

【研究報告】

県産魚の品質向上技術開発事業

(県単独事業)

—グルクマの蓄養肥育に関する品質向上技術開発—

玉城英信, 宇地原志帆\*

Quality improvement technology through fattening of  
*Rastrelliger kanagurta*

Eishin Tamaki\*, Shiho Uchihara

蓄養肥育試験は、2023年6月13日と20日に搬入した天然グルクマを用いて、円形および角形の陸上水槽で実施した。しかし、グルクマはオキアミやモイスト飼料へ餌付かず、生残率は円形水槽で31.3%，角形水槽で16.8%と低い値であった。斃死の主な要因は、水槽壁面への衝突によるものであった。粗脂肪率は、円形水槽1.05%，角形水槽0.82%と低い値であった。天然グルクマの締め方の違いによる官能評価では、脂のりが低かったものの、神経締めを施すことによって、香り、色調、歯ごたえが高くなった。可食部の色調は、神経締めを施したものは明度が高く、赤みと黄色みが薄い状態が長く維持された。また、天然グルクマの粗脂肪率は、6月が低く、徐々に増加し、2月が最も高かった。遊離アミノ酸組成としては、ヒスチジンが最も多く検出され、旨味成分ではグルタミン酸、甘味成分ではアラニンとグリシンが全検体から検出された。

本事業では、定置網等で漁獲される低価格魚を蓄養肥育することで、脂質の増加による付加価値の向上を図るとともに、最適な鮮度保持方法を検討し、魚価の向上や漁家経営の安定化につなげることを目的としている。北・玉城(2024)は、グルクマの陸上水槽による蓄養肥育試験で、固形の配合飼料を粉末状になると濾過摂餌することを報告している。そこで、今年度は粉末のモイスト飼料による蓄養肥育試験を実施した。また、天然グルクマを用いて、魚の締め方の違いによる官能評価と可食部の色調、粗脂肪率の季節変動および遊離アミノ酸組成について調べた。

材料及び方法

(1) グルクマの蓄養肥育試験

1) 蓄養肥育試験 1

試験には、FRP製5トン円形水槽2基を使用した。海水の注水量を1日4回転に抑えるため、水槽内にはベンチエリ方式の気液混合器を2カ所設置した(山内, 2017)。通気は、エアーストーン(50mm×50mm×170mmの角柱型)を3個投入して行った。水槽上面は、飛び出し防止のため目合い2cm目のネットで覆い、水深を約25cm下げた。試験魚には、国頭漁業協同組合の定置網で漁獲された天然グルクマを用い、2023年6月13日に活魚輸送車で沖縄県水産海洋技術セ

ンターに搬入した。搬入時には魚体が網づれしないよう、数尾ずつ海水とともに厚手のシートに収容し、円形水槽内へ各37尾になるよう移し入れた。飼料には、オキアミ(市販、釣り餌用)およびトラブグM-75(ヒガシマル製粉末状飼料)にドクターオイル(バイオ科学株式会社製)を10%添加したモイスト飼料を使用した。給餌は、手撒きによる飽食給餌とし、搬入の翌日からオキアミと併用してモイスト飼料を投与した。さらに、グルクマは濾過摂餌を行うため、搬入開始7日目以降は、トラブグM-75を直接水槽内に100g/回投与した。給餌回数は平日1日5回、土日祝日1日3回とした。また、水槽の底掃除を1日1回行った。

粗脂肪率の測定は、開始時、15日後、30日後に実施した。各時点で6尾を三枚に下ろし、半身中央部を背側から腹側まで約2cm幅を切り出してサンプルとした(写真1)。サンプルはクラッシュミルサー(岩谷産業株式会社製IFM-C20G)でミンチ状にし、ソックスレー法で粗脂肪を抽出した。粗脂肪率はサンプル重量中の粗脂肪量の割合から算出した。

2)蓄養肥育試験 2

試験には、FRP製4トン角形水槽2基を使用した。水槽壁面への衝突防止のため、長さ30cm、内径13mmの散気管を水槽の四隅に設置し、エーカーテン状の通気とした。国頭漁業協同組合の定置網で漁獲された天然グルクマを2023年

\*E-mail : uchihars@pref.okinawa.lg.jp 本所

7月20日に搬入し、水槽に各42尾を収容した。注水量、気液混合器、飛び出し防止ネット、搬入、飼料、給餌回数、底掃除および粗脂肪率の測定方法については蓄養肥育試験1と同様に行った。

