

◆うちなーいまいゆ調査検証事業

ソデイカ水氷船における魚艙内塩分濃度の違いによる品質の比較

水産海洋技術センター 秋田雄一・城間一仁

1 目的

沖縄県におけるソデイカ漁業は、平成元年（1989 年）に兵庫県から漁具を導入して取り組みが始まった（川崎，1992）。本県におけるソデイカの漁獲量は、年間（11 月ないし 12 月から翌 5 月ないし 6 月までが漁期）2,000 トン前後で推移しており、沖合の漁船漁業では、マグロ類に次ぐ重要な漁獲対象種となっている（内閣府沖縄総合事務局，2024）。

近年、本県のソデイカ旗流し漁船では、冷凍機を装備したいいわゆる「冷凍船」が増加してきているが、依然として大部分を占めるのは、漁獲したソデイカを氷と海水を満たした魚艙で保存する水氷船である。これらの水氷船では、魚艙内の水温を低く保ち、ソデイカの吸水を防ぐため、水氷に塩を添加して塩分濃度を調整している。しかし、漁業者によっては、塩分を添加していない、あるいは塩分濃度の管理が不十分であるため、漁獲物の吸水・膨潤や鮮度低下により、セミドレスから柵取り加工する際にトリミングする量が増加して歩留まりが低下する問題が生じているという。水揚げの際に、塩分管理が不適切な漁獲物を判別することは困難であることから、品質の優劣による買い取り価格の差別化ができておらず、このことも魚艙内の塩分管理徹底の普及を妨げていると考えられる。

うちなーいまいゆ調査検証事業は、県単独事業として令和 5～7 年（2023～2025）度を実施するもので、県内の漁業現場で取り入れ

られている漁獲後の船上処理、鮮度管理手法について、情報収集・評価・とりまとめを行い、その成果を県内漁業現場へ普及することで、県産水産物の商品価値底上げを目指すものである。

令和 6 年度（2024 年度）は、ソデイカ漁業における水氷船の魚艙内塩分濃度を適切に管理することで得られる鮮度や歩留まりの改善効果について評価し、その成果を普及することを目的とした。

2 方法

(1) 魚艙内塩分濃度を変えた試験操業

糸満漁協所属のソデイカ（9.7 トン）に協力を依頼し、操業の際に通常の塩分管理を行う魚艙（管理区）と、操業中塩分を追加せず、不適切な塩分管理を模した魚艙（非管理区）に分けてソデイカを保存した。試験では、出港前に魚艙（容量：500ℓ）2 槽に岩塩約 8 kg 程度を投入し、海水を適量加えたのち、漁船のポンプで循環させながら氷を投入した。出港し、漁場に到着した際、通常の操業における塩分管理を想定した試験区（管理区）の魚艙では、塩分濃度が 4%になるよう海水を循環させながら岩塩を追加した（図 1）。管理区および非管理区には、Onset 社製水温データロガー（HOBO MX TidbiT 5000）を投入し、操業中の水温を 10 分間隔で記録した。

試験操業では、ソデイカを漁獲後に頭部と内臓を除去し、外套膜を 1 本ずつビニール（通水用の穴あき）に梱包してそれぞれの魚艙に

保管した。

第1回目の試験は、令和6年4月23日に糸満漁港を出港後、沖大東島（ラサ島）周辺で4月25日から30日まで操業し、5月1日に水揚げした漁獲物計20本（管理区：非管理区10本ずつ）を試料とした。第2回目の試験は5月12日に糸満漁港を出港後、5月14、15日に操業し、16日に水揚げした漁獲物10本（管理区4本：非管理区6本）を試料とした。なお、この際の試料は、糸満漁協冷凍庫で冷凍保管し、第3回目の試験の試料と合わせて分析することとした。第3回目の試験は、5月22日に糸満漁港を出港し、23日から27日まで操業した後、28日に水揚げした漁獲物10本（すべて非管理区）を試料とした（表1）。

