東北地方太平洋岸沖におけるズワイガニの 甲幅組成解析により推定された成長

上田 祐司,^{1*} 伊藤 正木,¹ 服部 努,¹ 成松 庸二,¹
藤原 邦浩,^{1a} 吉田 哲也,² 北川 大二³

(2006 年 5 月 17 日受付, 2006 年 12 月 4 日受理)

¹海水産総合研究センター東北水産研究所八戸支所, ²福島県水産試験場,

³海水産総合研究センター北海道水産研究所

Growth of the snow crab *Chionoecetes opilio* estimated by carapace width frequency analysis in the waters off the Pacific coast of northern Honshu, Japan

YUJI UEDA,^{1*} MASAKI ITO,¹ TSUTOMU HATTORI,¹ YOJI NARIMATSU,¹
KUNIHIRO FUJIWARA,^{1a} TETSUYA YOSHIDA² AND DAIJI KITAGAWA³

¹Hachinohe Station, Tohoku National Fisheries Research Institute, Fisheries Research Agency, Hachinohe, Aomori 031-0841, ²Fukushima Prefectural Fisheries Experimental Station, Iwaki, Fukushima 970-0316, ³Hokkaido National Fisheries Research Institute, Fisheries Research Agency, Kushiro, Hokkaido 085-0802, Japan

Growth of the snow crab *Chionoecetes opilio* in the waters off the Pacific coast of northern Honshu (PNH), Japan was investigated using carapace width (CW) frequency analysis. The CW frequency of this stock in 2001-2005 was separated into six instars with 27-93 mm of mean CW for males, five instars with 30-77 mm of mean CW for females. Mean CW of each instar of females was slightly different from that of males. Almost all male and female crabs attained terminal molt at 110 mm and 76 mm CW, respectively. Mean CW of each instar and proportion of numbers of terminal molted male crabs were compared to previous studies in the Sea of Japan. While mean CW of each instar in PNH was similar to that in the Sea of Japan, the proportion of numbers of terminal molted male crabs in PNH was higher than that in the Sea of Japan for each CW class. One of the reasons why few large male snow crabs are found in PNH was that the size at terminal molt was different between PNH and the Sea of Japan.

キーワード：甲幅組成, ズワイガニ, 成長, 東北海域

ズワイガニ *Chionoecetes opilio* は, 日本周辺では日本海, オホーツク海および茨城県以北の太平洋岸沖に分布する。¹⁾ 東北地方太平洋岸沖 (以下, 東北海域と呼ぶ) では, 1996 年から着底トロール調査による本種の資源量推定が行われており, 水深 150~750 m に分布し, 宮城および福島県沖で分布密度が高いことが報告されている。^{2,3)} 本種は主に福島県で重要な漁獲対象とされているが, その一方で, 東北海域では日本海産に比べ大型個体が見られないことが知られている。²⁾ また本種は, 1997

年からは TAC (漁獲可能量) 対象種となり, ABC (生物学的許容漁獲量) が算定されるようになった。これに伴い, 資源保護のため漁獲規制として, 操業期間を 12 月 10 日から翌年 3 月 31 日とし, 甲幅 8 cm 未満の雄ガニおよび外仔を持たない未成熟雌ガニの漁獲が禁止された。その他, 稚ガニの主な分布域での操業の自粛や, 1 隻 1 日あたり水揚量の制限, 操業期間の短縮などの自主規制措置を漁業者自らが講じている。

信頼性の高い資源評価のためには, 評価対象種の生物

* Tel.: 81-178-33-1500. Fax: 81-178-34-1357. Email: yujiueda@affrc.go.jp

^a 現所属：京都府立海洋センター (Kyoto Institute of Oceanic and Fishery Science, Miyazu, Kyoto 626-0052, Japan)

学的情報が不可欠である。日本海やオホーツク海のズワイガニ資源については分布, 成長, 成熟などの生物特性が広く調べられている。⁴⁻¹²⁾ 一方, 東北海域の本種では, 北川²⁾が分布, 成熟サイズおよび甲幅と体重の関係等について報告し, 吉田¹³⁾が小型個体の成長や脱皮時期について報告しているのみである。ABC算定のためには, 着底トロール調査より推定された資源量から2年後の漁獲加入量を予測する必要がある,¹⁴⁾ 漁獲対象サイズ付近の成長に関する情報が不可欠である。本種は年齢形質を持たないので年齢査定は不可能であるが, 着底トロール調査で採集された標本の甲幅組成を齢期群組成に変換することにより, 成長の把握が可能であると考えられる。そこで本報では, 甲幅組成解析等より東北海域におけるズワイガニの成長を調べることを目的とした。

