HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Acoustic estimation of standing stock and distribution of hairtail Trichiurus japonicus in Bungo Channel, Japan [an abstract of entire text]
Author(s)	高, 宛愉
Description	この博士論文全文の閲覧方法については、以下のサイトをご参照ください。 https://www.lib.hokudai.ac.jp/dissertations/copy-guides/
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(環境科学)
Dissertation Number	甲第12364号
Issue Date	2016-06-30
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/62652
Type	doctoral thesis
File Information	Kao_Wanyu_summary.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

Acoustic estimation of standing stock and distribution of hairtail *Trichiurus japonicus* in Bungo Channel, Japan

（音響手法を用いた日本豊後水道域におけるタチウオ*Trichiurus japonicas*の現存量及び分布域の推定）

生物圏科学専攻　博士（環境科学）　氏　名　高　宛愉

タチウオ*Trichiurus japonicus*は、亜熱帯海域に生息する回遊性の底層性魚類であり、群集性で、１年で成熟して主に春と秋に産卵を行う。本種を含むタチウオ科魚類は、世界137ヵ国以上で漁獲されている水産重要種であり、北海道以南の日本沿岸域から東シナ海、朝鮮半島西岸および黄・渤海などのアジア諸国による漁獲が約80%を占めている。しかし、近年の漁獲努力量の増加に伴う乱獲による影響で漁獲量は急激に減少しており、特に日本における本種の生産の約40%を占める日本国内最大の漁場の豊後水道およびその周辺海域の漁獲量は減少が著しいことが報告されている。そのため、豊後水道およびその周辺海域の漁業関係者らは、資源管理施策などによる本種の資源回復を求めており、資源状態の指標の一つである分布や現存量の把握が必要とされている。しかし、従来の分布や現存量の推定には産卵量と単位漁獲努力量に基づく推定手法が一般的であり、多大な時間、労力、費用が必要となる。そのため現在まで本種の現存量推定に関する研究は少なく、豊後水道においても分布域や現存量は把握できていない現状にある。そこで、本研究では連続計測により広範囲に生物量を計測することが可能な計量魚群探知機（以下、計量魚探とする）を用いた音響手法に着目し、豊後水道の本種の分布と現存量およびその資源状態を明らかにすることを目的とする。

計量魚探を用いた音響手法による現存量の推定には、魚一尾あたりの音響反射強度をあらわすターゲットストレングス（以下、TSとする）が重要なスケールファクターとして必要不可欠である。そこで本研究では、まず本種一尾あたりの理論TSおよび実測TSを明らかにした。測定に用いたサンプルは、2014年7月に東京湾の富津市沿岸の深度約40 mにおいて釣り採集された12個体とした。理論TSは、軟X線照射装置(NAOMI, RF Co., Ltd.)及び画像処理システムからなる軟X線分析システムにより測定した本種の鰾の形態（長さ、高さ、角度）を回転楕円体モデル(PSM)に代入することにより求めた。実測TSは、水産総合研究センター水産工学研究所の大型球面波水槽において測定した。測定に用いた計量魚探はKJ1000(38kHz、KAIJO社製)とし、-20度から90度まで1度毎に姿勢角度を変え、本種の実測TSを測定した。なお、理論TSと実測TSともにタチウオの姿勢角頻度を考慮し、置換法により平均TSを求めた。鰾の形態観察の結果、長さは平均12.0 ± S.D. 2.4 cm、高さは平均1.0 ± S.D. 0.3 cmであった。鰾の角度は魚体に対して頭部側が少し上向きで、角度は平均3.8 ± S.D. 0.7°であった。これら鰾の形態を用いて求められた理論TSは姿勢角度3度付近において最大値となり、平均TSは理論TS = 20 log (PAL) - 84.4であった(PAL：肛門全長)。一方、実測TSも姿勢角度3度付近において最大値となり、平均TSは実測TS = 20 log (PAL) - 86.2であった。これら理論TSと実測TSの最大TS値の差は0.4±2.0 dB、最大TS値の姿勢角度差は0.40 ±1.17°で、理論TSと実測TSはほぼ一致しており強い相関がみられた(相関係数：0.70 － 0.89)。