## (2) グルクマの締め方の違いによる官能評価

### 1) 海水冰締めと神経締め

官能評価は、2023年6月13日に搬入した天然グルクマを用いて実施した。活魚を海水冰締めと神経締めで各6尾処理した後、3枚に下ろし、冷凍庫内で1日静置してから刺身にした。評価は個別に行い、海水冰締めと神経締めの2点比較とした。評価項目は、「おいしい」、「脂のり」、「香り」、「色調」、「歯ごたえ」の5つとし、それぞれに対し、良い(5点)、やや良い(4点)、どちらともいえない(3点)、あまり良くない(2点)、良くない(1点)の5段階で評価した。各評価項目の点数の平均値を用いて、海水冰締めと神経締めを行ったグルクマの刺身の官能を評価した。

### 2) 首折り締めと神経締め

2023年6月20日に搬入した天然グルクマを用い、首折り締めと神経締めで6尾ずつ処理した。その後の処理、官能評価方法や項目等については、前述の方法と同様に行った。

## (3) グルクマの締め方の違いによる可食部の色調

供試魚として、2023年7月20日午前9時に海水冰締めと神経締めで処理した各6尾のグルクマを用いた。測定には、色彩差計(コニカミノルタ株式会社製:CR-400)を使用した。測定部位は、処理別に三枚に下ろしたグルクマ背側の胸部、中央部、尾部の3カ所とし、処理後6時間後、30時間後、54時間後、78時間後、102時間後、150時間後、174時間後、198時間後に測定した(写真1)。3カ所の平均値を使用し、経過時間による平均明度、平均a\*色度及び平均b\*色度の推移を調べた。

## (4) グルクマの粗脂肪率の季節変動と遊離アミノ酸組成

分析には、2023年6月20日、9月25日、12月5日、2024年2月7日に国頭漁業協同組合の定置網で漁獲された天然グルクマを用いた。粗脂肪率は、蓄養肥育試験1と同様の手法で粗脂肪を抽出した後、サンプル重量に占める粗脂肪量の割合から算出した。遊離アミノ酸組成は、三枚に下ろした半身3尾分をまとめて1検体とし、各回3検体について分析会社に委託して遊離アミノ酸16種の組成分析を行った。

## 結果及び考察

### (1) グルクマの蓄養肥育試験

#### 1) 蓄養肥育試験1

グルクマの平均体重は611g±104g、平均尾叉長は32.7cm±1.94cmであった。水温は、開始時の26.5°Cから徐々に上昇し、最高水温は28.4°Cに達した。平均水温は、27.5°C±0.70°Cであった(図1)。生残率は、搬入から7日間で取り

上げなどのハンドリングにより72.0%と80.0%に減少した。その後は水槽壁面への衝突による斃死が続き、30日後の7月13日には30.1%と32.4%に減少した(図2)。また、開始時の粗脂肪率は0.52%であったが、15日後には円形水槽1、2ともに0.31%、30日後には円形水槽1で1.13%、円形水槽2で0.97%と粗脂肪率は1%前後と低い値であった(図3、4)。給餌中の観察では、オキアミやモイスト飼料へは餌付かなかったが、15日後以降から粉末状飼料への濾過摂餌行動が観られるようになった。

## 2) 蓄養肥育試験2

グルクマの平均体重は646g±96.0g、平均尾叉長は33.6cm±1.53cmであった。水温は、試験1と同様に徐々に上昇し、最高水温は29.3°Cに達した。平均水温は、28.0°C±0.80°Cであった(図5)。生残率は、搬入から7日間に取り上げなどのハンドリングにより、59.5%と61.9%に減少した。その後は、水槽壁面への衝突による斃死が続き、30日後の7月20日には16.7%と16.9%に減少した(図6)。粗脂肪率は、開始時に0.52%であったが、15日後には0.92%と0.78%、30日後には0.81%と0.83%に増加した(図7、8)。給餌中の観察では、蓄養肥育試験1と同様に、オキアミやモイスト飼料へは餌付かなかったが、粉末状飼料への濾過摂餌行動が観られるようになった。

以上のように、円形水槽及び角形水槽を使用したグルクマの蓄養肥育では、オキアミやモイスト飼料へは餌付かず、生残率は、平均で円形水槽31.3%、角形水槽16.8%と低く、粗脂肪率は、開始時より増加したもの、平均で円形水槽1.05%、角形水槽0.82%と低い値に留まった。今回供試したグルクマは、体重が約600gと出荷サイズに達しているため遊泳力が高く、4~5トン規模の陸上水槽では残餌や排泄物除去のための底掃除、騒音、振動などの環境変化による水槽壁面への衝突が発生した。本事業では、定置網等で漁獲される低価格魚を短期間の蓄養肥育で粗脂肪率10%以上することを目標としていることから商品サイズに達したグルクマの蓄養肥育技術を確立する必要がある。しかし、50~100トン規模の陸上水槽では、施設及び維持管理に費用がかかるため、低価格魚では費用対効果を得ることは難しい。今後は、施設費や電気代などの維持管理費が安価な海面生け簀において蓄養肥育試験を実施することが望ましい。