材料および方法

標本採集 解析に用いた標本は, 東北海域の水深 150~900 m で行われた以下の着底トロール調査により採集された。2001~2005 年の各年 10~11 月に若鷹丸 (東北区水産研究所所属, 692 トン) によるもの,³⁾ 2002~2006 年の各年 4 月に但州丸 (兵庫県立香住高校所属, 499 トン) によるもの,¹⁵⁾ 2003 年の 11~12 月に第七開洋丸 (日本海洋所属, 499 トン) によるもの, および 2001 年 10 月から 2003 年 8 月にいわき丸 (福島県水産試験場所属, 159 トン) によるもの¹³⁾である。各調査が行われた海域と調査点を Fig. 1 に, 調査別雌雄別採集個体数を Table 1 に示す。なお, 日本海では甲幅 60 mm 以上の本種雄は, 1 年に 1 回およそ 9~10 月に脱皮するが,^{6,10)} 上述の東北海域で採集された標本では 10 月に脱皮直後の甲羅の柔らかい個体はほとんど見られなかった。したがって, 一年を 10 月から翌年 8 月までとして資料を整理した。

生物測定 調査で採集された標本は, 調査点ごとにノギスを用い全数の甲幅を測定した。まれに調査時間内の処理が不可能なほど大量に採集された場合は, 無作為に抽出した一部を測定した。測定結果より雌雄別に階級幅 2 mm の甲幅組成を求めた。

本種では最終脱皮の存在が知られ, 最終脱皮後の雄は, 鉗脚前節 (はさみ) の高さが体サイズに対して大きくなることから,^{10,16)} 若鷹丸, 但州丸および第七開洋丸による調査の一部で, 雄では甲幅に加え鉗脚前節高を計測した。鉗脚前節高と甲幅をプロットすると, 一般に甲幅に対し鉗脚前節高が相対的に大きい群と小さい群が見られる。^{2,10,12,16)} そこで, 甲幅 30 mm 以上の計測結果について, 対数変換後の鉗脚前節高と甲幅をそれぞれ縦軸と横軸にとるようにプロットし, 次に述べる方法により, 鉗脚前節高が甲幅に対し大きい群 (最終脱皮後) と小さい群 (最終脱皮前) に分けた。両群を分割する線と

Fig. 1 Stations of bottom-trawl survey and prefectures in the waters off the Pacific coast of northern Honshu area. Symbols show stations for research vessels, Wakataka-Maru (open circle), Tanshu-Maru (solid circle), Kaiyo-Maru No. 7 (triangle) and Iwaki-Maru (cross).

して, 両群のあいだを通り, 線からの偏差が ± 0.01 の範囲にある点の個数が最小となる直線を便宜的に求めた。求められた直線よりも上にある点と下にある点に該当する標本を, それぞれ最終脱皮後, 最終脱皮前とした。雌では最終脱皮時に腹節が大きくなるので,⁴⁾ 腹節

Table 1 Sampling year, research vessels and sample size of the snow crab *Chionoecetes opilio* in the waters off the Pacific coast of northern Honshu, Japan

	R/V	Year				
		2001	2002	2003	2004	2005
Male	Wakataka-Marui	386	431	869	1960	2903
	Tanshu-Marui	273	417	476	266	311
	Iwaki-Marui	822	652	139		
	Kaiyo-Marui No. 7			996		
	Total	1481	1500	2480	2226	3214
Female	Wakataka-Marui	367	642	695	2118	2818
	Tanshu-Marui	242	406	488	255	254
	Iwaki-Marui	701	520	284		
	Kaiyo-Marui No. 7			1216		
	Total	1310	1568	2683	2373	3072

