

北海道日本海南部海域におけるベニズワイの DeLury 法に基づく資源評価

星野 昇

北海道立総合研究機構中央水産試験場

Stock evaluation using DeLury's method for the red snow crab in the Sea of Japan, off Southern Hokkaido

NOBORU HOSHINO

Hokkaido Research Organization, Central Fisheries Research Institute, Yoichi, Hokkaido, 046-8555, Japan

Experimental fishing of the red snow crab was performed off the coast of Southern Hokkaido in the Sea of Japan from the late 1970s to 2011. In this study, we have reported the stock evaluation results for the red snow crab on the basis of analysis of the fishing data. The fishing grounds were divided into 4 areas, and catching efficiency and annual stock size for each area were estimated using DeLury's method. The estimates for annual stock size in every fishing area increased until the middle of the 2000's and have decreased gradually since then. The exploitation rate was estimated to be 30% on an average. These results suggest that the recent TAC was appropriately decided for the level of stock size; however, the subsequent change in stock size must be considered.

キーワード： DeLury 法, かが漁業, 漁獲効率, 資源評価, 資源量推定, 日本海, ベニズワイ

ベニズワイ (*Chionoecetes japonicus*) は、日本海、オホーツク海、犬吠埼から北海道の沖合に至る太平洋の、水深500~1,700mを中心に分布するクモガニ科の甲殻類である(三橋, 2003)。日本海の北海道南西部沖合では、1978~2011年の間、主として水深800~1,800mの海域(Fig. 1)においてベニズワイ漁業の企業化を目的として、かにかごによる試験操業が実施された。着業隻数は1~4隻、漁期は3~10月の範囲で年代によって変化し、2001年以降は松前港と江差港を根拠とする2隻の体制で、2005年以降は3月1日から8月31日までの漁期で実施された(Table 1)。近年は1,000トン以上の漁獲があ

り、経営状態も安定していることなどを踏まえ2012年漁期から知事許可漁業(本操業)に移行した。

着業者には許可の条件として、操業ごとの位置情報や銘柄別漁獲量の報告と毎月3回を原則とする漁獲物測定調査が義務づけられている。1995年からは北海道立水産試験場(現北海道立総合研究機構水産研究本部)によって、操業データに基づく資源評価と生物学的許容漁獲量(ABC: Allowable Biological Catch)の算出が行われ(佐野ら, 1996)、ABCに基づき北海道庁が定める許容漁獲量(TAC: Total Allowable Catch)を超過しない範囲での陸揚げが認められている。また、陸揚げ可能な漁獲物は甲

Table1 The progress of experimental fishing of the red snow crab in the Sea of Japan, off Southern Hokkaido

Year	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Catch (t)	391	781	835	1,064	1,280	1,204	1,274	1,307	913	332	391	671	755	815
Total allowable catch (t)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	400	920	1,060	1,100
Number of vessels	3	3	3	4	4	4	4	4	4	1	1	2	2	2
Fishing season	Jul.-Dec.	Jul.-Dec.	Jul.-Nov.	Jul.-Oct.	Jul.-Oct.	Jul.-Oct.	Jul.-Oct.	Jul.-Oct.	Jul.-Oct.	Jul.-Oct.	Jul.-Oct.	May.-Oct.	May.-Sep.	May.-Sep.

Year	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Catch (t)	589	499	1,006	948	762	960	1,100	1,159	1,231	1,291	1,211	1,130	1,040
Total allowable catch (t)	590	500	1,200	1,200	1,200	1,100	1,100	1,200	1,300	1,300	1,300	1,200	1,200
Number of vessels	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Fishing season	Apr.-Aug.	Apr.-Aug.	Apr.-Sep.	Apr.-Aug.	Apr.-Aug.	Apr.-Aug.	Mar.-Aug.	Mar.-Aug.	Mar.-Aug.	Mar.-Aug.	Mar.-Aug.	Mar.-Aug.	Mar.-Aug.

報文番号 A481 (2012年6月4日受理)

Tel : 0135-23-8707. Fax : 0135-23-8708. E-mail : hoshino-noboru@hro.or.jp

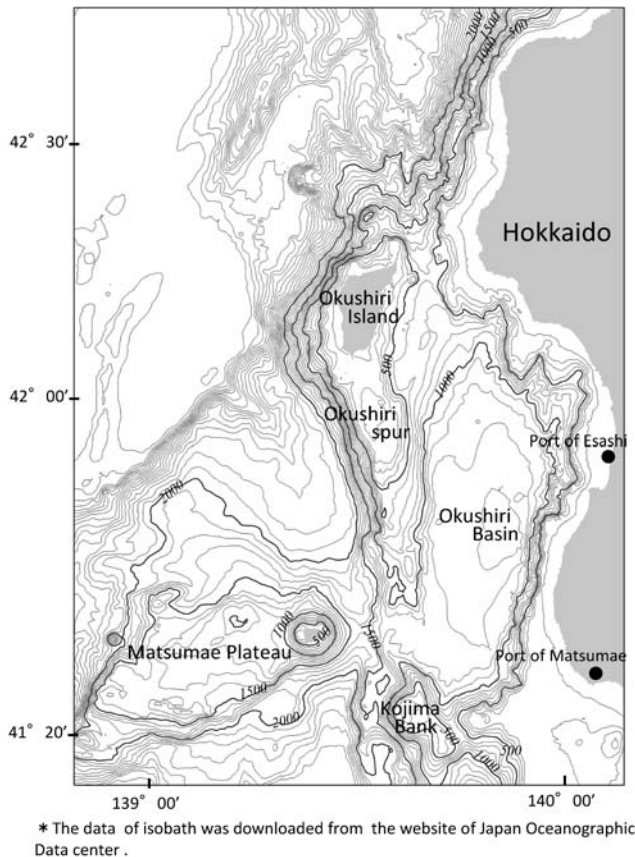


Fig. 1 A map showing the fishing area of the red snow crab in the Sea of Japan, off Southern Hokkaido.

