

(8)「越前がに」の品質の見える化 (農林水産漁業者等提案型共同研究)

手賀 太郎・前川 龍之介・元林 裕仁・松宮 由太佳
(水産試験場海洋資源研究センター)
中野 良一 (福井県底曳網漁業協会 会長理事)

1 目的

県内で水揚げされるズワイガニは専用タグを取り付け「越前がに」高級ブランドとして流通している。「越前がに」は身入りの程度によってその品質が評価されるが、現在の評価方法は市場職員や仲買人等の経験的な目利きに頼っている。このため、魚体に傷をつけずに身入りを定量的に推定する手法を確立し、「越前がに」を数値化した品質基準が求められている。

近年、農業の分野では果物であるモモやメロン、ミカン等の糖度を数値化し、品質基準を示すことで付加価値を付ける取り組みが広がっている (Xie et al. 2016)。糖度の測定には近赤外線糖度計が用いられており、照射した近赤外線を含む判別光の吸収された割合によって水分含有率が検出される。ズワイガニにおいてもこの水分含有率が低い程身入り状態が良い特性を利用して殻内の蟹肉の身入り状態を判定することが可能だと考えられている (Yamamoto et al., in press)。

そこで本研究では、産地市場において、近赤外線糖度計 (製品名「おいし果」、千代田電子工業 (株) 製) による測定を行った。近赤外線糖度計による身入り推定値を元にした品質基準を定めるため、一部個体は買い上げ、実験室で精密測定を行い、身入り実測値を求め、身入り推定値との相関を調べることで、ズワイガニ品質評価が可能か検討した。

2 材料と方法

1) 市場調査

令和5年11月から令和6年3月にかけて越前町市場に水揚げされた活ズワイガニ 510 尾 (カタガニ 381 尾、水ガニ 129 尾) (表1) を供試個体とした。近赤外線糖度計による測定は、図1のように照射部位はハサミ脚とし、ペーパータオルで照射部位の水分を拭きとって行った。続いて、甲幅、ハサミ脚幅、ハサミ脚高を電子ノギスで測定した。得られた身入り推定値の個体数頻度を求めた。

2) 精密測定

前述の市場調査と同時期に、表2のとおりズワイガニのオス 144 尾 (カタガニ 41 尾、水ガニ 103 尾) を買い上げ、当センターへ搬入し、市場調査同様に身入り推定値、甲幅、ハサミ脚幅、ハサミ脚高を測定し、さらに電子天秤で体重を計測した。

また、身入り実測値は固形分含有率で求めることができるとされており (Yamamoto et al., in press)、以下の式で算出した。

固形分含有率 = (ハサミ脚の乾燥重量) / (ハサミ脚の乾燥前重量) × 100 (%)。

ハサミ脚は図2のとおり切り取って測定に供した。乾燥重量は 70℃で 72 時間の乾燥処理を行い求めた。

表 1 市場調査で測定したズワイガニの概要と調査項目

調査項目	漁獲日	調査日	カタガニ 計測個体数	水ガニ 計測個体数	甲幅、ハサミ脚幅、 ハサミ脚高	身入り推定値 近赤外線糖度 計（おいし 果）
市場調査	2023/11/22	2023/11/22	103			○
	2023/12/5	2023/12/5	5		○	○
	2023/12/7	2023/12/7	55		○	○
	2023/12/15	2023/12/15	43	5	○	○
	2024/1/18	2024/1/18	52		○	○
	2024/2/9	2024/2/9	26		○	○
	2024/2/26	2024/2/26	28	42	○	○
	2024/3/1	2024/3/1	38	42	○	○
市場調査 計測個体数合計			381	129	○	○