## (2) グルクマの締め方の違いによる官能評価

### 1) 海水冰締めと神経締め

海水冰締めと神経締めで処理したグルクマの官能評価を図9に示した。評価者は23人で、おいしい、脂のり、香り、色調、歯ごたえの5項目において、神経締めが海水冰締めより高い評価であった。また、評価者の73.9%は、神経締めの方が好きと回答した。官能評価が3点以下は、神経締めでは脂のりだけであった。それに対し、海水冰締めは脂のり、香り、色調、歯ごたえの4項目が3点以下であった。

## 2)首折り締めと神経締め

首折り締めと神経締めで処理したグルクマの官能評価を図10に示した。評価者は20人で、神経締めがおいしさ、歯ごたえ、色調で高い評価を受け、評価者の62.5%は神経締めの方が好きと回答した。脂のりは、処理方法に関係なく、官能評価値が3点以下だった。

以上のように、今回の海水冰締め、首折り締め、神経締めの官能評価に供した天然グルクマは、脂のりが低かったものの、神経締めを施すことによって、香り、色調、歯ごたえの官能評価は高くなった。

### (3) グルクマの締め方の違いによる可食部の色調

グルクマ可食部の平均明度は、海水冰締めに比較して神経締めの方が高い値で推移した。しかし、平均明度と経過時間には相関を認められなかった(図11)。平均a\*色度は、神経締めの方が低い値で推移し、処理後150時間以降は差が認められなくなった(図12)。一方、平均b\*色度は、神経締めの方が海水冰締めより低い値で推移し、両処理とも平均b\*色度と経過時間に相関が認められた(図13)。

今回の結果から、神経締めを施したもののは明度が高く、赤みと黄色みが薄い状態が長く維持されることが明らかとなつた。グルクマ可食部の色調は、目視でも経過時間とともに徐々に茶色に変色しており、平均b\*色度の上昇は鮮度劣化の指標に利用できる可能性がある。

### (4) グルクマの粗脂肪率の季節変動と遊離アミノ酸組成

供試した天然グルクマの漁獲月日、平均体重、平均尾叉長を表1に示した。平均尾叉長は31.0~33.6cmの範囲、平均体重は537~646gの範囲と12月に漁獲された個体が小さかった。また、天然グルクマの粗脂肪率の推移を図14に示した。粗脂肪率は、2月が5.33±0.89%と最も高く、次に9月の3.90±1.15%、12月の2.86±1.43%、そして6月の0.52±0.28%の順であった。また、供試個体の粗脂肪率と肥満度には相関は認められなかった(図15)。粗脂肪率の低かった6月の個体では、卵巣または精巢の発達した個体も観られ、体重が重くても粗脂肪率は低い値であった。

吉満ほか(2018)は、銚子漁港に水揚げされたマサバが夏の終わりから冬にかけて脂質を蓄積していく傾向がみられることから、マサバでは脂質が産卵のエネルギーとして消費され、産卵期後に蓄積されることや大型になるほど脂質含量が多いことを報告している。また、上原ほか(2015)は、沖縄島周辺海域におけるグルクマ産卵期を生殖腺指数の変化から、6月を盛期とする4~8月であることを推定しており、本結果の6月の粗脂肪率の低下は成熟が影響していると思われる。また、12月の個体の粗脂肪率の低下は、サイズが小さかったことが要因となっている可能性もある。

以上のように、国頭漁業協同組合の定置網で漁獲される天然グルクマは、6月以降の産卵後に粗脂肪を蓄積し始め、秋から冬にかけて粗脂肪率が増加し、冬場に高く、春から夏にかけて産卵のため粗脂肪率は減少すると考えられた。

2023年6月、9月、12月および2024年2月に漁獲された天然魚の遊離アミノ酸組成を表2~5と図16~19に示した。また、検出量の最も多かったヒスチジンの月別検出量を図20、全ての検体から検出できたアラニン、リジン、グルタミン酸、グリシンの月別検出量を図21に示した。検出量が最も多いのは、ヒスチジンで520~853mg/100gの範囲、平均782mg/100g、次にアラニンの16.3~34.7mg/100g、平均22.7mg/100g、そしてリジンの7.3~25.7mg/100g、平均18.2mg/100gであり、この3成分が常に高い値を示した。ヒスチジンは、9月の943mg/100g、次に2月の853mg/100g、12月の810mg/100g、6月の520mg/100gの順であった(図20)。次に検出量が多かったアラニンは6月の34.7mg/100gをピークに減少する傾向が観られた。しかし、リジン、グルタミン酸、グリシンにはこのような傾向は見られず、検出量の多い月はリジンでは2月の25.7mg/100g、グルタミン酸とグリシンは6月の12.3mg/100g、9.33mg/100gであった(図21)。