幅95mm以上の雄のみで、漁具の連数およびかご数、網目内径についても道庁の定める試験操業実施要領の中で上限が定められ、その制限の中で操業が行われている。2隻はいずれも漁期を通し専業で着業しており、一縄に100~200個程度の籠を接続した延縄を数カ所に設置し、一回の航海で3本程度の縄を揚げる。その他の漁業による漁獲や混獲は無い。

1996~2011年の資源評価およびABCの算定は、佐野ら(1996)の方法に基づいて、毎年の漁獲物甲幅組成を正規分布分解して得た齢期群が一年ごとに加齢推移する(渡辺・鈴木, 1982)と仮定して、CPUE(Catch Per Unit Effort: 一かご当たりの漁獲尾数)と漁獲効率から計算される年齢別資源尾数の推移に基づき行われた。

一方、現行の評価方法については、近年、日本海の本州沖合海域のベニズワイで雄の最終脱皮の可能性が指摘されている(養松ら, 2007)ことから、甲幅組成を年齢組成に変換して行う方法を改める必要が生じた。また、着業者からは、毎年の好・不漁感や漁獲物のサイズ組成に大きな海域差があるという印象が報告されるとともに、細分化した海域ごとに漁獲量の上限値を定める必要性について意見が出されている。しかし、これまでの資源評

価結果からはその実態を十分に吟味することができていない。今後も持続的な資源利用を図っていくためには、資源評価方法を改善し、資源状態をより詳細に理解していく必要がある。

そこで、これまで蓄積された試験操業データに基づき、ほぼ現行の着業体制となった2001年以降(Table 1)について、DeLury法に基づいて、漁獲効率を算定して操業の集中する海域ごとに毎年漁期初めの資源尾数を推定し、推定された資源尾数、漁獲割合、漁獲物の甲幅組成の年推移から資源評価を行った。

試料及び方法

操業場所の評価 操業位置を報告するための緯・経度5分刻みに区切られた角形の漁区ごとに操業回数を集計して、操業が多く行われている海域を検出した。

資源評価 一般にDeLury法による資源尾数の推定では、対象資源の漁期中の移出入や自然死亡が無視でき、資源尾数は漁獲によってのみ減少を続けている状態であると仮定できることが適用条件となる(山川, 2001)。結果に後記するとおり、操業が集中するのは奥尻島より北側の陸棚斜面域、奥尻海脚の東側斜面域、松前海台周辺、小島堆周辺の計4海域に大別された。これら4海域の間は起伏が大きく(Fig. 1)、約半年間の漁期中に、海域間相互の移動や一つの海域内でベニズワイの分布状態が著しく変化することは考えにくい。また、操業海域においてベニズワイ成体を捕食する生物を想定できないことから、漁期中の自然死亡は漁獲による減耗に比べると微小と考えられる。これらのことから、操業の集中する4海域ごとにDeLury法によって資源尾数を推定することは妥当と判断した。

1. 漁獲尾数の推定 着業者より操業実績として報告される漁獲重量データから、毎年の旬(毎月の上・中・下旬)・海域別の漁獲尾数を推定した。

入籠した個体全てが出荷されるわけではなく、甲幅95mm未満サイズは海中還元され、さらに許容漁獲量に対して漁獲状況が好調な場合は、95mm以上であっても小型銘柄に相当するサイズが現場で海中還元されている。海中還元された個体の生存状態は不明であることから、資源の過大評価につながらないように死亡したものとみなし、海中還元された分を含めた95mm以上の漁獲尾数を推定した。

陸揚げされた漁獲物は甲幅の大小に応じて3銘柄に仕分けられ出荷される。松前根拠船による漁獲物の仕分け規格は、2003年まで大型が甲幅12.0cm以上、中型が10.6~11.9cm、小型が9.5~10.5cm、2004年以降は大型が12.0cm以上、中型が10.4~11.9cm、小型が9.5~10.3cm、江

差根拠船では、大型が12.0cm以上、中型が10.0~12.0cm、小型が9.5~10.0cmである。

推定の対象とする着業船・旬・海域ごとに漁獲物測定データを用いて、海中還元が無い「中型」と「大型」の漁獲量を、これらの銘柄の選別サイズ（上記）に含まれる測定データに基づいて尾数換算した。これによって得られた中~大型の漁獲尾数に、測定データのうち「中型サイズ以上の尾数」に対する「95mm以上中型サイズ未満の尾数」の割合を乗じることで、95mm未満サイズの海中還元分も含めた漁獲尾数とした。

2. 漁獲効率の設定 本来、DeLury法では漁期中のCPUEの減少傾向から初期資源尾数と漁獲効率が同時推定される。しかし、双方の推定パラメータは相関が強いため、それらを個々に精度良く推定することは困難であり、漁獲効率と初期資源尾数の推定値は逆相関を持って推定される傾向にある（山川，2001）。年・海域ごとの資源尾数が、未知のパラメータである漁獲効率と連動して推定される状態で、その値に基づいて資源の年変動を検討することは困難と考えられた。そこで本稿では漁獲効率のみを求め、それを固定パラメータとして扱い、事後的に資源尾数を計算する手順を進めた。

まず、次のDeLury第二モデルを用いて、最小二乗法により、 l 年、 m 海域の漁獲効率 $q_{l,m}$ と初期資源尾数 $N_{0,l,m}$ を推定した。

$$\log(C_{t,l,m}/X_{t,l,m}) = \log(q_{l,m} N_{0,l,m}) - q_{l,m} \sum_{i=0}^{t-1} X_{i,l,m} \quad (1)$$

ここで、 C_t は期間 t （旬；10~11日）における漁獲尾数、 X_t は期間 t における漁獲努力量（ここでは操業回数）である。

一方、推定された $N_{0,l,m}$ （対数値）は当該年・海域の年間CPUE $_{l,m}$ （対数値）に比例することを前提として、次の値を求めた。

$$D_{l,m} = \frac{\log N_{0,l,m} - \varnothing \log CPUE_{l,m}}{\log CPUE_{l,m}} \quad (2)$$

$$\varnothing = \frac{\log N_{0,ave.}}{\log CPUE_{ave.}} \quad (3)$$

ここで、 $N_{0,ave}$ と $CPUE_{ave}$ はそれぞれ N_0 とCPUEの年・海域平均を示す。2式の分子第2項を当該年のCPUEから予測される資源尾数の期待値とみなせば、第1項 $N_{0,l,m}$ との差が0に近い年・海域の $N_{0,l,m}$ ほど妥当に推定され、必然的に1式で同時推定される漁獲効率 $q_{l,m}$ も妥当な推定値となっていると考えた。そこで、 $q_{l,m}$ を横軸に、 $D_{l,m}$ を縦軸にとった散布図より $D_{l,m} \div 0$ となる $q_{l,m}$ を求め、その値をすべての年・海域に共通の漁獲効率と

