

岩手県沿岸の磯焼けがエゾアワビ鉤どり漁業の漁獲効率に及ぼす影響

渡邊隼人・堀井豊充・高見秀輝・小林俊将・西洞孝広

Effects of isoyake on the catchability coefficient of Ezo abalone *Haliotis discus hannai* hook fishing along the coast of Iwate Prefecture

Hayato Watanabe, Toyomitsu Horii*1, Hideki Takami*2, Toshimasa Kobayashi, and Takahiro Saido

Abstract

Since 2016, a wide range of coastal areas in Iwate Prefecture have been experiencing a long-term continuous occurrence of 'isoyake', a phenomena of inhibited seaweed growth, which is continuously appearing as of 2023. Based on the Ezo abalone *Haliotis discus hannai* fishery statistics from nine locations in Iwate Prefecture, the catchability coefficient of pre and post- isoyake is analyzed using the DeLury's method. It was revealed that the catchability coefficient after post-isoyake has increased by about twice as much as pre-isoyake. Since the change in catchability coefficient causes a large divergence in the estimated amount of resources, the resource may be overestimated which may lead to overfishing of the existing resources if the resource assessment is conducted without considering the isoyake and the following change in catchability coefficient.

Key words : *Haliotis discus hannai*, isoyake, resource management, catchability coefficient.

キーワード : エゾアワビ, 磯焼け, 資源管理, 漁獲効率

はじめに

エゾアワビ *Haliotis discus hannai* は、主に茨城県以北の太平洋沿岸、津軽海峡、北海道の日本海沿岸、朝鮮半島に分布する古腹足上目ミミガイ科の匍匐性の巻貝である¹⁾。本種は岩手県では11~12月に船上からの鉤どりや潜水漁業によって漁獲され、2015~2021年の漁獲量は年間90~344トンで推移しており(農林水産統計; <http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/kensaku/bunya6.html>)、沿岸漁業の中で最も重要な漁獲対象種の一つである。分布水深は漸深帯の浅所から水深20m以浅で、暖流系のクロアワビと異なり、表出する個体が多いため、鉤どりで漁獲することができる。

岩手県のエゾアワビ鉤どり漁業は、操業日が冬季の数日間に限定されている。また、操業に用いる竿は15mに及び、漁業者は船外機船の上から箱眼鏡で海底を覗き込みながら竿を操り、岩礁上の個体を採捕する。

そのため、船上から見えない岩礁や海藻の陰や竿の届かない深所に生息する個体は漁獲されない。

岩手県ではエゾアワビ漁獲量が減少傾向にあり、資源の持続的な利用と回復を図るため、国立研究開発法人水産研究・教育機構と連携して資源評価を実施している。各地区の漁獲データからVPA法及びDeLury法による資源解析を行い、当該地区の資源量及び漁獲率を推定している。

DeLury法は、漁期の進行に伴うCPUE(単位漁獲努力量あたり漁獲量)の減少傾向から資源量と漁獲効率(漁具能率)を推定する代表的な手法であるが、近年は加入や逸散の無い、閉じた資源の漁獲量-努力量データを用いた推定手法全般を指すのが一般的である²⁾。またDeLury法は漁獲効率を漁期内で一定と仮定して計算される場合が多いが、実際には種々の条件により変動するため、様々な修正や拡張が試みられてきた³⁻⁹⁾。

*1 (国研) 水産研究・教育機構水産資源研究所研究管理部 (Research Management Division, Fisheries Resources Institute, Japan Fisheries Research and Education Agency, Yokohama, Kanagawa 236-8648, Japan)

*2 (国研) 水産研究・教育機構水産資源研究所社会・生態系システム部 (Socio-Ecological Systems Division, Fisheries Resources Institute, Japan Fisheries Research and Education Agency, Shioyama, Miyagi 985-0001, Japan)