張ほか(1989)がマサバの生鮮魚の遊離アミノ酸組成の変化を調べた結果では、貯蔵0日目のヒスチジン含量が532mg/100gと著しく高く、その他の遊離アミノ酸は37mg/100g以下であった。保ほか(2017)のゴマサバの結果でも最も多いのはヒスチジンの731mg/100g、その他は57.7mg/100g以下、佐藤(2007)のマサバの結果ではヒスチジンが617mg/100g、その他は57.6mg/100g以下と今回のグルクマの値は同じサバ科の魚類と類似の値を示した。一方、今回のグルクマでは、旨味成分であるグルタミン酸が全ての検体から検出されたのに対し、アスパラギン酸は、6月と2月で3検体、12月に1検体と月によって異なった。甘味成分であるアラニンとグリシンは全検体から検出され、苦み成分であるバリンとイソロイシンは、6月のみにそれぞれの3検体と2検体が検出された。これらのことからグルクマの官能に影響している主な遊離アミノ酸組成としては、旨味成分のグルタミン酸、甘味成分のアラニンとグリシンであると推察された。

## 謝 辞

本事業を実施するにあたり、国頭漁業協同組合の組合長はじめ職員の皆様には多くのグルクマに関する情報や助言等を頂いた、ここに記して感謝する。

## 文 献

- 上原匡人、本永文彦、立原一憲、太田格、海老沢明彦、2015：沖縄島周辺海域におけるグルクマの生物学的特性、平成26沖縄県水産海洋研究センター事業報告書第75、49~52
- 北朋宏、玉城英信、2024：令和4年度沖縄県水産海洋技術センター事業報告書84、6~7。
- 佐藤守(2007)：魚肉の栄養成分とその利用、水産学会シリーズ81、3. 遊離アミノ酸、恒星社厚生閣刊、44~54。
- 張俊明、大島敏明、和田俊、小泉千秋、1989：マサバの氷温貯蔵における品質低下に及ぼす凍結・解凍処理の影響、日本水産学会誌55(12)、2129~2135。

山内岬, 2017: 硬質塩化ビニール (PVC) 樹脂製気液混合器の作成方法と処理能力, 平成 29 年度沖縄県農林水産部普及に移すべき概要.

吉満友野, 加藤正人, 小林正三, 2018 : 銚子漁港に水揚げされたマサバにおける脂質含有量の季節変動と生殖腺の発達との関係, 日本水産学会誌早期公開版, 1–8.

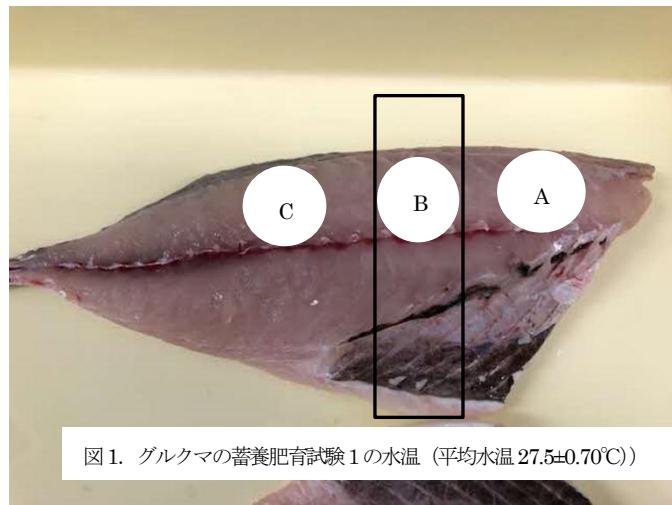
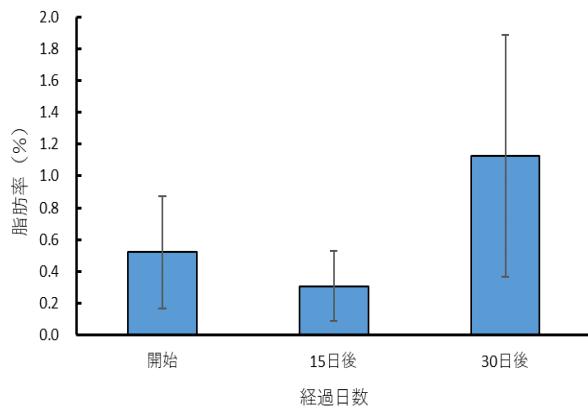
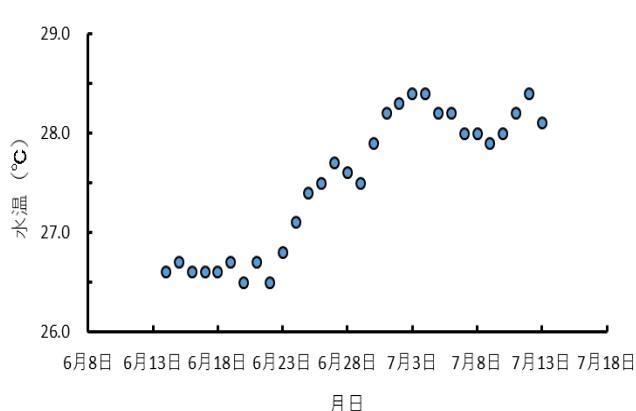