して用いた。

3. 資源尾数の推定 漁獲効率を既知パラメータとすれば、初期資源尾数は漁獲尾数と漁獲努力量を用いて漁獲方程式から計算が可能であるが、本稿では、ベニズワイの分布特性が年・海域に応じて変化することが漁獲の多寡に少なからず影響すると考え、次のDeLury一般化モデル（Phiri *et al.*, 1999）を用いることとした。DeLury一般化モデルは、対象資源の分布特性を一様分布からランダム分布、集中分布まで幅広く表現できるTaylor's Power Lawを組み入れた拡張型モデルである。その尤度関数は、

$$L(N_0, \alpha, \beta) = \prod_{t=0}^n \frac{C_{t,l,m}^{\beta_{l,m}/2}}{\sqrt{2\pi\alpha_{l,m}}} \exp \left[-\frac{\left\{ C_{t,l,m}^{1-\beta_{l,m}/2} - N_{t,l,m} p_{t,l,m}^{1-\beta_{l,m}/2} + \frac{\alpha_{l,m}\beta_{l,m}}{4} (1-\beta_{l,m}/2) (N_{t,l,m} p_{t,l,m})^{-1+\beta_{l,m}/2} \right\}^2}{2\alpha_{l,m} (1-\beta_{l,m}/2)^2} \right] \quad (4)$$

である。ここで、 α, β は生物の集中度を表現する推定パラメータ、また、

$$p_t = 1 - \exp(-q X_t), \quad N_t = N_0 - \sum_{i=0}^{t-1} C_i$$

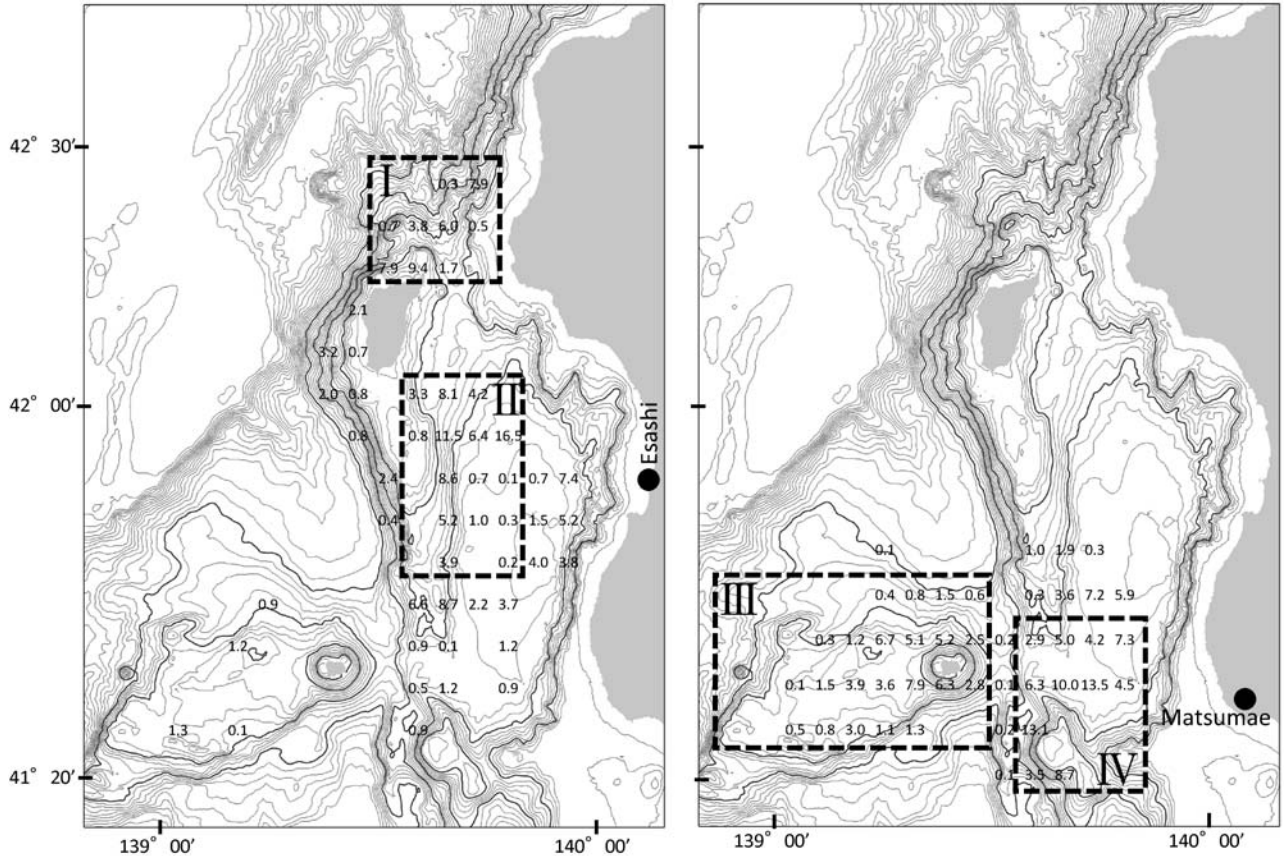
である。MS-Excelのソルバー機能を用いて4式の対数尤度を最大化する N_0, α, β を同時推定した。また推定パラメータ N_0 の95%信頼区間は尤度比検定の枠組みで求められる（平松，1992）。すなわち、

$$2 \text{Log} \left(\frac{L(N_0, \hat{\alpha}, \hat{\beta})}{L(N_0, \hat{\alpha}, \hat{\beta})} \right) \leq \chi^2(0.95, 1) \quad (5)$$

「 $\hat{\quad}$ 」は各最尤推定値、 $\chi^2(0.95, 1)$ は自由度1の χ^2 分布を表す。

結果

Fig.2に、緯・経度5分刻みの漁区別に、2001~2011年の年平均操業回数を着業船別に示す。着業する2船は一部海域で入会操業があるものの、基本的には異なる海域で操業しており、概観して操業回数の多い海域は、I. 奥尻島北方の陸棚斜面域、II. 奥尻海脚の東側、III. 松前海台周辺、IV. 松前小島（小島堆）周辺に大別できた。海域IとII、海域IIIとIVではそれぞれ江差根拠船と松前根拠船による操業が大半を占めていた。そこで、資源尾数の推定は、図中の太枠で示すこれらの4海域ごとに行うこととした。なお、推定を簡単にするため、海域IIと海域IVの間にある入会海域は対象外とし、各海域で優占する船ではない方の実績は除いた。すなわち、各海域の評価はどちらか1隻のみの実績に基づいた。これ以外に、



* The data of isobath was downloaded from the website of Japan Oceanographic Data center .