カタガニ：最終脱皮後1年以上経過したハサミ脚が大きく、甲殻が硬く身入りが良い雌ガニ

水ガニ：最終脱皮後1年未満でありハサミ脚が大きく、甲殻が柔らかく身入りが少ない雄ガニ、12月には自主規制中だが試験用サンプルとして提供を受けた。



図 1 近赤外線糖度計によるハサミ脚の測定

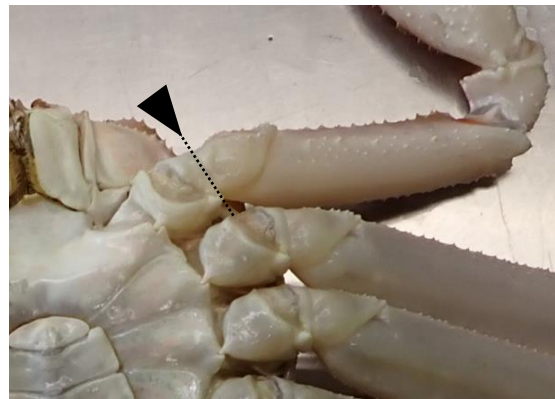


図 2 筋肉の固形重量計測のためのハサミ脚切り取り位置

表 2 精密測定したズワイガニの概要と調査項目

調査項目	漁獲日	調査日	カタガニ 計測個体数	水ガニ 計測個体数	甲幅、ハサミ脚幅、 ハサミ脚高	体重	身入り推定値 近赤外線糖度計 （おいし果）	身入り実測値 筋肉の固形分 含有率
精密測定	2023/12/5	2023/12/5	5	3	○	○	○	○
	2024/1/18	2024/1/18	8		○	○	○	○
	2024/1/31	2024/1/31	10	7	○	○	○	○
	2024/2/26	2024/2/26	6	34	○	○	○	○
	2024/3/1	2024/3/1	6	34	○	○	○	○
	2024/3/5	2024/3/5	6	25	○	○	○	○
精密測定 計測個体数合計			41	103				

3) 身入り推定値の再検討

身入り推定値は、近赤外線糖度計で照射した判別光のうち受光器で捉えた反射光の 700 から 1100nm の 14 の波長と身入り実測値の関係から作成する検量線を用いて推定するものである。今回の研究で使用した近赤外線糖度計には過去の研究（Yamamoto et al., in press）から作成された検量線が搭載されており、他県のズワイガニのデータを含んでいる。ズワイガニの身入りには地域差が含まれることが考えられ、身入り推定値の精度を向上させるため福井県独自の検量線作成を試みた。

3 結果

1) 市場調査

市場で測定したカタガニと水ガニの各項目の平均値を表 3 に示した。カタガニは 1 尾ずつ体重 100g ごとに選別され、特大および 1 から 10 までの規格があった。カタガニは全てハサミ脚が大きく足折れはなかった。水ガニ

は発泡スチロール1箱あたりに入る尾数の大きさで選別され、5入・8入・10入・12入の規格があった。水ガニにはハサミ脚が小さい個体も含まれていた。

規格別の平均身入り推定値はカタガニが32.0～36.4、水ガニは22.2～26.1であり、カタガニと水ガニでは5.9～14.2の差があった。

表3 市場調査におけるカタガニ、水ガニの各規格の平均甲幅、平均ハサミ脚幅、平均ハサミ脚高、平均身入り推定値

ズワイガニの規格	平均 甲幅(mm)	平均 ハサミ脚幅(mm)	平均 ハサミ脚高(mm)	平均 身入り推定値
カタガニ特大 (1.5kg 以上)	158.0	36.3	38.3	34.2
カタガニ1 (1.3kg以上)	149.4	33.0	36.4	32.4
カタガニ2 (1.2kg以上)	145.6	32.2	34.7	33.1
カタガニ3 (1.1kg以上)	141.2	30.1	33.1	32.0
カタガニ4 (1.0kg以上)	137.1	28.9	32.1	33.3
カタガニ5 (0.9kg以上)	131.3	27.8	30.6	32.6
カタガニ6 (0.8kg以上)	128.3	27.2	29.8	33.0
カタガニ7 (0.7kg以上)	123.2	25.8	28.7	33.0
カタガニ8 (0.6kg以上)	116.5	24.0	26.7	34.1
カタガニ9 (0.5kg以上)	112.1	23.1	25.3	34.2
カタガニ10 (0.5kg未満)	105.5	20.9	23.3	36.4
水ガニ5入	143.1	31.4	34.1	22.2
水ガニ8入	130.4	27.4	30.3	23.7
水ガニ10入	118.2	21.0	23.8	24.6
水ガニ12入	108.7	17.3	19.9	26.1