図1. グルクマの蓄養肥育試験1の水温 (平均水温  $27.5 \pm 0.70^{\circ}\text{C}$ )



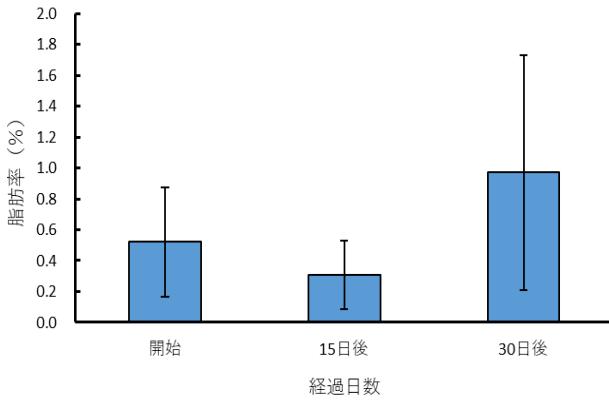


図2. グルクマの蓄養肥育試験1の生残率の推移

図4. 円形水槽No.2の粗脂肪率の推移

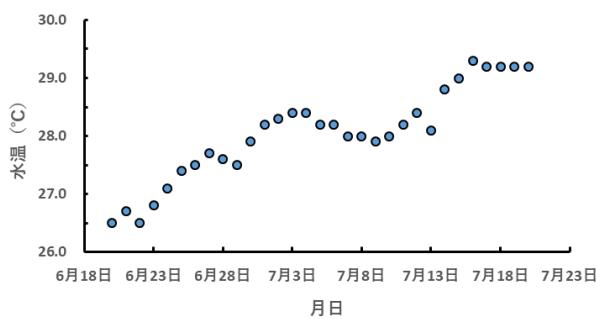
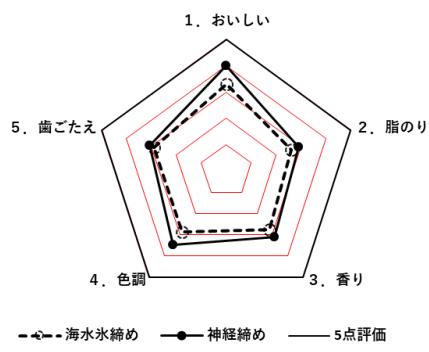
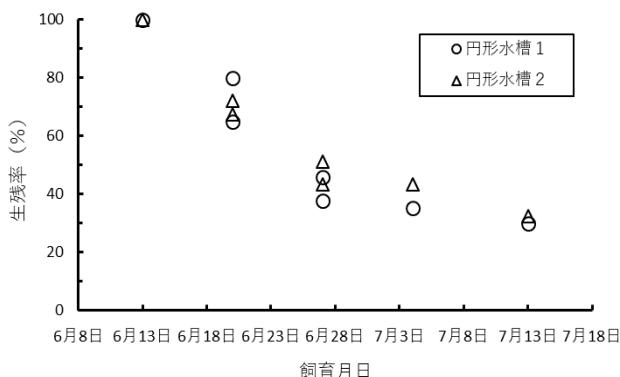
図5. グルクマの蓄養肥育試験2の水温 (平均水温  $28.0 \pm 0.80^{\circ}\text{C}$ )