Fig. 2 Average annual number of fishing operations at each fishing site. Figures drawn on the left and right sides show the records for vessel basing at the Port of Esashi and the Port of Matsumae, respectively.

枠中に含めなかった漁区を含めた漁獲量は全体の5%程度であったことから、結果の解釈には大きく影響しないと判断し解析を進めた。

Table 2 に、2001年以降の4海域それぞれにおける漁獲尾数推定値、操業回数、前者を後者で除したCPUE値を示した。漁獲尾数は約2~170万尾の範囲で推定され、年、海域によって大きく変動していた。操業回数は海域IIで最も多かった。CPUEは各海域ともに2004年頃から2007年頃にかけて増加し、その後は海域IVを除いて減少傾向となった (Fig. 3)。

1式に基づき、年・海域ごとに累積漁獲努力量（操業回数）に対してCPUE対数値を直線回帰すると、2008年の海域Iを除くすべての年海域で回帰直線の傾きは負値となり (Fig. 4)、2008年・海域Iを除く37の年・海域について初期資源尾数と漁獲効率を推定した。その結果はFig. 5に示すとおりで、2式の計算値と漁獲効率推定値は、漁獲効率のばらつきが大きく、漁獲効率が大きいかほど初期資源尾数は小さく推定された。対数関数を当てはめX軸との交点を求めたところ0.00663となった。そこで以降の資源尾数の推定では各年・海域の漁獲効率を0.006に統

一して用いることとした。

各年・海域の資源尾数とその95%信頼区間、資源尾数推定値と漁獲尾数 (Table 2 参照) との比である漁獲割合は、Table 3 に示すとおり推定された。4式で同時推定されるパラメータ (α, β) は、 α が0.016~15.86、 β が0~1.96の範囲で推定された。資源尾数推定値についてはその年推移をグラフで示した (Fig. 6)。資源尾数はCPUEの推移 (Fig. 3) と相似的に推移しており、いずれの海域

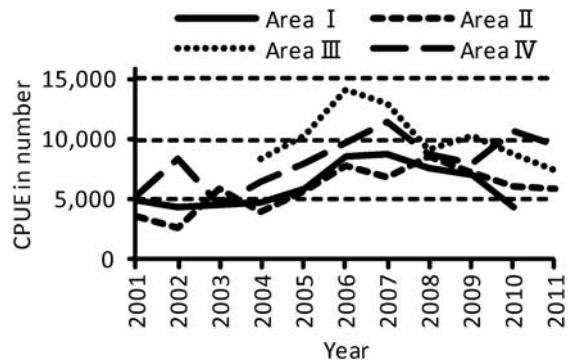


Fig. 3 Annual changes in CPUE on the basis of estimated catch.

Table2 Estimated catch in number, frequency of the fishing operation, and CPUE for every year and fishing area

Area I	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Catch in number (A)	189,524	81,524	68,659	270,383	296,402	17,254	148,569	528,896	509,092	237,715	0
Frequency of fishing operation (B)	38	19	15	56	51	2	17	70	72	55	0
CPUE (A/B)	4,987	4,291	4,577	4,828	5,812	8,627	8,739	7,556	7,071	4,322	-
Area II											
Catch in number (A)	219,615	274,837	339,067	283,805	439,204	548,737	898,426	591,509	585,447	570,340	421,271
Frequency of fishing operation (B)	62	106	57	72	76	71	132	69	81	94	71
CPUE (A/B)	3,542	2,593	5,949	3,942	5,779	7,729	6,806	8,573	7,228	6,067	5,933
Area III											
Catch in number (A)	0	0	0	507,758	653,815	1,738,355	941,235	682,018	577,020	588,513	291,197
Frequency of fishing operation (B)	0	0	0	61	64	123	72	75	56	67	39
CPUE (A/B)	-	-	-	8,324	10,216	14,133	13,073	9,094	10,304	8,784	7,467
Area IV											
Catch in number (A)	178,841	520,007	63,020	428,497	621,014	419,513	918,393	910,051	559,083	434,967	673,962
Frequency of fishing operation (B)	34	62	14	66	78	43	80	104	69	41	70
CPUE (A/B)	5,260	8,387	4,501	6,492	7,962	9,756	11,480	8,750	8,103	10,609	9,628
Total											
Catch in number (A)	587,980	876,367	470,745	1,490,444	2,010,435	2,723,859	2,906,624	2,712,474	2,230,641	1,831,534	1,386,431
Frequency of fishing operation (B)	134	187	86	255	269	239	301	318	278	257	180
CPUE (A/B)	4,388	4,686	5,474	5,845	7,474	11,397	9,657	8,530	8,024	7,127	7,702

Table3 Estimated stock size in number, upper confidence limit (95%), lower confidence limit, and exploitation rate for every year and fishing area