一方、岩手県沿岸でエゾアワビ鉤どり漁業の漁獲効率を変動させる要因の一つとして、漁場におけるマコンブなどの大型海藻の繁茂状況が挙げられる。海藻が多く繁茂している場合、エゾアワビは広範囲の海藻群落内およびその周辺に分布しており¹⁰⁾、海藻に隠されているため船上からは発見されにくく、また鉤どりの竿が届かない深所にも生息域が広がることから漁獲されにくいと考えられる。一方、海藻が少ない場合には、潮下帯上部などの浅所に形成される小規模な海藻群落に集中して分布するため¹¹⁾、船上からの発見や漁獲は比較的容易となろう。

2016年から岩手県沿岸の広範囲で海藻がほとんど繁茂しない、いわゆる「磯焼け」が、過去に例が無いほど長期に亘り発生しており、2023年現在も継続している¹²⁻¹⁴⁾。したがって、エゾアワビがより漁獲されやすい状況が続いているものと考えられる。

本研究では、岩手県内各地の漁獲統計資料を基に、DeLury法によって磯焼け発生前後の漁獲効率を比較した。

材料と方法

資料

資料として、岩手県内9地区のエゾアワビ鉤どり漁業に関する漁獲統計資料を用いた。資料には、操業日別に操業者数、操業時間およびエゾアワビ漁獲量が漁場別(専属・入会)に記録されている。このうち近隣地区の漁業者と同所・同時に操業する入会漁場は漁場内の漁獲努力量および漁獲量の把握が困難なため、本報告では専属漁場のみを解析の対象とした。また資料として用いることが可能な期間(漁獲統計資料が整っている期間)は地区により異なり、長い地区では34年間(1988~2022年)、短い地区では11年間(2012~2022年)である。また東日本大震災の発生年である2011年には大津波によって多くの漁船が被災したため、操業自体を中止した地区や、損壊を免れた漁船に複数名が乗り込むなど通常年とは異なる形態で操業を行った地区もあった。さらに2016年以降で発生した磯焼けの影響等による資源状態の悪化に対応するため、2019~2020年の2年間を自主禁漁とした地区が9地区のうち2地区あった。このようにDeLury法を適用する資料として利用できる期間は限られるものの、統計資料に記載された操業者数や漁獲量等の数値については、共販事業に用いられることもあり、信頼できるものである。

方法

DeLury法は漁期の進行に伴うCPUE(単位漁獲努力量あたり漁獲量)の減少傾向から初期資源量と漁獲効率(漁具能率)を推定する方法であり、CPUEの減少が前提となる。しかし操業日によって気象、海象、海水の透明度などの影響を受けるため、CPUEは必ずしも減少傾向とはならない。例としてG地区の操業日別CPUEの変化(2009~2022年)を図1に示した。CPUEは漁期の進行に伴って減少傾向となる年がある一方、横ばいで推移したり不規則に変化したりする年もあり、DeLury法は必ずしも全ての年に対して適用できない。またCPUEが減少傾向を示していたとしても、漁獲による資源減少以外の要因がその変化に影響した可能性も否定できないが、その評価は困難である。

一方、エゾアワビ鉤どり漁業の操業形態は数十年間変わっておらず、漁船漁業で考えられるような漁船装備や漁具の進歩・改良等による漁獲効率の上昇と比べ、その変化は小さいと考えられる。また岩手県沿岸の漁業地区では操業日当たりの操業者数が数百名に上る地区が大部分を占めることから、或る操業日の平均的な漁獲効率に対する漁業者の偏り(例えば偶然優れた漁業者ばかり操業した、など)の影響は極めて小さいと考えられる。このため、本報告では解析対象とする期間内の漁獲効率を一定の値とし、各年の操業日毎の漁獲量を確率変数として解析を行った。

なお岩手県内では密漁防止のために各漁業地区の漁獲量等に関する数値は非公表とされており、岩手県水産技術センターに対しても、数値を公表しないという条件での信頼関係に基づいて資源計算のための統計資料が提供されている。このため、本報告では9箇所の地区名をA~Iで記号化して記載することとした。