この求められた実測の平均TSを用いた音響手法により豊後水道における本種の分布および現存量を明らかにした。調査は2007年から2013年にかけて、シーズン1（1－4月)、シーズン2（5－8月)、シーズン3(9－12月)の三期間を対象に合計16回の調査を実施した。計量魚探は2007－2011年調査ではKFC-3000（38kHz、ソニック社製)、2012－2013年調査ではKCE-300(38kHz、ソニック社製)を使用し、得られた音響情報から本種の面積後方散乱係数（s_a)を抽出した。本種のTSは、調査毎に釣獲サンプリングした個体の肛門全長を測

定して実測の平均TSの関係式から求めた。これら抽出されたs_aとTS値から1km²あたりの本種の現存量（t/km²）を求めた。なお、本調査海域における本種の最小サイズが肛門全長15cmであったことから、-69.3 dB以下の反応については解析から除外してs_aを求めた。現存量は、深度40mで補正したTS関係式（TS = 20 log (PAL)–90.8）を用いて推定した。総現存量は、豊予海峡北辺で主漁場（約119km²）とされる海域を対象に推定した。シーズン1における本種は水深40－340 mの海域に分布し、浅い海域(水深80m)と深い海域(水深250m)の両方に分布していた。一方、シーズン2は豊予海峡の北側の沿岸域の浅い海域（水深80m）に主に分布する傾向にあった。シーズン3では、本種の大部分が60－200mの間に分布していたが、250m以深でも分布が観察された。本種は2つ深度帯に分布し、それらが季節の変化とともに徐々に深い方へ移行していた。本種は、冬から春にかけて越冬回遊や春産卵のため深い海域に分布し、春から夏にかけて産卵を終えた個体が浅い海域に移動することや、夏から秋にかけて秋産卵や産卵を終えた個体が深い海域と浅い海域の両方に分布することが知られている。豊後水道においてもこのような本種の産卵などの生活史に合わせて分布が大きく変化していると考えられた。一方、音響手法により推定された総現存量は、2007年シーズン1から2008年シーズン2までは明確な季節変化がみられず、2009年以降はシーズン3が最も多く、次いでシーズン1、そしてシーズン2が最も少ないという明確な季節変化が見られた。また、2009年以後のシーズン1と2の総現存量は、それ以前に比べて減少していた。この季節変化がみられるようになった要因は2009年4月から実施された管理対策が、春群の産卵を保護するためには不十分であり、現在の漁業が春群の空間的な分布に影響を与えているためであると考えられた。

本研究で新たに提案した計量魚探を用いた音響手法による推定結果と、漁獲量を基にした従来の資源量推定手法であるコホート解析による推定結果とを比較したところ、豊予海峡周辺の総現存量は、コホート解析では2007年以降シーズン1に最も多くなり、次いでシーズン3、シーズン2に最も少ない傾向となっていた。この傾向は漁獲規制が実施された2009年以降も変わることなく同様の傾向がみられた。一方、音響手法では2007年から2008年までは季節変化がみられず、2009年以降にシーズン3に最も現存量が多くなる季節変化がみられた。コホート解析は成魚の漁獲量を基にしているため、漁獲規制後の新規加入量の増加が現存量推定に反映しきれていなかったことが、音響手法と分布傾向が異なっていた主たる原因の一つであると考えられた。漁獲に頼ることのない音響手法による本種の現存量推定は、漁獲規制などの資源管理方策の影響を受けて推定結果が変化することが少ないので、資源管理方策の効果などを従来の推定手法よりも的確に評価することができると考えられる。今後、音響手法とコホート解析を併用して資源量推定を実施することで、本種の生態を考慮した高度な資源管理が実現すると考えられる。