が大きく膨らんでいる個体を最終脱皮後とした。以上のようにして得た 2001～2004 年の結果を合計し、雌雄別甲幅階級別に最終脱皮割合を求めた。

甲幅組成解析 各調査で得られた甲幅組成を、年別に合計し齢期群組成に変換した。この際、甲幅 20 mm 以下については日本海では年に複数回脱皮していることが知られている⁸⁾ため、また雄の甲幅 120 mm 以上については甲幅階級あたりの標本数が少ないため齢期群への変換が困難と判断し、それぞれ本解析から除外した。なお、本論文で「齢期」はすべて脱皮齢期のことを指す。

甲幅組成解析の際、最終脱皮後 1 年以上経過している個体を用いないことで、一つの齢期群に複数の年級群が混ざるのを避けることが可能である。しかし、本研究で用いた標本には、最終脱皮直後の甲羅の柔らかい個体がほとんど見られなかったことから、最終脱皮後の個体を脱皮後 1 年未満と 1 年以上とに分けることは不可能であった。したがって最終脱皮後の個体を全て解析に用いた。

甲幅組成解析では、各年の甲幅組成に複合正規分布をあてはめた。この際、各正規分布の平均値、すなわち各齢期 (i) の平均甲幅 (CW_i) は logistic 型の成長曲線に従い、また各正規分布の標準偏差、すなわち各齢期群の甲幅の標準偏差 (SD_i) は平均甲幅と線形関係にあると仮定した。

$$CW_i = \frac{CW_{\infty}}{1 + \exp[a(i+b)]} \quad (1)$$

$$SD_i = c \times CW_i + d \quad (2)$$

上式で CW_{∞} は極限甲幅を示し、 a, b, c および d はそれぞれ定数である。東北海域では解析に用いた甲幅 22 mm 以上の齢期は不明であるので、平均甲幅が最小の齢期群を便宜的に 1 齢期とした。2001～2005 年の平均的

Fig. 2 Carapace width frequencies of the male snow crab in 2001–2005. Thick lines show normal distributions for instars and thin lines show the maximum likelihood best-fit combination of normal distributions.

な成長を調べるため、上式から得られる各齢期群の平均甲幅と標準偏差は年ごとに共通とし、各齢期群の混合率を年ごとに求めた。齢期群数を、体長組成のモードの出現状況から設定し、 a, b, c および d を MS-Excel のソルバーを用い最尤法により推定した。

結 果

甲幅組成解析 雄の甲幅組成では、2001 年に甲幅 26 mm に出現したモードは翌年以降 34, 50, 64 mm に順次出現していた (Fig. 2)。甲幅 70 mm 以上ではモードは不明瞭であったが、50 mm から 64 mm までの成長量が 14 mm であることから、甲幅 70 mm 以上の平均的な脱

Table 2 Mean carapace width (CW), standard deviation (SD) of CW and annual frequency for instars for the male snow crab *Chionoecetes opilio* in 2001–2005

Instar		1	2	3	4	5	6	7	8
CW (mm)		27.4	37.7	50.2	64.3	79.0	93.1	105.5	115.8
SD (mm)		2.8	3.8	4.9	6.2	7.6	8.9	10.0	10.9
Frequency	2001	0.102	0.292	0.340	0.007	0.142	0.107	0.008	0.002
	2002	0.154	0.193	0.104	0.287	0.180	0.044	0.034	0.003
	2003	0.020	0.045	0.446	0.221	0.198	0.062	0.009	0.000
	2004	0.032	0.113	0.149	0.488	0.143	0.070	0.005	0.000
	2005	0.054	0.262	0.134	0.192	0.285	0.065	0.007	0.000

Mean CW and standard deviation of CW for instars are derived from equations 3 and 4 in the text, respectively.

Table 3 Mean carapace width (CW), standard deviation (SD) of CW and annual frequency for instars for the female snow crab *Chionoecetes opilio* in 2001–2005

Instar		1	2	3	4	5	6
CW (mm)		30.1	39.8	51.2	63.9	77.0	89.8
SD (mm)		3.6	4.0	4.4	4.9	5.5	6.0
Frequency	2001	0.109	0.326	0.312	0.019	0.234	0.000
	2002	0.166	0.148	0.077	0.335	0.274	0.000
	2003	0.057	0.059	0.338	0.273	0.273	0.000
	2004	0.029	0.096	0.077	0.531	0.266	0.000
	2005	0.075	0.224	0.098	0.278	0.325	0.000

Mean CW and standard deviation of CW for instars are derived from equations 5 and 6 in the text, respectively.