漁獲効率を複数年間(a)で一定の値(q)と仮定し、 y 年の漁期始めの初期資源量を $N_{y,0}$ 、操業日数を n_y とした時の操業日 y_t ($0 \leq y_t \leq n_y - 1$)の漁獲量を $C_{y,t}$ 、漁獲努力量を $X_{y,t}$ とし、 y 年における $t-1$ 日目までの累積漁獲量を $\Gamma_{y,t}$ ($\Gamma_{y,t} = \sum_{i=0}^{t-1} C_{y,i}$)とすると、 y 年 t 日目の資源尾数($N_{y,t}$)は

$$N_{y,t} = N_{y,0} - \Gamma_{y,t} \quad \text{-----} \quad (1)$$

である。

y 年の t 日目の漁獲率を $P_{y,t}$ ($P_{y,t} = 1 - \exp(-qX_{y,t})$)とし、その日の漁獲量が $C_{y,t}$ となる確率

($Q_{y,t}$)が二項分布の正規近似モデルに従うとすると、 $Q_{y,t}$ の確率分布は

$$Q_{y,t} = \frac{1}{\sqrt{2\pi N_{y,t} P_{y,t} (1-P_{y,t})}} \exp\left[-\frac{(C_{y,t} - N_{y,t} P_{y,t})^2}{2 N_{y,t} P_{y,t} (1-P_{y,t})}\right] \quad (2)$$

となる。

目的とする対数尤度関数を $\ln L (\ln L = \sum_{y=1}^a \sum_{t=1}^{n_y} \ln Q_{y,t})$ とし、この値を最大化する漁獲効率 q の値を推定した。

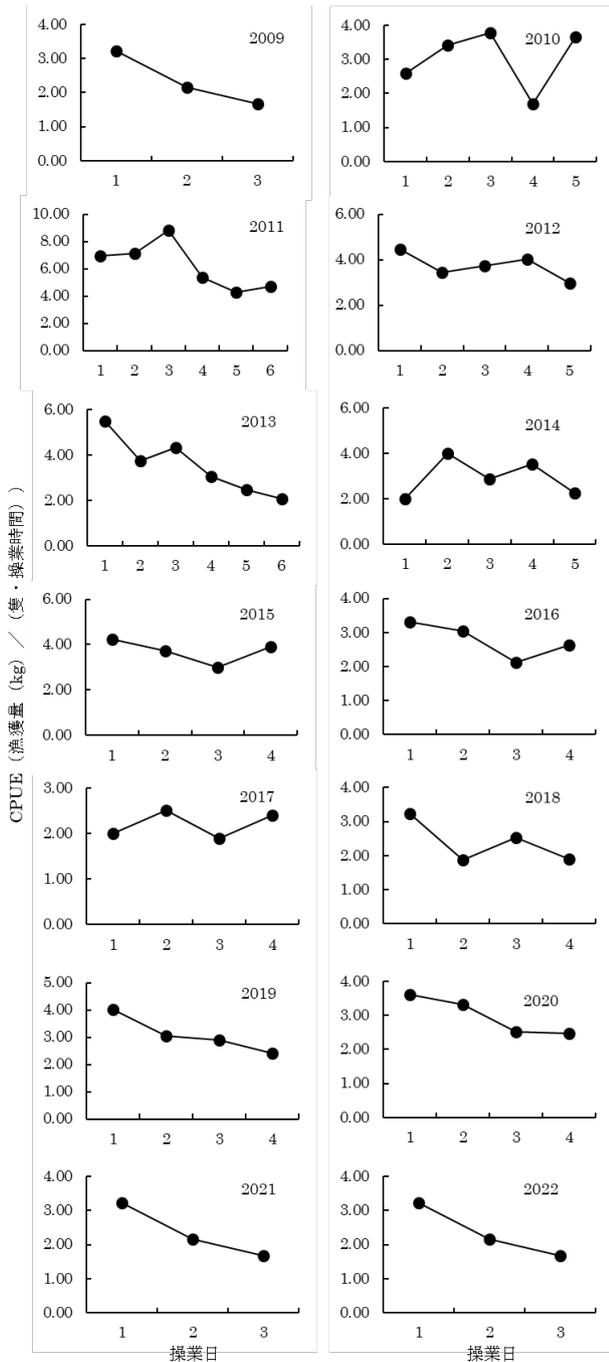


図 1. 漁期の進行に伴う CPUE の変化例 (G 地区, 2009 ~2022 年)