カタガニ、水ガニの身入り推定値の頻度を図3に示す。最頻値はカタガニが31以上32未満であり、水ガニは22以上23未満であった。カタガニの割合が過半を占め始める27以上では92.9%がカタガニであった。

月毎のカタガニ、水ガニの身入り推定値の頻度を図4に示す。11月、12月のカタガニの最頻値はともに31以上32未満であった。翌1月と2月のカタガニの最頻値はともに36以上37未満であり、3月は37以上38未満であった。カタガニは12月から1月にかけて時間経過とともに最頻値が高くなっていた。水ガニは2月と3月で最頻値はそれぞれ22以上23未満、26以上27未満であった。水ガニにおいても時間経過とともに最頻値が高くなっていた。

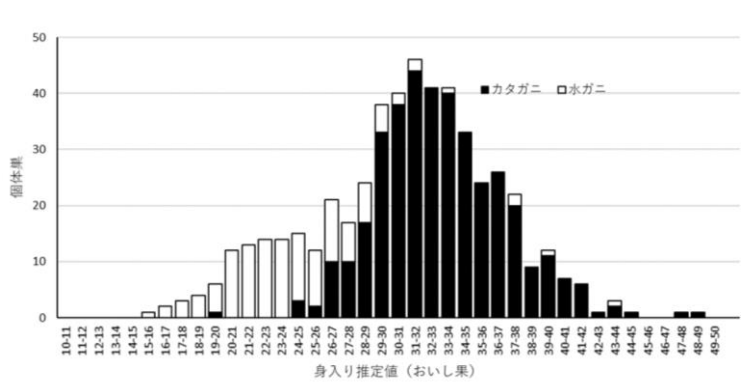


図3 市場調査におけるカタガニ・水ガニの身入り推定値の個体頻度

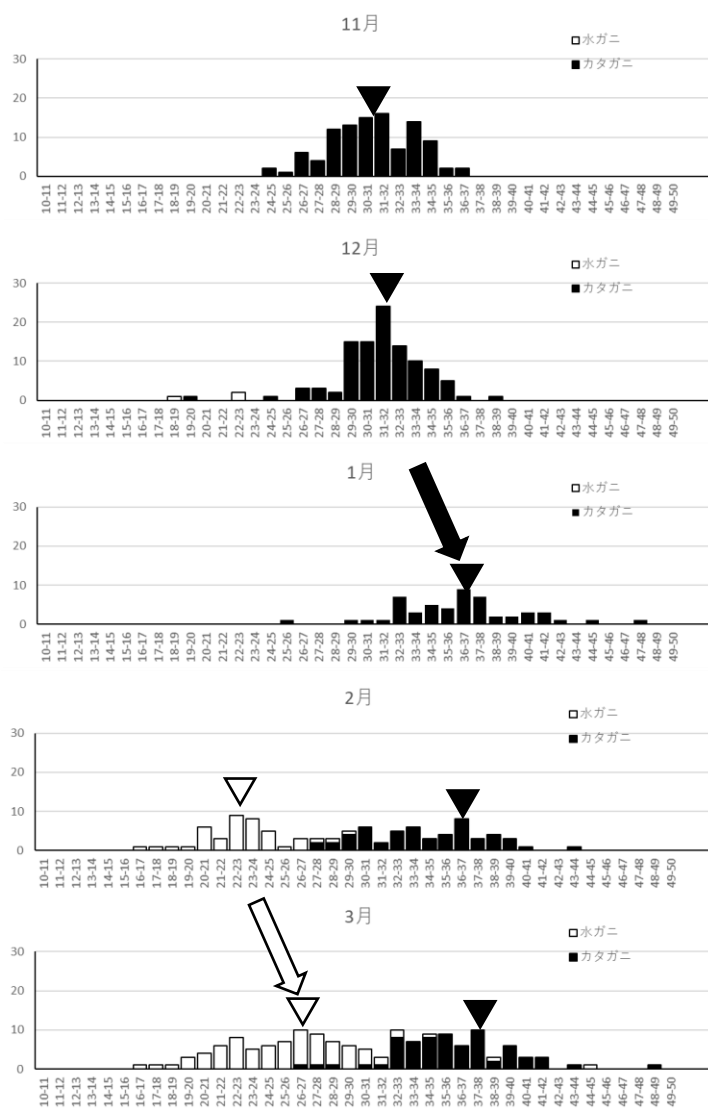


図4 市場調査における月毎のカタガニ・水ガニの身入り推定値の個体頻度

2) 精密測定

精密測定したカタガニと水ガニの各項目の平均値を表4に示した。特大サイズのカニは希少かつ高価であり購入できなかった。カタガニの選別は市場調査で前述したとおりであり、規格によって体サイズである甲幅、ハサミ脚幅、ハサミ脚高、体重は変動した。

規格別の平均身入り推定値はカタガニが30.6～35.8、水ガニが20.6～23.2であり、カタガニと水ガニでは7.4～15.2の差があった。

規格別の平均身入り実測値はカタガニが33.7～36.5、水ガニが19.2～28.0であり、カタガニと水ガニでは5.7～17.3の差があった。

平均身入り実測値のカタガニ、水ガニそれぞれの傾向は身入り推定値と同様であり、カタガニが水ガニより高い値を示した。

表4 精密測定におけるカタガニ、水ガニの各規格の平均甲幅、平均ハサミ脚幅、平均ハサミ脚高、平均体重、平均身入り推定値、平均身入り実測値