(2) 歩留まり比較試験

得られた試料の歩留まりを評価するため糸満漁協加工場において実際にソデイカ漁獲物を柵取り真空加工する工程に立ち合い（図2）、以下の項目について計測・測定した。

まず、加工前の原体の状態を把握するため外套膜の重量（Mantle weight: MW）を0.01 kg単位で、外套長（Mantle length: ML）を1 cm単位で測定した。その後、柵取りする際トリミングする部分（ヒレ、外皮、軟骨および吸水等で品質の劣化した部位、図4）の重量（Trimmed weight: TW）を0.01 kg単位で計量し、外套膜の重量から歩留まり（ $(MW-TW)/MW$ ）を算出した。歩留まりの差を両区で統計的に比較するため、TWを応答変数、塩分管理とMWを説明変数とし、共分散分析により比較した。

(3) 鮮度の化学分析

ア 色味の比較

管理区と非管理区で、製品となる部分（以下、柵部位）の色味を比較するため彩色度計（KONICA MINOLTA 社製：CR-400）により、3か所の表色系（ $L^*a^*b^*$ ）を測定した。測定は、1試料ごとに3回行い得られた各表色系の値の平均値をその個体のデータとした。両区における各表色系の差をWelchのt検定により比較した。

イ 鮮度指標の比較

魚類の鮮度指標としては、K値（Saito et al., 1959）を使用するのが一般的であるが、イカ類の鮮度指標としては、K値よりもHx、Xt、Hx/AMP比の方が有用であることが示唆されている（Yokoyama et al., 1994）。そこで本研究では、Hx/AMP比を鮮度指標として比較することとし管理区と非管理区から、それぞれ柵部位とトリミングした部位から肉片1 gを切り出し、個別にマイクロチューブに入れ氷冷して持ち帰った。研究室に持ち帰った肉片は、電子天秤で0.01 g単位で計量後、胡ほか（2013）の方法に従い、高速液体クロマトグラフィー（以下、HPLC）の分析に供した。得られたHx/AMP比について、両区の平均値をWelchのt検定により比較した。

ウ 水分率の比較

管理区と非管理区で柵部位の水分率を比較するため、当該部位の湿重量と乾燥重量から、水分率を算出した。すなわち両区の柵部位から肉片を約1 g切り出し電子天秤で0.1 mg単位で検量後、105℃に加熱した定温乾燥機で5時間乾燥させ

乾燥重量を 0.1 mg 単位で検量した。なお、水分率の比較には、第 2 回目と 3 回目の試験操業で得られた試料を用いた。水分率の差を両区で統計的に比較するため、乾燥重量を応答変数、塩分管理と湿重量を説明変数とし、共分散分析により検定した。

3 結果

今回の試験操業における魚艙内の塩分濃度は、管理区で 4.0%、非管理区で 2.0~2.8% であった。魚艙の水温は、管理区で最低-2.07℃ (操業開始時)、非管理区で-1.46℃と管理区が低かったが、操業の後半では差が小さかった。また、試験操業の日数は 5~7 日間であった (表 2~4)。

試験に供したソデイカの MW は、管理区で平均 12.8 kg、非管理区で 10.7 kg であった。また管理区と非管理区間における TW の違いを比較したところ、交互作用は有意でなかったため ($p=0.48$)、塩分管理の有無による TW の調整済み平均値を比較したものの (管理区 : 3.61、非管理区 : 3.66) に有意な変化をもたらすとは言えなかった ($p=0.62$, 図 2)。

外套膜の色味について、各指標値の平均値を管理区と非管理区で比較したところ、 L (明度の指標) について、非管理区が管理区に比べて有意に数値が高く (Welch' s-test, $p<0.05$)、色味が明るかった。一方、 a (青み) 及び b (黄み) の指標については両者に有意差は認められなかった (表 5)。

鮮度指標値 Hx/AMP 比について、柵部位トリミング部位および両者含めたデータで管理区と非管理区で平均値を比較したところ、いずれも有意差は認められなかった

(Welch' s-test, $p=0.24$, $p=0.14$, $p=0.72$)。

また、管理区と非管理区で柵部位の水分率を比較したところ、交互作用は有意でなかったため ($p=0.94$)、塩分管理の有無による乾燥重量の調整済み平均値を比較したところ管理区が有意に大きかった (管理区 : 1.15 非管理区 : 1.04、 $p<0.01$ 、図 4)。