漁獲効率は、磯焼けの長期発生前 (~2015 年) と発生後 (2016~2022 年) の 2 期に分け、それぞれの期間の漁獲効率を q_{2015} および $q_{2016-2022}$ とした場合と、全ての期間で一定の値 (q_A) とした場合をそれぞれ推定し、AIC (赤池情報量規準) によって両者間のモデルとしての当てはまりの良さを比較した。

また漁獲効率に変化した年が磯焼けの長期発生開始年 (2016 年) と同期しているかを検証するため、長期間のデータが利用可能な B 地区 (岩手県北部) と C 地区 (岩手県中部) の 2 地区を対象に、変化年を 2008 年から 2018 年までずらした場合の対数尤度を比較して検討した。

結果

漁獲効率の推定結果を表 1 に示した。漁獲効率を 2 期に分けたモデル (q_{2015} , $q_{2016-2022}$) と全ての期間で一定の値 (q_A) としたモデルを比較すると、9 地区全てで AIC の値は前者が後者よりも小さく、2 期に分けたモデルの方が当てはまりの良い結果となった。また 2 期それぞれの漁獲効率を比較すると、地区による差異はあるものの、2016 年以降の漁獲効率 ($q_{2016-2022}$) は 2015 年以前の値 (q_{2015}) の概ね 2 倍程度に上昇していることが明らかとなった。

B 地区と C 地区における、変化年をずらした場合の対数尤度 $\ln L$ の計算結果を図 2 に示した。 $\ln L$ は 2003~2022 年の合計値である。また C 地区の 2011 年は東日本大震災津波により多くの漁船が被災し、損壊を免れた漁船に複数名が乗り込むなど通常とは異なる操業形態であったため、解析の対象としなかった。 $\ln L$ が最大となる年は両地区で若干異なり、B 地区および C 地区でそれぞれ 2015 年および 2016 年となったものの、概ね 2010 年代の中頃にあったことが示された。

表1. 漁獲効率の推定結果

地区名	計算対象期間	漁獲効率		ln L	AIC	漁獲効率		ln L	AIC
		Q-2015	Q 2016-2022			Q _A			
A	2000-2022	0.001986	0.002391	-1549	3102	0.002071		-1555	3112
B	1999-2022	0.000918	0.001709	-1988	3979	0.000978		-2167	4335
C	1988-2010, 2012-2022 ^{*1}	0.000072	0.000178	-15810	31625	0.000076		-16523	33048
D	2005-2009, 2011-2013, 2015-2022 ^{*2}	0.000074	0.000151	-3535	7073	0.000081		-3651	7304
E	2012-2022	0.000061	0.000240	-1589	3182	0.000144		-1762	3526
F	2006-2010, 2012-2022 ^{*3}	0.000068	0.000202	-3800	7604	0.000078		-3986	7974
G	2009-2010, 2012-2022 ^{*1}	0.000151	0.000252	-1703	3410	0.000164		-1740	3482
H	1994-2010, 2012-2018, 2021-2022 ^{*1, 4}	0.000122	0.000176	-7132	14268	0.000123		-7140	14282
I	2008-2009, 2012-2018, 2021-2022 ^{*1, 4, 5}	0.000057	0.000133	-2373	4750	0.000062		-2426	4854

^{*1}2011年は東日本大震災の大津波によって多くの漁船が被災し、損壊を免れた漁船に複数名が乗り込むなど通常年とは異なる操業形態であったため、解析の対象としなかった。