図9. 海水水締めと神經締めの官能評価



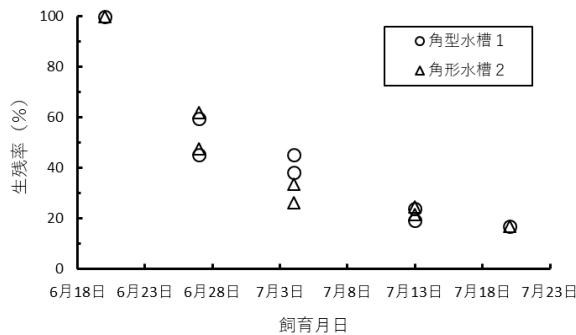


図6. グルクマの蓄養肥育試験2の生残率の推移

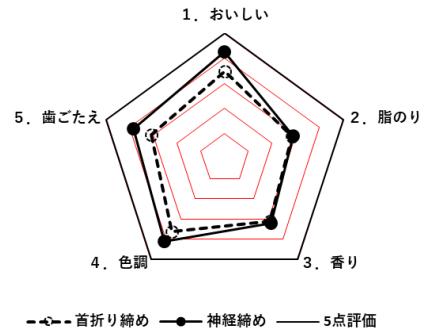


図10. 首折り締めと神経締めの官能評価

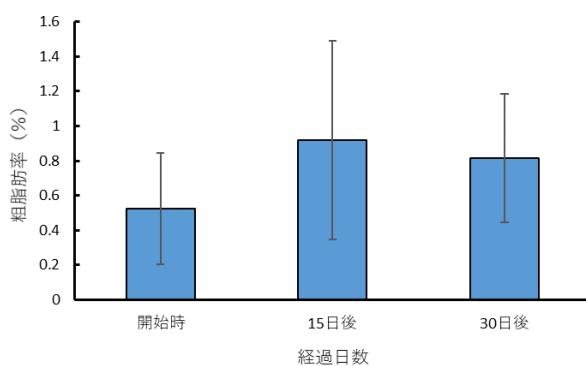


図7. 角形水槽No.1の粗脂肪率の推移

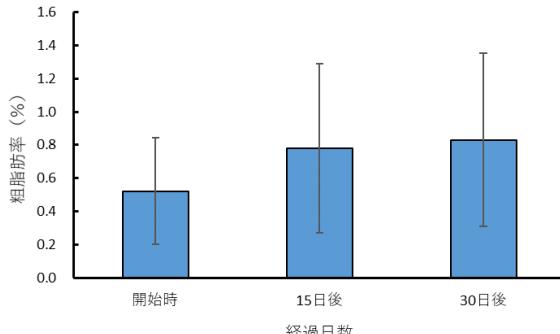


図8. 角形水槽No.2の粗脂肪率の推移

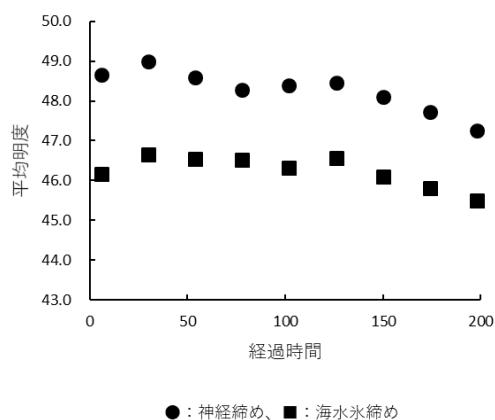


図11. 处理方法の違いによる平均明度の推移

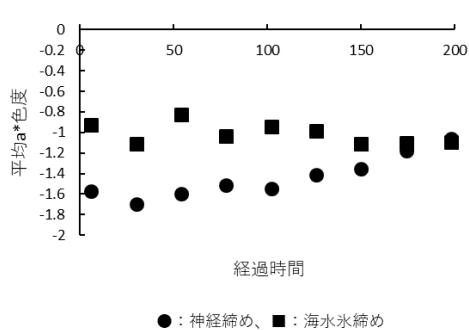


表2. 令和5年6月20日の天然グルクマの遊離アミノ酸成分

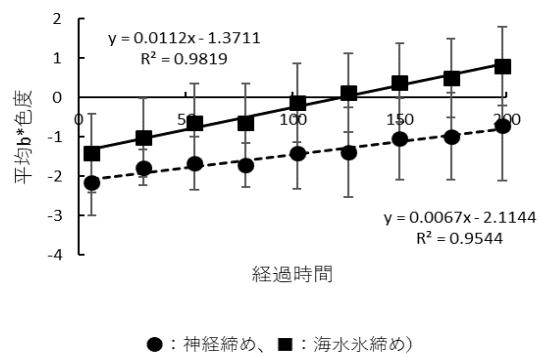


図13. 处理方法の違いによる平均b\*色度の推移

表1. 天然グルクマの漁獲日、平均尾叉長、平均体重

漁獲月日	平均尾叉長 (cm)	平均体重 (g)
令和5年6月20日	33.6±1.53	646±96.0
令和5年9月25日	31.4±1.48	610±65.3
令和5年12月5日	31.0±1.51	537±75.4
令和6年2月7日	32.8±1.48	597±93.3