4 考察

今回の試験において、魚艙の水温は 3 回の操業いずれも管理区の方が非管理区よりも低く保たれていた。これは、管理区の魚艙に投入した塩分による凝固点効果の影響である。しかしながら、管理区と非管理区の歩留まりには有意な差が見られなかった。これには、今回の試験では、魚艙に投入した氷の量が比較的多く、操業日数が最も長かった 1 回目の試験でも、非管理区の魚艙の平均水温が -0.3℃ と、低く保たれていたことも関係している可能性がある (表 2、3)。これを踏まえて、3 回目の試験操業は氷の量を調整し魚艙水温も 1.4℃ と比較的高かったが (表 4)、試験中にクロマグロの混獲があり、急遽帰港することとなったため、試験日数が短くなってしまった。これらの要因により、歩留まりの差異が生じなかったと考えられる。

ソデイカは、漁獲後水氷で長期間保存すると、体表の赤色が身に移り、柵取加工した製品にも影響を及ぼすと言われている。また、漁期の後半になると、加齢に伴って身が黄色を帯びてくると言われている。今回、塩分管理の有無によって、ソデイカの色味に影響する可能性を検証したが、明度についてのみ有意な差異が確認された。すなわち、非管理区の方で明度が高く、白っぽくなることが明ら

かになった。これは、後述するように身が吸水によって白味を帯びた可能性が示唆される。

今回の試験では、管理区と非管理区の間で鮮度指標に有意な差が見られなかった。これは、前述の歩留まりと同様、非管理区の魚艀が低温だったこと、試験日数が短かったことにより、想定したほど鮮度低下が生じなかったためであると考えられる。

一方、水分率については、管理区と非管理区で有意な差が見られた。すなわち、管理区で乾燥重量が大きく、言い換えると、塩分管理していないものは湿重量が大きい(膨潤している)と言える。これは、管理区の魚艀の方が塩分濃度が高く、浸透圧が相対的に高いため、非管理区で保存したイカよりも吸水が少なかったことが関係していると考えられる。

令和6年度に実施した試験では、塩分管理の有無によって歩留まりや色味、鮮度指標に差異を見出すことはできなかった。しかしながら、水分率には有意な差が認められた。今回の試験において鮮度指標等に差が生じなかったことは、非管理区が想定以上に低温だったこと、試験日数が短かったことが影響していると考えられるが、仮に非管理区の水温がより高く、長期間操業した場合は、温度と高水分率により、身の品質がより低下するものと想定される。令和7年度については、これらの点に留意し、管理効果を評価できるよう試験を設定したい。

5 謝辞

本取り組みは、糸満漁港を根拠港とする第8春丸、糸満漁業協同組合大城栄喜参事、加工部 比嘉哲政氏ほか加工部の皆様の多大なるご協力を得た。また、色彩色度計やHPLCによる分析については、海洋資源・養殖班の北朋紘研究員の協力を得たほか、会計年度任用職員の松本真由美氏には、分析の補助でご尽力いただいた。ここに記してお礼申し上げる。

6 引用

- 胡亜芹, 張佳琪, 蛭谷幸司, 今野久仁彦, 2013: 魚肉からの ATP 関連化合物抽出法の簡便化. 日本水産学会誌, 79, 219-225.
- 川崎一男, 1992: ソデイカの漁場形成と生態(漁業資源開発調査). 平成2年度沖縄県水産試験場事業報告 8-20.
- 松本美鈴, 1996: 水産無脊椎動物の鮮度とエキス成分. 日本調理学会誌 29, 306-313.
- 内閣府沖縄総合事務局, 2024: 第52次農林水産統計年報. IV 水産業の部.
- Saito T., Arai K., Matsuyoshi M., 1959: A new method for estimating the freshness of fish. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish. 24, 749-750.
- Yokoyama, Y., Takahashi, S., Sakaguchi, M., Kawai, F. and Kanamori, M. 1994: Postmortem changes of ATP and its related compounds and freshness indices in spear squid *Doryteuthis bleekeri* muscles. Fisheries Sci. 60, 583-587.