^{*2}2010年および2014年の漁獲統計資料が欠落しており解析できなかった。

^{*3}東日本大震災の影響により2011年の操業は中止となった。

^{*4}磯焼けの発生に対応するため、2019～2020年の2年間は自主禁漁とした。

^{*5}2010年の漁獲統計資料が欠落しており解析できなかった。

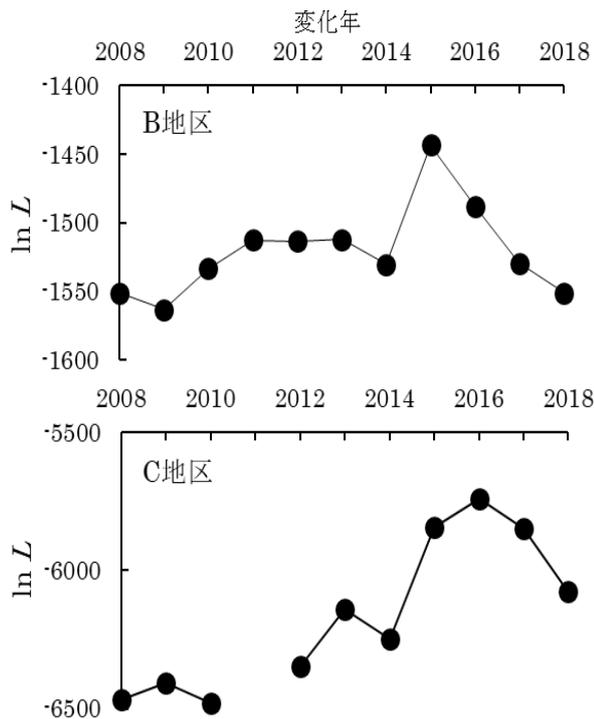


図 2. B 地区及び C 地区において漁獲効率の変化年を 2008～2018 年の間でずらした場合の対数尤度 (ln L) の変化

考 察

本研究では、大型海藻類が繁茂しない磯焼け発生の有無がエゾアワビ釣り漁業の漁獲効率に及ぼす影響について検討した。

岩手県沿岸では、マコンブ群落の形成は、冬季の海水温の高低に左右されることが調査結果から明らかになっており¹⁵⁾、2016年以降では、2019年を除き、いずれも2～3月の平均水温が5℃を上回り海藻類が繁茂しない磯焼けが発生した。また、2019年には岩手県沿岸に親潮系冷水が接岸し2～3月の水温が一時的に3℃以下に低下したが、その後の水温が高めに推移したため、2015年以前のような濃密なマコンブ群落の形成は限られた。磯焼け発生期間は、海藻類が繁茂せず餌料海藻が少ないため、浅所に残存したわずかな海藻にエゾアワビが蟄集している。隠れる海藻が少ないため、漁業者に発見されやすく、浅所に集中して分布するため、効率的に漁獲しやすい条件が揃っていると考えられる。

従って、2016年以降は磯焼け発生により釣り漁業の漁獲効率がそれ以前と比較して最大3.9倍にも上昇したと考えられる。

エゾアワビ資源量の推定について、磯焼け発生の有無によって釣り漁業の漁獲効率が変わり、推定される資源量も大きく変動することとなる。磯焼けの有無による海藻の繁茂状況を考慮せず、漁獲効率が常に一定である

と仮定して資源評価を行うと、磯焼けの発生時には資源量を過大に評価することとなるため過剰漁獲につながりかねない。

さらに、海藻類の現存量はエゾアワビの餌料環境に大きな影響を及ぼすことが知られ、磯焼けの発生は個体の肥満度の低下を招く¹²⁾。即ち磯焼けの発生は、漁業と生息環境の両面からエゾアワビ資源に悪影響をもたらす可能性が高い。

A～Iの9地区の資源量推定値、CPUEの推移を図3、漁獲努力量及び漁獲率推定値の推移を図4に示した。資源量及びCPUEはこの間の平均を1として規格化値で示した。

2016年以降、岩手県のエゾアワビ資源量は総じて減少傾向にあり、これは磯焼けの発生による成長阻害等の影響に加え、震災による放流の中断等が複合的に影響した結果とみられる。このように資源が減少している中で漁獲効率が上昇すると乱獲を招く恐れがあると考えられる。