皮成長量を 14 mm と仮定し, 甲幅 70 mm から解析に用いた最大甲幅である甲幅 120 mm までの齢期群数を, $(120 - 70) / 14 = 3.6$ より最大 4 群と算出した。これと, 甲幅 64 mm までの 4 群を合わせ, 雄の甲幅組成には最大 8 つの齢期群が含まれていると仮定して解析した。同様にして, 雌では最大 6 齢期群と仮定して解析した。

雄の齢期と甲幅 (mm) の関係および齢期別甲幅の標準偏差はそれぞれ次式のように推定された。

$$CW_i = \frac{143.2}{1 + \exp[-0.412(i - 4.501)]} \quad (3)$$

$$SD_i = 0.092 \times CW_i + 0.328 \quad (4)$$

上式から得られた齢期別平均甲幅と標準偏差, および推定された齢期別年別混合率を Table 2 に示した。2002 年の甲幅組成には 24, 34 mm にモードがあり, これらは推定された 1 齢および 2 齢の平均甲幅より小さかったが, これらを除き複合正規分布は各年の甲幅組成に良くあてはまっていた (Fig. 2)。モードが不明瞭であった甲幅 70 mm 以上では, 平均甲幅 79 および 93 mm の齢期群が存在していた。甲幅 100 mm 以上では 1 例を除き混合率は 0.01 未満と非常に小さかった。

Fig. 3 Carapace width frequencies of the female snow crab in 2001–2005. Thick lines show normal distributions for instars and thin lines show the maximum likelihood best-fit combination of normal distributions.

Fig. 4 Relationship between carapace width and chela height of the snow crab in the waters off the Pacific coast of northern Honshu, Japan. The line represented by equation 7 divides data into two groups: relatively large or small chela to carapace width. Data were log transformed.

雌の齢期と甲幅 (mm) の関係および齢期別甲幅の標準偏差はそれぞれ次式のように推定された。

$$CW_i = \frac{141.9}{1 + \exp[-0.372(i - 4.535)]} \quad (5)$$

$$SD_i = 0.041 \times CW_i + 2.350 \quad (6)$$

上式から得られた齢期別平均甲幅と標準偏差, および推定された齢期別年別混合率を Table 3 に示した。2002 年の 1 齢と 2 齢および 2003 年の 1 齢では甲幅組成に見られたモードのほうが推定された齢期別平均甲幅より小さかったが, これらを除き複合正規分布は各年の甲幅組成に良くあてはまっていた (Fig. 3)。平均甲幅 90 mm となる 6 齢の混合率は各年とも 0 であり, 雌の甲幅組成は実質平均甲幅 30~77 mm の 5 齢期群から構成されていると推定された。

最終脱皮割合 雄の甲幅 (CW) と鉗脚前節高 (CH) をそれぞれ対数変換したものの関係には, 甲幅に対し鉗脚前節高が大きい群と小さい群が見られ, 両群を最終脱皮前と最終脱皮後に分ける式は以下になった (Fig. 4)。

$$\ln(CH) = 1.154 \times \ln(CW) - 2.389 \quad (7)$$

上式と甲幅-鉗脚前節高関係より求められた雄の最終脱皮割合は甲幅 60 mm 前後から増加し, 甲幅 110 mm 以上で全てが最終脱皮個体となっていた (Fig. 5)。

雌では甲幅 54 mm 前後から最終脱皮割合が増加し, 甲幅 76 mm 以上ではほぼ全てが最終脱皮個体であった

Fig. 5 Proportions of numbers of terminal molted crab by carapace width (dark).