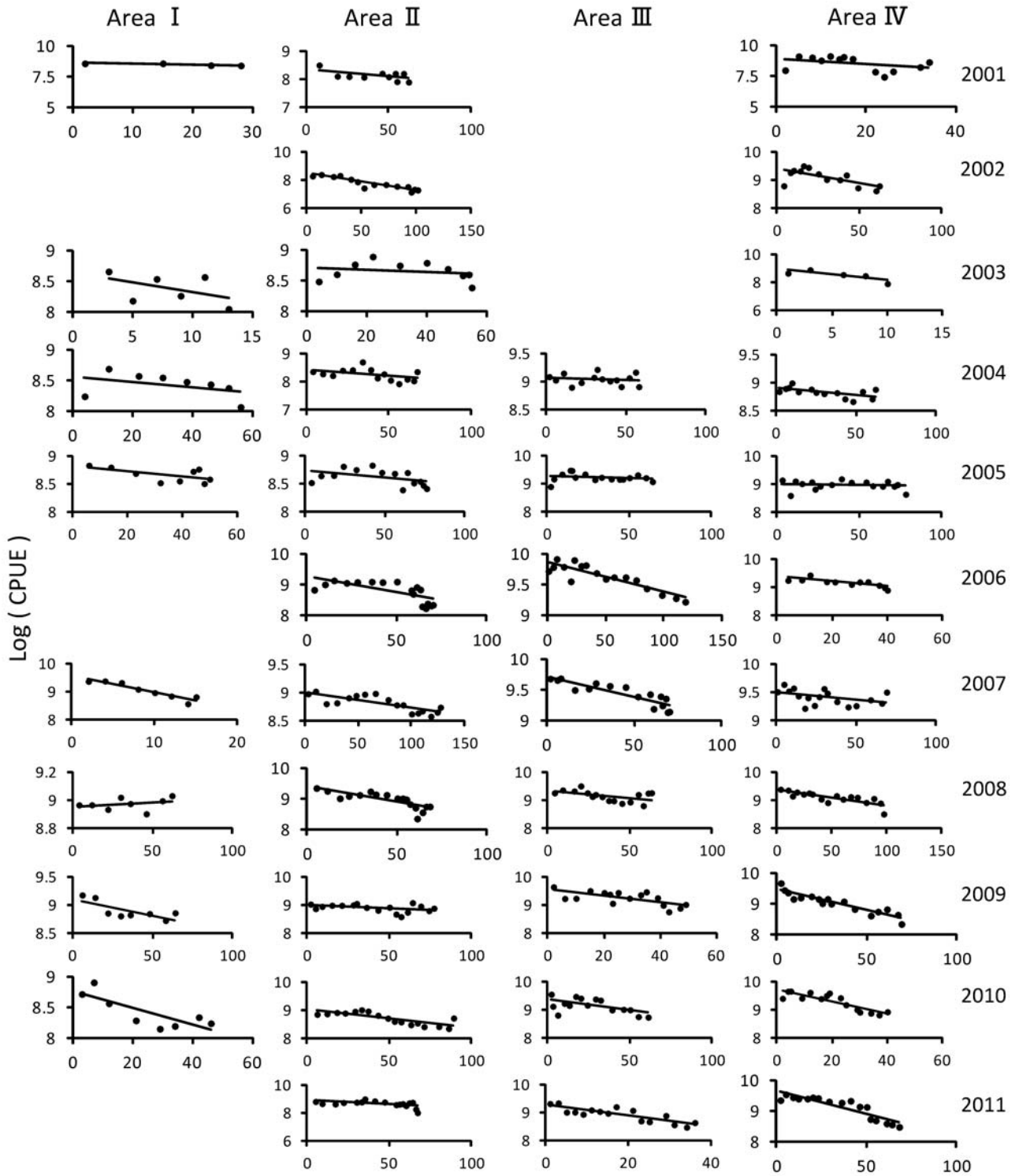
Area I	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Stock size in number ($\times 10^3$)	878		774	964	1,143		1,526	1,562	1,465	821	
Upper confidence limit	905		910	1,018	1,204		1,798	1,674	1,542	914	
Lower confidence limit	852		657	910	1,084		1,292	1,453	1,388	728	
Exploitation rate	0.22		0.09	0.28	0.26		0.10	0.34	0.35	0.29	
Area II											
Stock size in number ($\times 10^3$)	711	578	1,165	809	1,205	1,569	1,674	1,750	1,512	1,315	1,226
Upper confidence limit	758	626	1,265	871	1,278	1,684	1,755	1,839	1,578	1,370	1,298
Lower confidence limit	667	533	1,075	752	1,137	1,460	1,598	1,663	1,447	1,260	1,156
Exploitation rate	0.31	0.48	0.29	0.35	0.36	0.35	0.54	0.34	0.39	0.43	0.34
Area III											
Stock size in number ($\times 10^3$)				1,692	2,056	3,337	2,689	1,913	2,059	1,826	1,415
Upper confidence limit				1,793	2,156	3,432	2,773	2,021	2,203	1,977	1,536
Lower confidence limit				1,597	1,956	3,243	2,607	1,809	1,922	1,685	1,299
Exploitation rate				0.30	0.32	0.52	0.35	0.36	0.28	0.32	0.21
Area IV											
Stock size in number ($\times 10^3$)	982	1,744	861	1,345	1,666	1,842	2,428	1,973	1,653	2,036	2,011
Upper confidence limit	1,223	1,934	1,063	1,388	1,793	1,905	2,558	2,049	1,776	2,247	2,156
Lower confidence limit	775	1,574	669	1,302	1,548	1,780	2,306	1,898	1,536	1,839	1,866
Exploitation rate	0.18	0.30	0.07	0.32	0.37	0.23	0.38	0.46	0.34	0.21	0.34
Total											
Stock size in number ($\times 10^3$)	2,571	2,321	2,800	4,810	6,069	6,748	8,316	7,199	6,689	5,998	4,651
Exploitation rate	0.23	0.38	0.17	0.31	0.33	0.40	0.35	0.38	0.33	0.31	0.30

でも2004年頃から2007年頃にかけて増加傾向が認められたが、その後は海域Ⅳを除いて減少傾向となった。海域Ⅲにおける2006年から2007年にかけては前後の年より資源尾数が多く推定されたが、それ以外は、資源尾数の水準に海域間で大差がなかった。漁獲割合については、海域Ⅱで平均して40%前後と高く、海域Ⅰで20%前後と最も低く、資源尾数が増加した2000年代半ば以降では海域Ⅲで減少したが、他の3海域では一方向的な増減の傾向は認められなかった (Table 3)。

前年の残存尾数 (前年の初期資源尾数から前年の漁獲尾数を減じた値) から当該年の初期資源尾数を減じた値

は、ほとんどの海域で正値を示したが、海域Ⅲでは2006年以降の減少傾向がみられた (Fig. 7)。

Fig. 8に、各年・海域における漁獲物測定結果のうち甲幅95mm以上のデータを当該の資源尾数推定値で引きのぼして得た甲幅組成を、Fig. 9には甲幅の平均値、甲幅95mm以上100mm未満の資源尾数、甲幅110mm以上の資源尾数の推移を海域別に示した。各海域ともに2006~2007年頃に甲幅95~100mmサイズの資源尾数が増加し、これに伴い平均甲幅は減少した。海域Ⅲ、Ⅳではそれ以降も95~100mmサイズが漸増したが110mm以上の資源尾数は著しく減少し、これに伴い平均甲幅も減少傾向となった。海域



Fishing effort (cumulative number of times of fishing operation)

Fig. 4 Relationships between fishing effort and CPUE for every year and area.