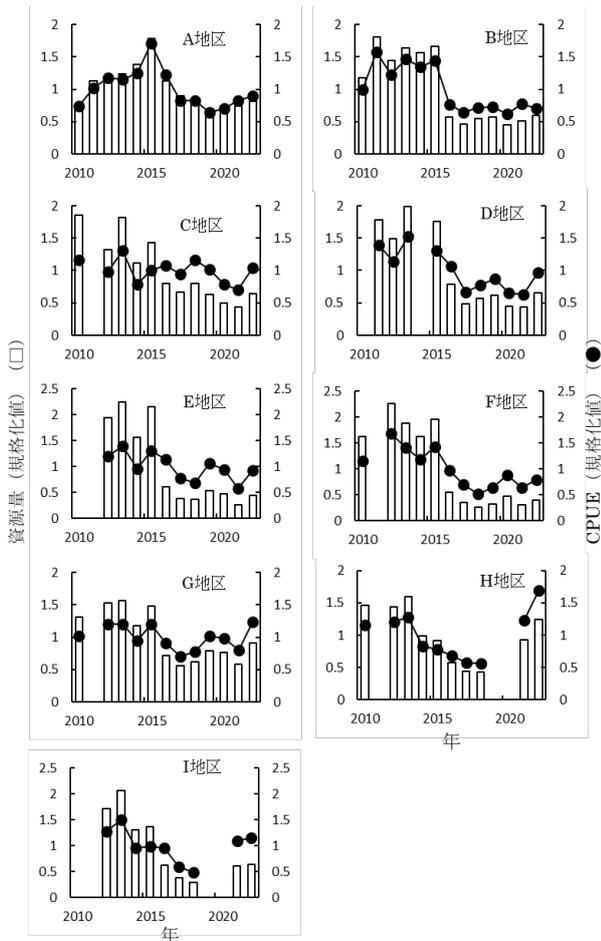


図3. 9地区(A～I)における資源量推定値及びCPUEの推移(2010～2022年)

一方、漁獲率は2016年以降の数年間は漁獲効率の上昇傾向を反映して高い状態が続いたが、各漁業地区では操業日数の短縮、禁漁措置等を講じることで漁獲努力量を抑制してきたため、徐々に低下傾向となっている。

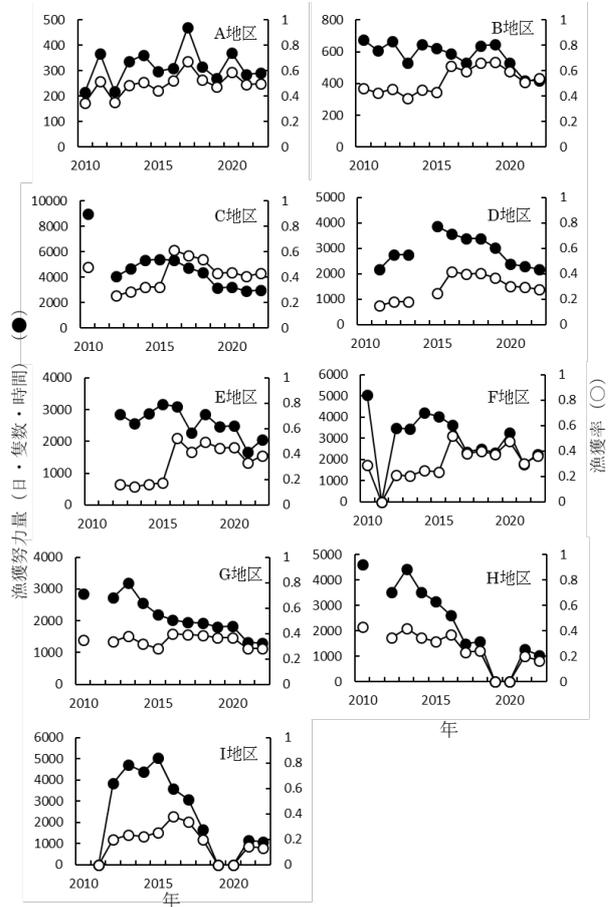


図4. 9地区(A～I)における漁獲努力量及び漁獲率推定値の推移(2010～2022年)

磯焼けの発生を防ぐことは困難であるが、漁業については制御が可能である。エゾアワビ資源を適切かつ持続的に利用するためには、資源調査と併せて漁場の藻場現存量のモニタリングを行い、藻場の動態を反映した資源管理・漁業管理手法の導入を検討する必要があると考えられる。岩手県沿岸では2023年現在でも磯焼け状態が持続しており、藻場が回復する兆しが見えない。2016年以降で低水準に転じたエゾアワビ資源の回復を図るためには、磯焼けが解消して藻場が回復するまでは、引き続き開口日数の短縮などによる漁獲努力量の抑制が望まれる。