(Fig. 5)。

考 察

ズワイガニの成長は, 東北海域以外ではこれまでも日本海やカナダ東岸で調べられている。日本海において伊藤⁶⁾および今⁸⁾により 1960-70 年代の標本を用いて報告された雄の成長は, 10 齢期で甲幅 63~65 mm であった。甲幅 80~82 mm である 11 齢期までは両者とも齢期別甲幅はほぼ同一であったが, 12 齢期以降では今が報告した甲幅のほうがやや小さかった。本研究で調べた最小の齢期群を 7 齢としたとき, 以降の成長は雌雄とも今が報告した値⁸⁾に非常に近い (Fig. 6)。一方, 山崎ら¹¹⁾によれば, 1989-90 年の標本には平均甲幅 67, 91, 111 および 130 mm の齢期群が見られており, これは上述の知見とはかなり異なる。しかし最近の日本海では, 10 齢期で甲幅 64 mm, 11 齢期では 82 mm になっている¹⁷⁾ことから, 日本海における最近の成長は 1970 年代の成長に近く, 東北海域の雄の成長とも酷似していると考えられた。カナダ東岸ではセントローレンス湾北西部,¹⁸⁾ 南西部¹⁹⁾およびニューファンドランド島西部²⁰⁾で雄の齢期別甲幅が調べられており, これらは互いに酷似していた。Taylor and Hoenig²¹⁾はニューファンドランド島東部において, 標識再捕結果より甲幅と成長量の関係を求めた。関係式によれば, 甲幅 80 mm の個体は次回以降の脱皮で 93, 104 mm と成長する。これはカナダ東岸よりはやや成長量が小さいが, 日本海で今が調べた値⁸⁾や本研究で得られた東北海域の値とは非常に近か

Fig. 6 Carapace width at instar of the snow crab of this study and in the Sea of Japan. Data of the Sea of Japan were reported by Kon.⁸⁾

った。これらのことより、東北海域と日本海、さらにはカナダ東岸におけるズワイガニの成長速度には大きな違いはないと考えられた。

本研究では各年共通の logistic 型成長曲線から各齢群の平均甲幅を求めたが、2002 年の小型サイズで他の年より平均甲幅が小さいなど、一部では成長の年変化も示唆された。例えば雄の 2002 年の 2 齢では推定された平均甲幅 (37.7 mm) と甲幅組成のモード (34~36 mm) は明らかに異なっていたが、その差は 3 mm 程度であり、1 齢から 2 齢への脱皮成長量である 10.3 mm に対し小さかった。また、ほとんどの年と齢期で推定された正規分布は甲幅組成と良くあてはまっていたことから、解析した 2001~2005 年における本種の成長の年変化は僅かであったと推察され、各年共通と仮定した齢期別甲幅の推定は概ね妥当であったと考えられる。

雄の甲幅組成には、甲幅 70 mm 以上では明瞭なモードが見られなかった。この要因として、本種に最終脱皮が存在することが考えられる。最終脱皮割合は、甲幅が大きくなるにつれて高くなっていった。すなわち、小型サイズほど最終脱皮後の個体が少なくほぼ単一の年級群のみで構成されているのに対し、大型サイズほど最終脱皮後の成長が止まった複数の年級群から構成されている。

Table 4 Proportions of numbers of the terminal molted crab by carapace width classes, of this study and that in the Sea of Japan. Data of the Sea of Japan were reported by Yamasaki *et al.*¹¹⁾

Carapace width (mm)	Proportion of numbers of terminal molted crab (%)	
	This study	Sea of Japan
60-69	13.9	0.3
70-79	37.3	11.8
80-89	59.1	29.4
90-99	75.1	25.9
100-109	85.6	56.9
110-119	100.0	73.6

本種は最終脱皮以後 4 年程度生残することが報告されている¹¹⁾ことから、大型サイズでは一つの齢期群に最大 5 つ程度の年級群が混ざりあっていると推察される。したがって成長に僅かでも年変化がある場合、複数の年級群が混ざり合うことがモードを不明瞭にする要因の一つとして考えられた。

最終脱皮について調べた結果、雄は甲幅 110 mm で最終脱皮割合が 100% に達していた。このサイズの個体の脱皮による成長量は 10~12 mm であることから (Table 2)、標本中最大の未最終脱皮サイズである甲幅 108 mm の個体は、次の脱皮が最終脱皮となり甲幅 120 mm 程度までに成長すると考えられる。このことは、東北海域におけるトロール調査や漁獲物で甲幅 120 mm より大きい個体がほとんど見られないことと矛盾せず、甲幅 110 mm 以上の個体は以後脱皮しないと考えられた。なお、トロール調査および漁獲物で僅かに甲幅 120 mm 以上の個体が見られていることから (トロール調査で得られた標本の最大甲幅は 134 mm だった)、実際の資源では甲幅 110 mm 以上にも僅かながら未最終脱皮個体が存在すると考えられる。雄の最終脱皮割合を日本海における値¹¹⁾と比較したところ (Table 4)、甲幅 60 mm 以上では全ての甲幅階級で日本海に比べ最終脱皮割合が大きく、日本海では約 3 割の個体が最終脱皮前である甲幅 110 mm では、東北海域の場合ほぼ全ての個体が最終脱皮後であった。