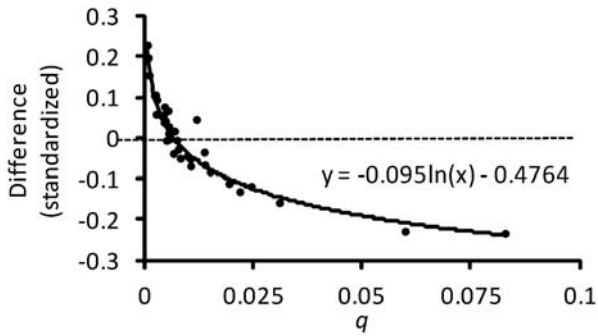


Fig. 5 Relationship between estimated catching efficiency (q) and standardized difference (see equation 2). The fitted curve indicates a logarithmic function.

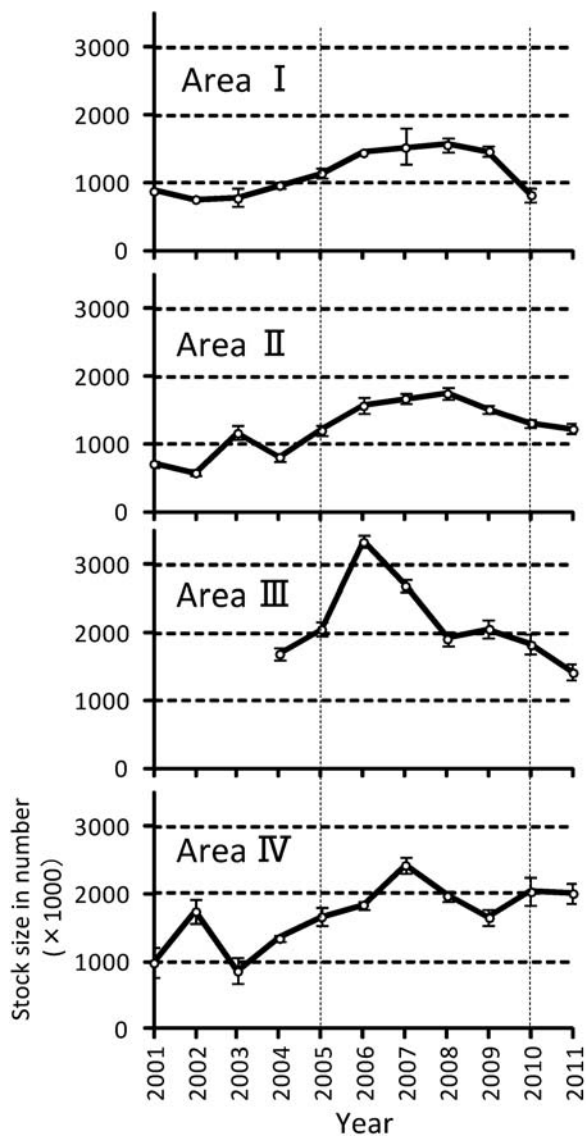


Fig. 6 Annual changes in stock size in every fishing area. The vertical lines indicate a 95% confidence limit.

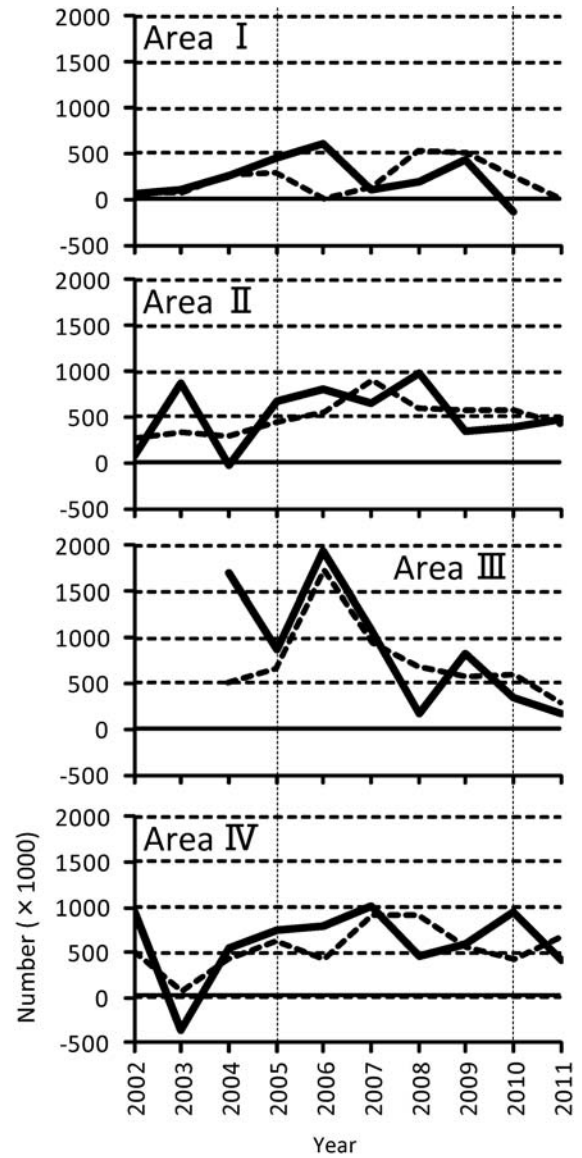


Fig. 7 Annual changes in the difference in initial stock size from the residual stock size of the preceding year (solid lines). The broken lines indicate the annual change in catch.