なお本研究の一部は水産庁委託「水産資源調査・評価推進委託事業」で実施した。

文 献

- 1) 干川 裕：エゾアワビ。「漁業生物図鑑 新北のさかなたち」(上田吉幸・前田圭司・嶋田 宏・鷹見達也編)，北海道新聞社，320-323(2003).
- 2) 山川 卓：1. DeLury 法 (Leslie 法・除去法)，IV. 漁業情報を用いた資源量推定，平成 12 年度資源評価体制確立推進事業報告書－資源解析手法教科書一，日本水産資源保護協会，東京，73-90(2001)
- 3) 平山信夫・山田作太郎・菊池弘・山田潤一：DeLury 法の修正とアワビ採捕漁業への応用. 日水誌，53(3)，409-416(1989).
- 4) A.A. Rosenberg, P.G. Kirkwood, A. J. Crombie, J. R. Beddington : The assessment of stocks of annual squid species. *Fish. Res.* 8. 335-350(1990).
- 5) T. Yamakawa, Y. Matsumiya, Y. Nishimura, S. Ohnishi: Expanded DeLury's method with variable catchability and its application to catch-effort data from spiny lobster gillnet fishery. *Fish. Sci.* 65, 59-63(1994) .
- 6) N. Yamashita, M. Hasegawa, S. Yamada, E. Tanaka, T. Kitakado, H. Fushimi : Modification of DeLury's Method for fishery exploiting two stocks. *Fish. Sci.* 66, 460-466(2000) .
- 7) 山下紀夫，長谷川雅俊：努力の有効度の変化を考慮した拡張 DeLury 法，*Nippon Suisan Gakkaishi*, 71(5), 775-781(2005).
- 8) J. Cao, J. Chen X, Q. Tian S : A Bayesian hierarchical DeLury model for stock assessment of the west winter-spring cohort of neon flying squid (*Ommastrephes bartramii*) in the northwest Pacific Ocean. *Bull. Mar. Sci.* (91), 1-13(2015) .
- 9) S. Nishijima, S. Suzuki, M. Ichinokawa, H. Okamura : Integrated multi-timescale modeling untangles anthropogenic, environmental and biological effects on catchability. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* (76), 2045-2056 (2019).
- 10) Matsumoto, Y and H. Takami : The effect of brown kelp phenology on abalone movement and spatial distribution; acoustic telemetry and spatially explicit individual-based model approach. *Fish. Sci.*, (88), 693-701(2022).
- 11) Hayakawa, J, K. Nakamoto, M. Kodama and T. Kawamura : Aggregation of adult abalone *Haliotis discus hannai* during the spawning season, and its associations with seasonal and interannual changes in the macroalgal community. *Mar. Eco. Prog. Ser.*, (670), 105-120(2021).
- 12) 高見秀輝：岩礁生態系の変化とエゾアワビ資源への影響，「東日本大震災から 10 年 海洋生態系・漁業・漁村」(片山知史，和田敏裕，河村知彦編)，恒星社厚生閣，89-110(2022).
- 13) 渡邊成美・滝澤紳・及川仁・小林俊将：4.(3) 震災による磯根資源への影響を考慮したアワビ・ウニ資源の持続的な利用に関する研究，令和 4 年度岩手県水産技術センター年報，147-153(2023).
- 14) K.Yatsuya, Y.Matsumoto : Deterioration of an annual kelp *Saccharina japonica* forest and its effects on dominant herbivores, sea urchin *Mesocentrotus nudus* and abalone *Haliotis discus hannai*, in northeast Japan. *Reg. Stud. Mar. Sci.*, (57), 102739(2023)
- 15) 北川真衣・佐々木司・渡邊成美・田中一志・高梨脩：3.(2) アワビ・ウニ等の増殖に関する研究 ②餌料海藻造成手法の検討，令和元年度岩手県水産技術センター年報，46-58(2020).