉. 2017. 現地調査から見た人工魚礁の配列の違いによる流れへの影響. 日本水産工学会誌, 53 (3) : 139-147.
- 中村明日人・石橋一樹・市村康・城越徹矢・山地功二・末永慶寛. 2015. 実海域における人工魚礁の攪拌機能に関する定量的評価. 土木学会論文集 B3 (海洋開発), 71 (2) : 1197-1202.
- 大坂英雄・山田英巴. 1979. 人工魚礁の抗力係数に関する風洞実験による予測. 山口大学工学部研究報告, 143-146.
- 王成海・佐藤修・梨本勝昭・山本勝太郎. 1989. 人工魚礁部材模型の組み合わせによる後流域の流体力学的特性. 北海道大学水産学部研究彙報, 40 (3) : 182-192.
- Oh, T.G., Otake, S. and Lee, M.O. 2011. Estimating the effective wake region (current shadow) of artificial reefs. In: Bortone, A. S., Brandini, P. F., Fabi, G. and Otake, S. (eds.), *Artificial Reefs in Fisheries Management*. CRC press, 279-295.
- 山内繁樹・峰寛明・横山義勝・金田友紀. 2007. 人工魚礁における魚類分布の定量的表現による魚礁の効果範囲の推定. 2007 年度日本水産工学会学術講演会学術講演論文集, 179-182.
- 横山善勝. 1984. 昭和 58 年度大型魚礁効果調査報告書. 昭和 58 年度魚礁設置事業効果調査報告書並びに増殖場造成事業 (小規模) 効果調査報告書, 1-28.