ズワイガニの規格	平均 甲幅(mm)	平均 ハサミ脚幅(mm)	平均 ハサミ脚高mm	平均 体重(g)	平均 身入り推定値	平均 身入り実測値(%)
カタガニ1 (1.3kg以上)	152.1	33.0	37.2	1436.1	30.7	34.7
カタガニ2 (1.2kg以上)	146.7	32.9	36.9	1240.5	35.8	35.0
カタガニ3 (1.1kg以上)	142.2	30.8	34.0	1120.4	33.7	33.7
カタガニ4 (1.0kg以上)	137.7	29.5	32.5	1024.0	34.6	34.6
カタガニ5 (0.9kg以上)	132.4	28.8	31.2	908.1	34.9	34.8
カタガニ6 (0.8kg以上)	130.4	26.1	30.2	857.3	31.3	33.8
カタガニ7 (0.7kg以上)	123.0	25.9	29.1	711.9	31.5	35.0
カタガニ8 (0.6kg以上)	118.5	24.5	27.2	640.8	32.0	36.5
カタガニ9 (0.5kg以上)	112.1	23.3	26.4	564.2	30.6	36.5
カタガニ10 (0.5kg未満)	105.7	22.0	24.1	477.0	31.8	34.5
水ガニ5入	140.6	30.0	33.5	997.3	20.6	19.2
水ガニ8入	127.1	26.0	28.5	738.8	22.7	22.5
水ガニ10入	117.0	21.3	23.4	564.6	22.9	26.0
水ガニ12入	109.0	17.4	19.6	425.2	23.2	28.0

精密測定で得た身入り推定値の頻度を図5に示す。カタガニの最頻値は身入り推定値が31以上32未満であり、水ガニの最頻値は21以上22未満であった。カタガニの割合が過半を占め始める29以上では100%がカタガニであった。

