

水中ドローンを用いた魚礁効果の定量評価手法の開発

水産技術研究所 環境・応用部門 水産工学部 水産基盤グループ

研究の背景・目的

1. 本邦の沿岸域では、1971年から政府施策のもと、効率的な漁獲による地域漁業への貢献を期待して、人工魚礁（以下、魚礁）による漁場造成が積極的に進められてきました。魚礁の適切な整備と維持管理のためには、継続的なモニタリングと魚類の増集状況の定量評価が不可欠です。これまで潜水観察、漁獲調査や魚群探知機等の既存手法による定量評価が行われ、魚礁潮上側に魚類が多く分布することが指摘されているものの、魚礁の効果範囲は十分に把握されていないことから、新たな魚礁効果の定量評価手法の開発が求められています。
2. 水産研究・教育機構（以下、水産機構）水産技術研究所水産工学部では、2018年から環境DNA分析による、DNA量を指標とした魚礁効果の定量評価手法の開発を行い、高層魚礁の効果範囲が魚礁から150m以内にあることを明らかにしました（Sato et al. 2021）。しかし、環境DNA分析は種の検出感度が高いという長所がある一方で、成長段階情報を取得できないために個体数や密度への換算が難しく、また、得られた魚礁効果範囲はDNAの輸送や分解の影響を受けており、その空間分解能が高くないという短所もありました。
3. 近年、既存のROV（遠隔操作型有線無人潜水機）よりも小型、安価で操作が簡便な水中ドローンが普及し、水中の生物観察が格段に容易になりました。水中ドローンで魚礁をビデオ観察することで、環境DNA分析の短所を補うような、個体数や密度ベースの高解像度の分布データを入手できると期待されることから、2021年から水中ドローンを用いた魚礁効果の定量評価手法の開発を開始しました。2021年10月の調査では、水産機構調査船たか丸により、館山湾の2基の高層魚礁（AR1: 高さ30m、設置水深72m、AR2: 高さ20m、設置水深62m）の潮上、潮下側で、濁度や光量子量を観測しながら、水中ドローンに搭載されたモノラルカメラを用いて、垂直ライントランセクトでの撮影を行いました（図1）。取得した環境データから水中ドローンが魚を視認できるサンプリング体積を推定し、取得画像を解析することで、体積密度（尾/m³）ベースでの魚類相の二次元分布を把握する手法を開発し、魚礁効果範囲を予測しました。また、同魚礁か

ら海水を採水して環境DNA分析を行い、両手法から得られるデータの特徴を整理しました。

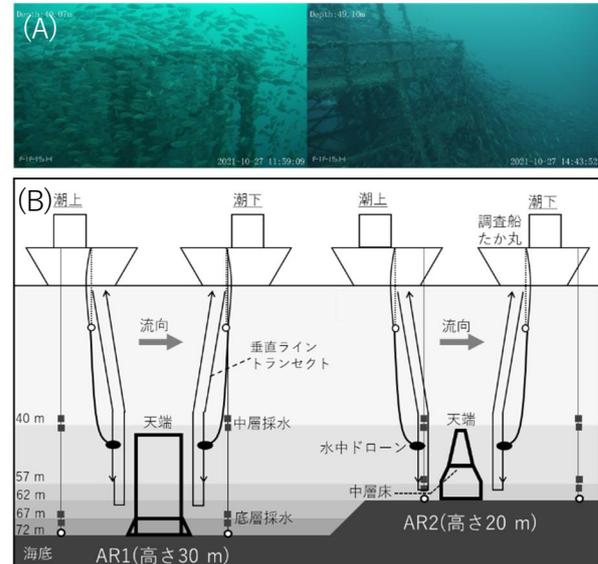


図1. AR1の天端（左）とAR2の中層床（右）に増集する優占種イサキの群れの水中写真（A）、調査の模式図（B）。

研究成果

1. 環境DNA分析では底生魚と浮魚を含む95種と6属の魚種が検出されたのに対して、水中ドローンでは底生魚のみ計21種と1属が検出されました。このことから、水中ドローンでは移動性の高い浮魚や小型魚の観察は難しく、人工魚礁への寄り付き度合の高い定着性魚類が主な評価対象となることが分かりました。水中ドローンではイサキが優占種と判別され、この結果は環境DNA分析と一致していました。
2. 画像解析によって、魚礁近傍の魚類の種多様度と種毎の体積密度の二次元分布を、0.5mグリッドの高解像度で明らかにすることができました（図2）。さらに、魚種によっては形態的特徴をもとに、環境DNA分析では不可能な成長段階や雌雄別に分布特性の把握ができました。既存研究と同様に（Inoue et al. 2022）、魚礁の潮上側で種多様度や魚類密度が高く、また複数の種が天端等の水平面に多く分布する傾向にあることが分かりました。イサキは、魚礁潮上側の中層、天端の順に多く分布していました。