遊離アミノ酸組成	グルクマA	グルクマB	グルクマC	平均値※	標準偏差値
1 イソロイシン	7	5	< 5	6.00	1.414
2 ロイシン	12	9	9	10.00	1.732
3 リジン	19	20	20	19.67	0.577
4 メチオニン	5	< 5	< 5	5	—
5 フェニルアラニン	6	< 5	< 5	6	—
6 チロシン	6	5	6	5.67	0.577
7 スレオニン	12	10	7	9.67	2.517
8 バリン	10	9	8	9.00	1.000
9 ヒスチジン	380	550	630	520	128
10 アルギニン	< 5	< 5	< 5	—	—
11 アラニン	40	34	30	34.67	5.033
12 アスパラギン酸	15	11	10	12.00	2.646
13 グルタミン酸	14	12	11	12.33	1.528
14 グリシン	11	8	9	9.33	1.528
15 プロリン	< 5	< 5	< 5	—	—
16 セリン	8	6	5	6.33	1.528

単位: mg/100g ※: 検出限界以下の値は除いて平均値を算出

表3. 令和5年9月25日の天然グルクマの遊離アミノ酸成分

遊離アミノ酸組成	グルクマD	グルクマE	グルクマF	平均値※	標準偏差値
1 イソロイシン	< 5	< 5	< 5	—	—
2 ロイシン	< 5	< 5	< 5	—	—
3 リジン	7	5	10	7.33	2.517
4 メチオニン	< 5	< 5	< 5	—	—
5 フェニルアラニン	< 5	< 5	< 5	—	—
6 チロシン	< 5	< 5	< 5	—	—
7 スレオニン	< 5	< 5	6	6.00	—
8 バリン	< 5	< 5	< 5	—	—
9 ヒスチジン	950	940	940	943	5.77
10 アルギニン	< 5	< 5	< 5	—	—
11 アラニン	20	22	22	21.33	1.155
12 アスパラギン酸	< 5	< 5	< 5	—	—
13 グルタミン酸	6	6	6	6.00	0.000
14 グリシン	6	7	7	6.67	0.577
15 プロリン	< 5	< 5	< 5	—	—
16 セリン	< 5	< 5	< 5	—	—

単位: mg/100g ※: 検出限界以下の値は除いて平均値を算出

表4. 令和5年12月5日の天然グルクマの遊離アミノ酸成分

遊離アミノ酸組成	グルクマG	グルクマI	グルクマH	平均値※	標準偏差値
1 イソロイシン	< 5	< 5	< 5	—	—
2 ロイシン	< 5	< 5	< 5	—	—
3 リジン	18	25	17	20.00	4.359
4 メチオニン	< 5	< 5	< 5	—	—
5 フェニルアラニン	< 5	< 5	< 5	—	—
6 チロシン	< 5	< 5	< 5	—	—
7 スレオニン	< 5	< 5	< 5	—	—
8 バリン	< 5	< 5	< 5	—	—
9 ヒスチジン	790	840	800	810	26.5
10 アルギニン	< 5	< 5	< 5	—	—
11 アラニン	18	19	18	18.33	0.577
12 アスパラギン酸	0	0	7	7.00	—
13 グルタミン酸	11	12	11	11.33	0.577
14 グリシン	7	7	7	7.00	0.000
15 プロリン	< 5	< 5	< 5	—	—
16 セリン	< 5	< 5	< 5	—	—

単位: mg/100g ※: 検出限界以下の値は除いて平均値を算出

表5. 令和6年2月7日の天然グルクマの遊離アミノ酸成分

遊離アミノ酸組成	グルクマJ	グルクマK	グルクマL	平均値※	標準偏差値
1 イソロイシン	< 5	< 5	< 5	—	—
2 ロイシン	< 5	< 5	< 5	—	—
3 リジン	26	27	24	25.67	1.528
4 メチオニン	6	5	< 5	5.50	0.707
5 フェニルアラニン	< 5	< 5	< 5	—	—
6 チロシン	< 5	< 5	< 5	—	—
7 スレオニン	5	< 5	< 5	—	—
8 バリン	< 5	< 5	< 5	—	—
9 ヒスチジン	850	860	850	853	5.77
10 アルギニン	7	6	6	6	0.577
11 アラニン	17	17	15	16.33	1.155
12 アスパラギン酸	20	19	15	18	3
13 グルタミン酸	10	10	9	9.67	0.577
14 グリシン	9	8	8	8.33	0.577
15 プロリン	5	< 5	7	6.00	1.414
16 セリン	7	8	7	7.33	0.577