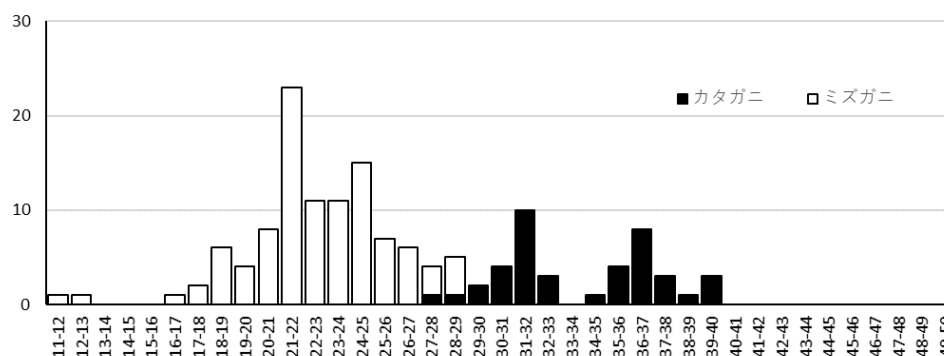


図5 精密測定におけるカタガニ・水ガニの身入り推定値の個体頻度

精密測定における身入り推定値と実測値との相関を図6に示す。身入り推定値と身入り実測値は正の相関があり、さらにカタガニと水ガニで明確にグループを構成した。身入り推定値では30以上、身入り実測値でも概ね30以上がカタガニであり、双方の値が30未満であった場合は水ガニであった。

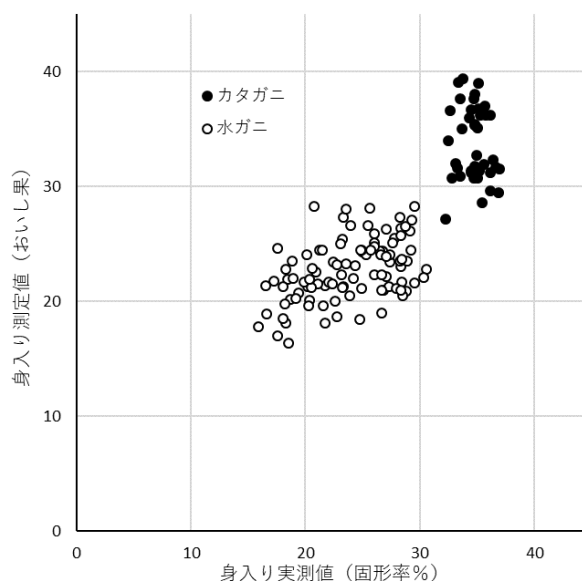


図6 精密測定における身入り推定値（おいし果）と身入り実測値の関係

図7に、甲幅、ハサミ脚幅、体重と身入り実測値および身入り推定値の関係を示す。甲幅、ハサミ脚幅、体重と身入り実測値の関係は、カタガニは常に水ガニよりも高い値をしており、カタガニは甲幅、ハサミ脚幅、体重が増加しても身入り実測値は一定の値を示していたのに対し、水ガニはそれぞれのサイズが増加するに従い身入り実測値は減少した。特に水ガニでハサミ脚幅が20 mm以下の個体は、最終脱皮前の個体であるハサミ脚が小さな個体としては、身入りが良かった。

一方、近赤外線糖度計から得た身入り推定値との関係では、カタガニは常に水ガニよりも高い値をしていたものの、水ガニでは各部位が増加しても身入り推定値が減少する傾向はみられず、実測値とは異なっていた。