3. 画像解析の結果をもとに、魚礁近傍の魚類分布の予測モデルを構築しました。その結果、種多様度と魚類密度に対する魚礁の効果範囲は、どちらも魚礁から約20m以内と予測され、0.5メートル単位のより詳細な分布予測が可能となりました(図3)。

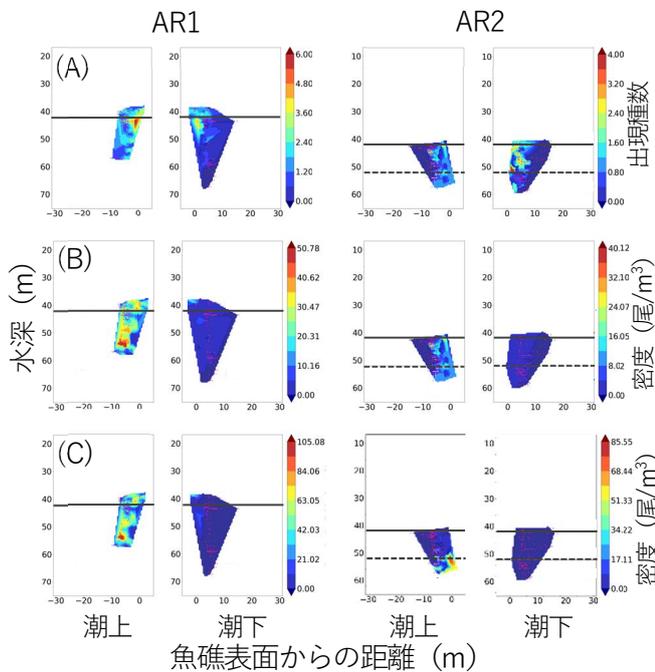


図2. 水中ドローンで観察されたAR1とAR2の潮上、潮下側の出現種数(A)、総魚類密度(B)、イサキ密度(C)の二次元分布。灰色実線は両魚礁の天端水深(42m)、灰色点線はAR2の中層床(52m)の水深をそれぞれ示す。

アウトカム

1. 水中ドローンを用いた画像解析によって、他の定量評価手法と比較可能な絶対量(体積密度)ベースで、底生魚の魚礁効果範囲を高解像度で推定することが可能となりました。魚礁の定量評価手法として水中ドローンを用いることで、環境DNA分析(個体数や密度での評価ができない、空間分解能が低い)、潜水観察(深い海域に適用できない)、漁獲調査(生物に侵襲的)、魚群探知機(種判別ができない、魚礁近傍や内部の観測が困難)といった既存技術の弱点を補うことができます。
2. 本研究は魚礁に焦点を当てた取り組みですが、定着性の高い水産種を対象とすれば汎用性は高いと期待され、藻場等の評価にも展開が可能です。比較的安価な機材を使用しており、導入が容易である点からも、魚類の新たな定量評価手法としての活用が期待され

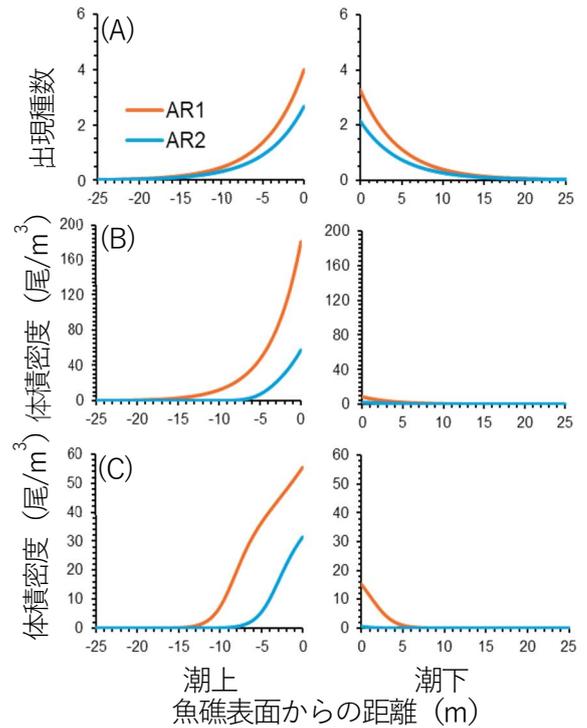


図3. AR1とAR2の潮上、潮下側の天端水深(42m)における出現種数(A)、総魚類密度(B)、イサキ密度(C)の予測分布。

ます。

引用文献

- Sato M, Inoue N, Nambu R, Furuichi N, Imaizumi T, Ushio M (2021) Quantitative assessment of multiple fish species around artificial reefs combining environmental DNA metabarcoding and acoustic survey. *Sci Rep* 11:19477
- Inoue N, Sato M, Furuichi N, Imaizumi T, Ushio M (2022) The relationship between eDNA density distribution and current fields around an artificial reef in the waters of Tateyama Bay, Japan. *Metabarcoding Metagenom* 6:e87415