表1. 試験に供した試料の諸条件と外套長、外套重量、トリミング重量及び歩留まり

計測日時	漁獲日	#	冷凍 (0/1)	貯蔵期間 (日)	魚船内塩分 濃度 (%)	外套長 (cm)	外套重量 (kg)	トリミング 重量 (kg)	歩留まり (%)
2024/5/2	2024/4/25	1	0	7	2.8	77.0	12.21	3.26	73.3
2024/5/2	2024/4/25	2	0	7	2.8	73.0	9.99	3.19	68.1
2024/5/2	2024/4/25	3	0	7	2.8	65.0	7.03	2.32	67.0
2024/5/2	2024/4/25	4	0	7	2.8	69.0	9.82	2.78	71.7
2024/5/2	2024/4/25	5	0	7	2.8	72.0	9.94	3.19	67.9
2024/5/2	2024/4/25	6	0	7	2.8	66.0	8.52	2.58	69.7
2024/5/2	2024/4/25	7	0	7	2.8	72.0	10.62	3.48	67.2
2024/5/2	2024/4/25	8	0	7	2.8	79.0	12.05	3.59	70.2
2024/5/2	2024/4/26	9	0	6	2.8	80.0	14.80	4.55	69.3
2024/5/2	2024/4/26	10	0	6	2.8	74.0	11.64	3.25	72.1
2024/5/2	2024/4/26	11	0	6	4.0	81.0	14.69	4.18	71.5
2024/5/2	2024/4/26	12	0	6	4.0	77.0	13.74	4.08	70.3
2024/5/2	2024/4/26	13	0	6	4.0	74.0	11.63	3.41	70.7
2024/5/2	2024/4/26	14	0	6	4.0	73.0	10.27	3.40	66.9
2024/5/2	2024/4/26	15	0	6	4.0	79.0	15.53	4.60	70.4
2024/5/2	2024/4/26	16	0	6	4.0	79.0	14.09	3.91	72.2
2024/5/2	2024/4/26	17	0	6	4.0	79.0	13.66	4.09	70.1
2024/5/2	2024/4/26	18	0	6	4.0	74.0	10.52	3.12	70.3
2024/5/2	2024/4/26	19	0	6	4.0	76.0	11.25	3.49	69.0
2024/5/2	2024/4/26	20	0	6	4.0	77.0	12.19	3.53	71.0
2024/5/30	2024/5/23	21	0	7	2.0	74.0	10.68	2.04	80.9
2024/5/30	2024/5/23	22	0	7	2.0	78.1	13.63	4.11	69.8
2024/5/30	2024/5/23	23	0	7	2.0	77.2	12.40	3.60	71.0
2024/5/30	2024/5/23	24	0	7	2.0	82.3	15.74	4.45	71.7
2024/5/30	2024/5/23	25	0	7	2.0	74.1	11.56	3.11	73.1
2024/5/30	2024/5/23	26	0	7	2.0	77.7	12.94	4.23	67.3
2024/5/30	2024/5/23	27	0	7	2.0	72.9	10.91	3.17	71.0
2024/5/30	2024/5/23	28	0	7	2.0	78.2	13.49	3.27	75.8
2024/5/30	2024/5/23	29	0	7	2.0	76.3	12.03	3.60	70.1
2024/5/30	2024/5/23	30	0	7	2.0	80.8	14.75	4.63	68.6
2024/5/30	2024/5/14	31	1	16	2.1	65.3	7.82	3.24	58.6
2024/5/30	2024/5/12	32	1	18	2.1	76.7	12.72	3.88	69.5
2024/5/30	2024/5/12	33	1	18	2.1	77.4	13.10	4.09	68.8
2024/5/30	2024/5/12	34	1	18	2.1	75.0	12.46	3.91	68.6
2024/5/30	2024/5/12	35	1	18	4.0	71.8	9.32	3.13	66.4
2024/5/30	2024/5/12	36	1	18	2.1	80.1	13.82	4.30	68.9
2024/5/30	2024/5/12	37	1	18	4.0	79.8	13.43	4.06	69.8
2024/5/30	2024/5/12	38	1	18	4.0	75.1	10.18	3.40	66.6
2024/5/30	2024/5/12	39	1	18	2.1	78.7	13.33	4.37	67.2
2024/5/30	2024/5/12	40	1	18	4.0	80.7	14.69	4.38	70.2