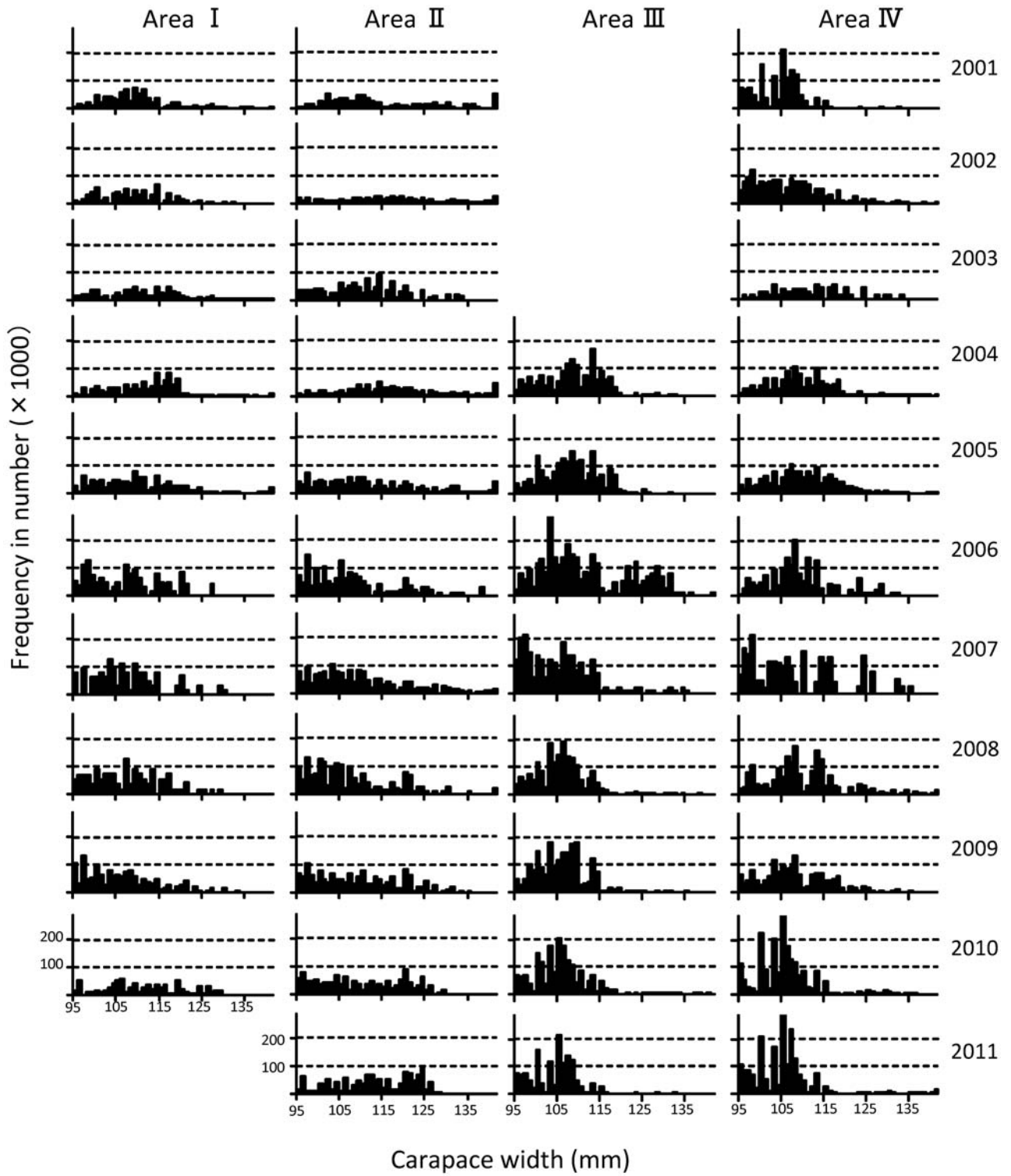


Fig. 8 Frequency distributions of carapace width of the red snow crab for every year and area.

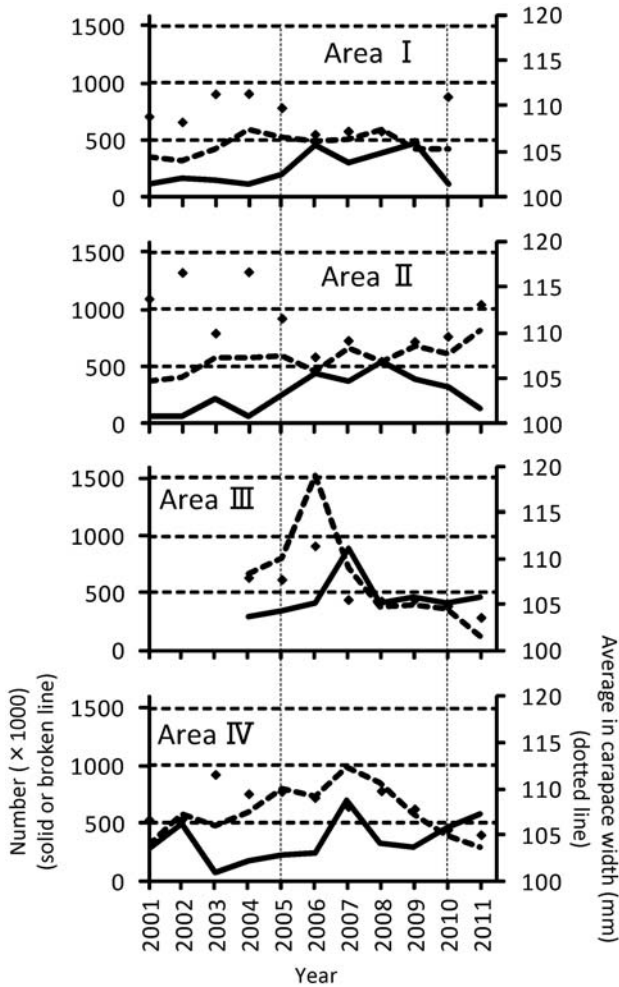


Fig. 9 Annual changes in stock number with respect to carapace width from 95 to 100 mm (solid lines) and 110 mm or more (broken lines). The dotted lines indicate change in average carapace width.