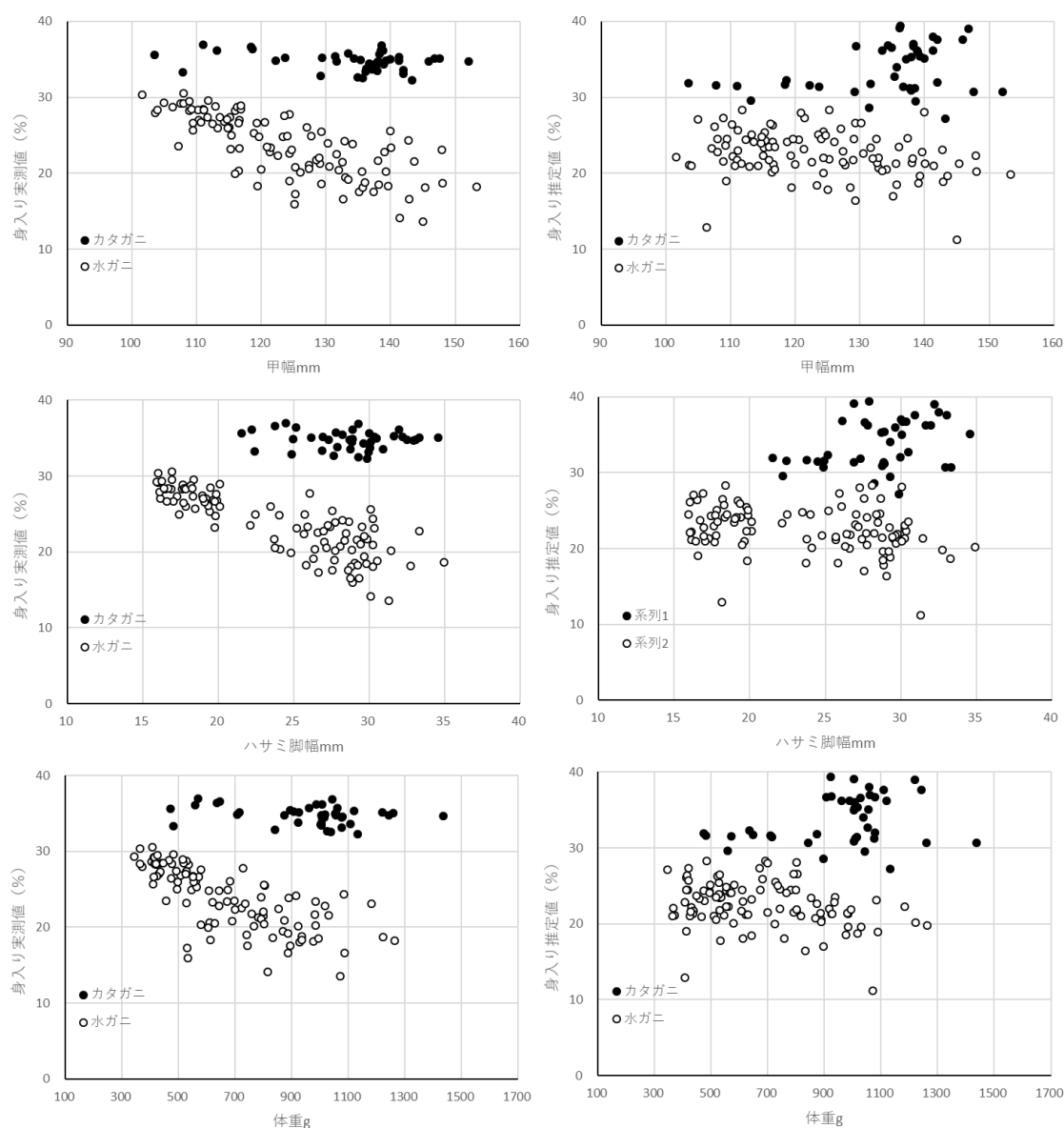


図7 甲幅、ハサミ脚幅、体重と身入り実測値（左側）、身入り推定値（右側）の関係

近赤外線糖度計から得た反射光の14の波長と身入り実測値（水ガニのハサミ脚小は除外した）から、統計解析ソフトRを用いて、山本ら (Yamamoto et al., in press) の方法に従って身入り推定値の計算モデルを作成した。計算モデルで算出した身入り推定値と身入り実測値の相関係数 R^2 は0.93であり、高い相関を示した (図8)。