東北海域の雄ズワイガニは日本海に比べ大型個体が見られないことが知られている。²⁾以上に述べたことから、この要因として、成長速度の違いではなく、東北海域のほうが日本海より最終脱皮を経て成長が止まるサイズが小さいことが考えられた。東北海域は日本海よりも本種の生息水温は高いが、²⁾本種では生息海域の水温の違いが最終脱皮サイズを決める要因ではないと考えられている。^{2,12,22)}水温以外の、成長速度や最終脱皮に関与する要因については明らかではないが、今後調査、検討

する必要がある。

甲幅-鉗脚前節高関係では、最終脱皮前の群には甲幅に対し鉗脚前節高が著しく小さい点が見られ (Fig. 4)、それらは、損傷もしくは欠損した鉗脚が次回以降の脱皮で再生した個体であると考えられる。再生した鉗脚を持つ個体は最終脱皮後の群にも存在すると考えられ、これらを標本採集時に正確に判別できるようになれば、甲幅-鉗脚前節高関係をより明確に最終脱皮後と最終脱皮前の二群に分けることが可能である。

雌では甲幅 76 mm 以上ではほぼ全てが最終脱皮個体であった。概ね未最終脱皮個体の最大サイズとなる甲幅 74~76 mm の個体は脱皮により 10~14 mm 成長し、甲幅 90 mm 程度までになると考えられる。このことは、甲幅 90 mm 以上の個体がトロール調査、漁獲物ともにほとんど見られないことと矛盾せず、甲幅 76 mm 以上の個体のほとんどは、それ以後は脱皮しないと考えられた。なお、雌雄とも推定された極限甲幅は 142~143 mm であったが、これらは雌が甲幅 100 mm 未満、雄が甲幅 120 mm 未満のデータから推定された結果であるので、本種が最終脱皮しない場合に甲幅 140 mm 以上まで成長するかは不明である。

2005 年現在、東北海域におけるズワイガニの資源評価では、トロール調査より推定された資源量から 2 年後の漁獲対象資源量を予測し、ABC を算定している。¹⁴⁾ 例えば本研究で推定された雄の成長に基づいた場合、今年平均甲幅 50 mm の齢期群のうち、翌年平均甲幅 64 mm の齢期群への脱皮が最終脱皮ではなかった個体が、翌々年に平均甲幅 79 mm の齢期群となり、このうち甲幅 80 mm 以上の個体が漁獲対象になると考えられる。したがって、甲幅 50 mm 前後の資源量を精度良く把握することで、2 年後の資源量予測の精度向上が期待される。また、本研究で推定した齢期別甲幅をもとに、本種の成長生残モデルを構築することができるので、これを用いて、YPR および SPR 解析等も行うことが可能であり、解析結果をもとに、より適切な漁獲圧等が提言できるようになると考えられる。

再生産関係は、本種の加入機構を調べる際の基礎的知見となる。日本海産の本種では、発生から甲幅 50 mm までに成長するのに 5 年を要すると報告されている。⁶⁾ したがって、東北海域も日本海と同様の成長速度と仮定した場合、甲幅 50 mm 前後の齢期群を加入群としたとき、産卵から 5 年後に加入することになる。東北海域におけるズワイガニの資源量推定は 1996 年から行われているが、親子関係を議論するためには、今後も資源量推定を続けて、再生産関係の情報を蓄積していくことが必要であろう。

謝 辞

着底トロール調査実施の際、多大なご協力を頂いた、若鷹丸、但州丸、第七開洋丸およびいわき丸の各調査船の船長、乗組員および補助調査員の皆様には深く感謝いたします。本研究は水産庁委託事業「資源評価調査」の一環として実施されたものであり、本事業の関係各位に厚くお礼申し上げます。なお、本論文は東北区水産研究所業績 (B88) である。