I, IIでは最近の95~100mm サイズに減少が認められた。甲幅組成の推移には、一般的な魚類資源の卓越発生群の推移にみられるような毎年のサイズ組成のモードが年とともに大型化していくような傾向は、いずれの海域においても認められなかった。

考 察

本稿では、北海道日本海西南西部沖のベニズワイ資源の評価を行うために、2001年以降の試験操業で得られた漁獲量と漁獲努力量データに基づき資源尾数の推定を行った。DeLury 第二モデルを用いて漁獲効率と資源尾数を推定したところ、漁獲効率の推定値は大きな幅をもって推定された (Fig. 5)。漁獲効率は、一回の操業あたりの敷設かご数や敷設時間、籠餌料の種類、ベニズワイの摂餌要求度といった生理的状态、他種の分布量といった無数の要素が絡んだものとなる。したがって、その時々や場所

に応じて大きく変動すると考えられるが、Fig. 5の結果のような大きさで年・海域間で変動するような具体的な要因は見当たらない。そこで本稿では、初期資源尾数とその年の CPUE が比例関係にあるという前提に立ち、年・海域に共通の漁獲効率を0.006として推定しこれを用いた。漁獲効率を比較検討できるような既往知見が見当たらないため、値自体の妥当性の検討はできなかった。しかし、一般に漁獲管理の場面では、漁獲効率や自然死亡係数といった本来には未知なパラメータを用いて推定した資源量については、絶対量として運用するよりは相対資源量として捉え、その年系列を扱った方が漁業の実勢に即した現実的な対応がとりやすいと考えられる。2001年以降は操業体制に大きな変化がなく着業船も同じ特別採捕許可方針のもと操業しているため、漁獲効率の傾向的な年変化や船間での大きな違いは考えにくいことから、固定値とすることに大きな問題はないと考える。ただし、今後、具体的な ABC 算定の作業等に際して本稿の結果を用いる場合は、与える漁獲効率を変化させ感度分析を行いながら諸結果の頑健性を確認することが必要である。

推定された資源尾数の推移から、本資源は2005~2006年頃に全海域で資源水準の増加が認められた (Fig. 6)。この時期に各海域の甲幅95~100mm サイズの資源尾数が増加した (Fig. 9) ので、漁獲対象サイズにまで成長したカニの新規加入があったと考えられる。海域 I, IIでは2009年頃まで95~100mm サイズの加入が続き、大型ガニの資源尾数にも減少傾向がないので、安定した資源状態で推移してきたと考えられる。しかし、最近では小型ガニの資源尾数が著しく減少している推定結果となったので、今後の動向には注意を払う必要がある。海域 III, IVではいずれも2007年に突出して小型カニの加入があり、以降も40~50万尾の水準で漸増してきた。しかし、I, IIとは異なり大型ガニの資源尾数は減少を続けてきた。これらの海域だけで考えれば成長乱獲の可能性はあるが、ベニズワイは時間をかければ相当の距離を移動するという標識放流研究の結果 (山洞, 1976) を考慮すると、成長に伴い海域外に移動している可能性もあり、その実態は不明である。III, IVは一方の着業船の専有漁場であることから、今後の操業に向けては当該船の漁獲状況の注視、着業者からの聞き取りを充実させるといった取組が必要である。また、資源尾数と同時に推定されるパラメータ (4式の α , β) は本来、対象生物の分布特性を表現した推定値となるが、本稿の検討では海域や年に応じた特徴が現れず、推定値間の関係などを含めた十分な検討ができなかったことが今後の課題となった。

本研究は11年間の資源評価であるため、今後の加入状況や資源水準の長期動向を予測することは難しいが、Table

1の漁獲量推移からは、資源水準が年代に応じて緩やかに増減を繰り返していると考えられる。以前のデータは不備も指摘されているため（長澤ら，1988），長期的な資源変動を推論することはできないが，これまでのパターンが今後も続くとする，今後しばらくは資源水準の減少傾向が継続する可能性がある。資源量推定値やCPUEの減少局面で，許容漁獲量を十分に下げることができないと，資源水準の極端な減少につながる可能性が指摘されている（星野，2012）ので注視が必要である。

漁獲割合は20～40%程度と推定され，海域Ⅱで最も高い値であった（Table 3）。海域Ⅱは港からの航走距離も近いことから操業回数が最も多い（Table 2）ことが主要因と考えられる。また，漁期終了後から半年後の漁期開始までに増加した資源尾数（海域への加入尾数）を漁獲尾数が連続して上回る状態で推移していれば，漁獲割合が過大となっている可能性があると考えたが，平均的には漁獲尾数とほぼ同程度の値で推移していた（Fig. 7）。このことから，近年の許容漁獲量は資源水準に対し概ね妥当な水準で設定され，漁獲管理が適切に行われていると考えられた。

謝 辞

本研究は，ひやま漁業協同組合および松前さくら漁業協同組合所属の漁業者，職員の方々と，渡島総合振興局，檜山振興局の担当職員によって集積されてきたデータを解析することで行った。これまでの長きにわたる試験操業に従事された皆様に敬意を表します。

引用文献

平松一彦．最尤法による水産資源の統計学的研究－パラ

メータ推定とモデル選択－．遠洋水研報 1992；29：57-114.

星野 昇．北海道日本海南部海域におけるベニズワイの漁獲管理について．北水試研報2012；82：117-124.
三橋正基：94.ベニズワイガニ．「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，札幌．2003；386-389.

長澤和也，福田敏光，中道克夫，高柳志朗，渡辺安広．1.ズワイ・ツブ資源漁場調査．昭和62年度函館水産試験場事業報告書，北海道立函館水産試験場，函館．1988；434pp

Phiri H, Shirakihara K, Yamakawa T. A generalized Delury's method based on Taylor's power law and its application to a pelagic species in southern Lake Tanganyika. *Fish. Sci.* 1999；65：717-720.

佐野満廣．1.1ベニズワイ資源調査．平成7年度函館水産試験場事業報告書，北海道立函館水産試験場，函館．1996；283pp

渡辺安広，鈴木孝行．北海道西岸海域におけるベニズワイについて 第1報 齢期と成長．北水試月報 1982，39：147-162.

山洞 仁．ズワイガニおよびベニズワイの長期再捕例について．昭和49年度山形県水産試験場事業報告書 1976；26-27.

山川 卓．1. DeLury 法（Leslie 法・除去法）．「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－（社団法人日本水産資源保護協会編）」社団法人日本水産資源保護協会，東京．2001；73-90.

養松郁子，白井 滋，廣瀬太郎．ベニズワイ *Chionoecetes japonicus* 雄の相対成長の変化と最終脱皮の可能性．日水誌 2007；73(4)：668-673.