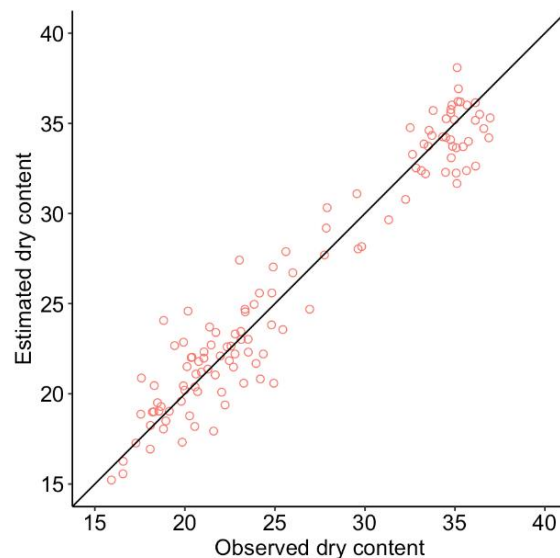


図8 精密測定における身入り推定値（おいし果）と身入り実測値の関係 補正後

4 考察

市場調査および精密測定の近赤外線糖度計による身入り推定値からカタガニと水ガニの差を得ることができた。ただし、市場調査と精密測定では、身入り推定値がそれぞれ 27 以上および 29 以上とミズガニからカタガニへ変遷する境目の差は若干だったが、市場測定では 24 以上からカタガニが出現していた。市場調査は 11 月から 3 月に実施しており、各月毎の身入り推定値の個体頻度（図 4）より、カタガニの最頻値が 11 月、12 月から翌 1 月にかけて増加しており、甲殻が柔らかい漁期始めと固くなる漁期中期、終期を含んでいるため、12 月から開始した精密測定より低い 24 からカタガニが生じたと考えられた。

また、図 6 の精密測定の身入り推定値と身入り実測値の関係が正の相関を示すこと、カタガニと水ガニで 2 つのグループを形成することから、近赤外線糖度計の推定値は身入りと相関しており、カタガニと水ガニの識別が可能であった。

図 7 の実測値と甲幅、ハサミ脚幅、体重関係から、カタガニと水ガニはデータの分布が分かれていた。水ガニは体サイズが小さく、かつハサミ脚が小さい個体ほど、水ガニの中では身入りが良いことが判明した。これは、水ガニは脱皮後 1 年未満の身入りが少ないカニであるが、小さいカニほど身が充填しやすいこと、さらに脱皮を控えていることに起因すると考えられた。一方、カタガニは甲幅、ハサミ脚幅、体重が増加しても身入り実測値は一定であり、水ガニとは対照的に体サイズの大小で身入りは左右されないということが示された。つまり、カタガニは体サイズによらず身入りの差は無く品質が一定であることが判明した。

一方、身入り推定値と甲幅、ハサミ脚幅、体重との関係から、水ガニは体サイズが大きくなっても身入り推定値が減少傾向を示すことはなかった。これは水ガニの小型個体には最終脱皮前の個体が含まれており、近赤外線糖度計の測定部位であるハサミ脚幅が小さいため、照射する光が漏れてしまい測定精度が低下した可能性が示唆された。

統計ソフト R で作成したモデルにより、福井県のズワイガニに特化した検量線（図 8）を得ることができた。この検量線を近赤外線糖度計に入力することで、身入り推定値の精度が向上することが見込まれる。今後、メーカーである千代田電子工業とタイアップしてズワイガニ専用の近赤外線糖度計を製品化することができれば、市場のセリ人や漁業者が根拠となる値をもって身入り選別が可能となり、明確な品質基準を付与することで、これまで以上にブランド力を強化できると考えている。

5 謝辞

本研究を行うにあたり、越前町市場のセリにおいて本研究の主旨を御了承いただき、高価なズワイガニの計測を快く受け入れていただいた漁業者はじめ市場関係の皆様には厚くお礼申し上げます。また、水産試験場海洋資源研究センターでの精密測定では川嶋五十鈴氏、三宅泉氏等多数の職員に御協力いただきました。本研究は福井県農林水産部の「農林漁業者等提案型共同研究事業」により行いました。ご協力いただいた関係各位に感謝いたします。

6 参考文献

- 1) Xie, L. J., Wang, A. C., Xu, H. R., Fu, X. P., and Ying, Y. B. (2016) Applications of near-infrared systems for quality evaluation of fruits: a review. Transactions of the ASABE, 59: 399-419.
- 2) Yamamoto, T., A. Yoshikawa, A. Yamasaki, Y. Kumaki, K. Maruyama, T. Tega, R. Maegawa, F. Yamashita, and K. Hamasaki. (2024) Nondestructive method of estimating dry matter content in pereopods of snow crab *Chionoecetes opilio* and red snow crab *Chionoecetes japonicus* (Decapoda: Oregoniidae) using a near-infrared spectrometer. In press.