文 献

- 1) 桑原昭彦, 篠田正俊, 山崎 淳, 遠藤 進. 日本海西部海域におけるズワイガニの資源管理. 水産研究叢書, 日本水産資源保護協会, 東京. 1995; **44**: 1-89.
- 2) 北川大二. 東北海域におけるズワイガニの生物特性. 東北水研報 2000; **63**: 109-118.
- 3) 成松庸二, 伊藤正木, 服部 努, 上田祐司, 山田 学, 藤田 薫. 2004 年の底魚類現存量調査結果. 東北底魚研究 2005; **25**: 117-128.
- 4) 伊藤勝千代. 日本海の底魚漁業とその資源. 重要水族の漁業生物学的研究. 日水研報告 1956; **4**: 293-305.
- 5) 今 攸, 丹羽正一, 山川文男. ズワイガニに関する漁業生物学的研究—II. 甲幅組成から推定した脱皮回数. 日水誌 1968; **34**: 138-142.
- 6) 伊藤勝千代. 日本海におけるズワイガニの生態に関する研究Ⅲ. 甲幅組成および甲殻硬度の季節変化から推測される年令と成長について. 日水研報告 1970; **22**: 81-116.
- 7) 菅野泰次. オホーツク海のズワイガニ漁獲物の令期組成について. 日水誌 1975; **41**: 403-411.
- 8) 今 攸. ズワイガニ *Chionoecetes opilio* の生活史に関する研究. 新潟大学理学部付属佐渡実験所特別報告 1980; **2**: 1-64.
- 9) 山崎 淳, 桑原昭彦. カニカゴ操業結果からみたズワイガニの分布と甲幅組成. 日水誌 1991; **57**: 439-446.
- 10) 山崎 淳, 桑原昭彦. 日本海における雄ズワイガニの最終脱皮について. 日水誌 1991; **57**: 1839-1844.
- 11) 山崎 淳, 篠田正俊, 桑原昭彦. 雄ズワイガニの最終脱皮後の生残率推定について. 日水誌 1992; **58**: 181-186.
- 12) 柳本 卓, 養松郁子, 渡辺一俊. 夏期のオホーツク海南部におけるズワイガニの分布と形態学的成熟サイズ. 日水誌 2004; **70**: 750-757.
- 13) 吉田哲也. トロール調査で採集されたズワイガニの生物特性について. 東北底魚研究 2004; **24**: 15-19.
- 14) 伊藤正木, 服部 努, 成松庸二, 上野康弘, 上田祐司. 平成 17 年ズワイガニ太平洋北部系群の資源評価. 平成 17 年度我が国周辺海域の漁業資源評価 (魚種別系群別資源評価), 水産庁, 東京. 2006; 405-435.
- 15) 服部 努, 伊藤正木, 成松庸二, 相坂幸二, 後藤友明, 末永明雄, 吉田哲也, 高橋正和. 東北海域におけるマダラ・スケトウダラ新規加入量調査の結果. 東北底魚研究 2005; **25**: 169-171.
- 16) Conan GY, Comeau M. Functional maturity and terminal molt of male snow crab *Chionoecetes opilio*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 1986; **43**: 1710-1719.
- 17) 木下貴裕, 白井 滋, 養松郁子, 廣瀬太郎. 平成 17 年ズワイガニ日本海の資源評価. 平成 17 年度我が国周辺海域の漁業資源評価 (魚種別系群別資源評価). 水産庁, 東京. 2006; 436-473.
- 18) Robichaud DA, Bailey RFJ, Elnor RW. Growth and distribution of snow crab, *Chionoecetes opilio*, in the

- southeastern Gulf of St. Lawrence. *J. Shellfish Res.* 1989; **8**: 13–23.
- 19) Sainte-Marie B, Raymond S, Brêthes JC. Growth and maturation of the benthic stages of male snow crab, *Chionoecetes opilio* (Brachyura: Majidae). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 1995; **52**: 903–924.
- 20) Comeau M, Conan GY, Maynou F, Robichaud G, Theriault J, Starr M. Growth, spatial distribution, and abundance of benthic stages of the snow crab (*Chionoecetes opilio*) in Bonne Bay, Newfoundland, Canada. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 1998; **55**: 262–279.
- 21) Taylor DM, Hoenig JM. Growth per molt of male snow crab *Chionoecetes opilio* from Conception and Bonavista Bays, Newfoundland. *Fish. Bull.* 1990; **88**: 753–760.
- 22) 山崎 淳, 桑原昭彦. 大和堆におけるズワイガニの分布と最終脱皮サイズ. 日本誌 1993; **59**: 1977–1983.