表2. 2024年4月25日から5月1日における魚艙(管理区、対照区)内の水温

塩分(%)	4.0	2.8
平均水温(°C)	-1.0	-0.3
標準偏差	0.6	0.6
最低(°C)	-2.1	-1.5
最高(°C)	0.0	0.9

表3. 2024年5月12日から5月16日における魚艙(管理区、対照区)内の水温

塩分(%)	4.0	2.0
平均水温(°C)	-1.2	-0.5
標準偏差	0.9	0.2
最低(°C)	-2.0	-0.8
最高(°C)	1.7	0.3

表4. 2024年5月23日から5月27日における魚艙(管理区、対照区)内の水温

塩分(%)	4.0	2.0
平均水温(°C)	-0.5	1.4
標準偏差(°C)	0.5	1.0
最低(°C)	-2.1	-0.5
最高(°C)	0.8	3.4

表5. 管理区、対照区における外套膜の色指標の平均値

	L	a	b
Treat (管理区)	53.9464	-1.6424	-5.0000
Control (対照区)	55.9590	-1.6903	-4.7061
p-value	0.03076	0.7205	0.6586



図1 本試験における魚艙内塩分濃度管理の様子



図2 糸満漁協加工場におけるソデイカ原体の処理状況

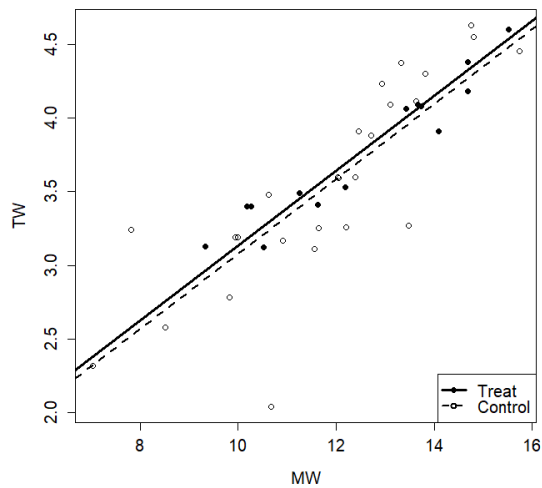


図3 魚艙内塩分 (Treat: 管理区、Control: 非管理区) の違いによる外套重量 (MW) とトリミング重量 (TW) の関係

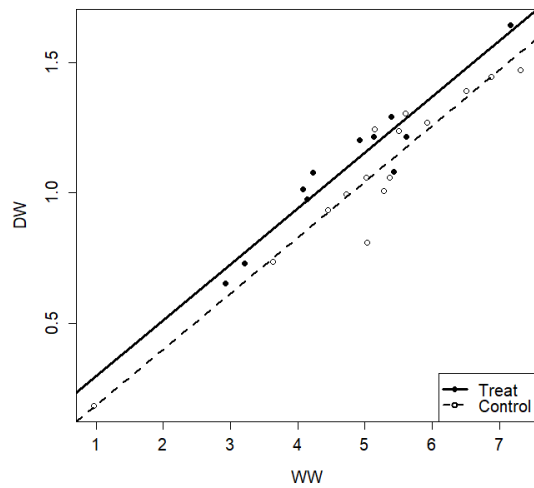


図4 魚艙内塩分 (Treat: 管理区、Control: 非管理区) の違いによる外套の湿重量 (WW) と乾燥重量 (DW) の関係