単位: mg/100g ※: 検出限界以下の値は除いて平均値を算出

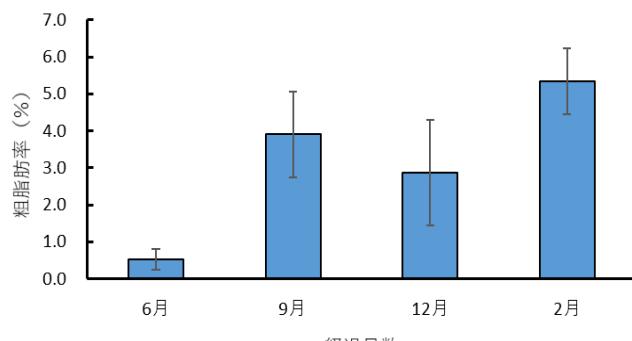


図14. 天然グルクマの粗脂肪率の推移

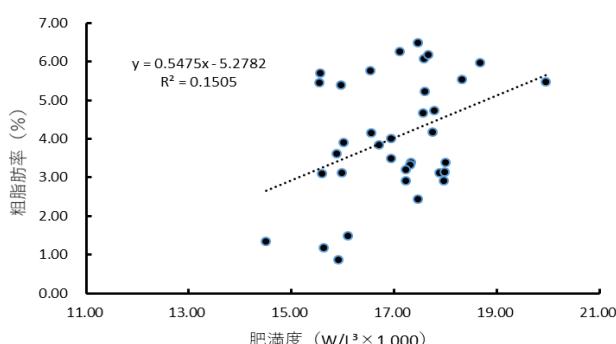


図15. 天然グルクマの肥満度と粗脂肪率の関係

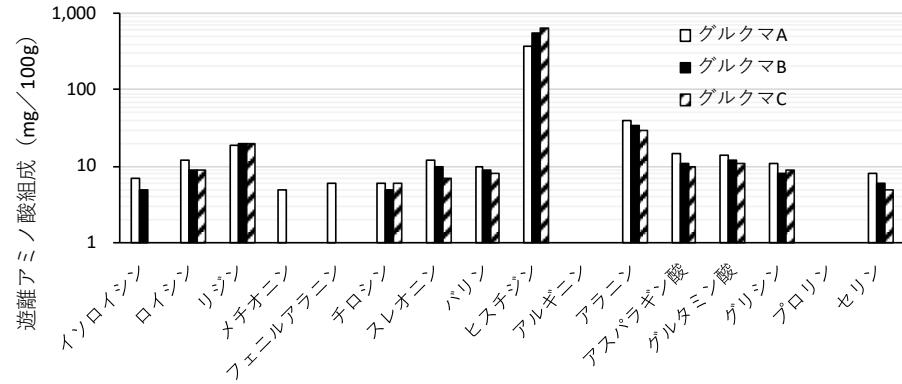


図16. 令和5年6月20日に漁獲された天然魚の遊離アミノ酸組成

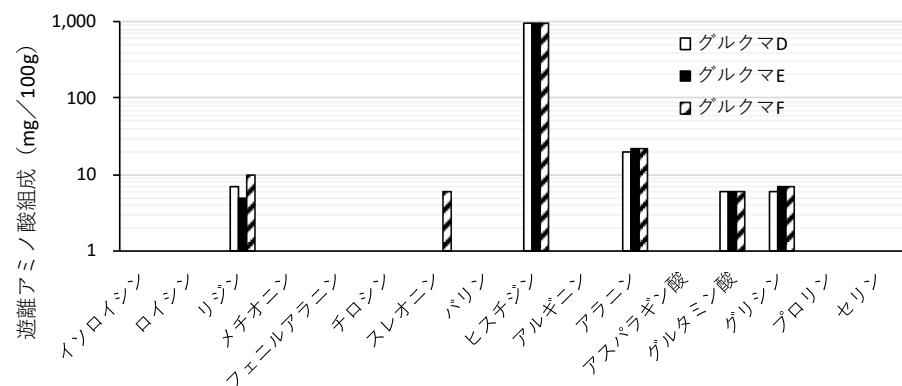


図17. 令和5年9月25日に漁獲された天然魚の遊離アミノ酸組成

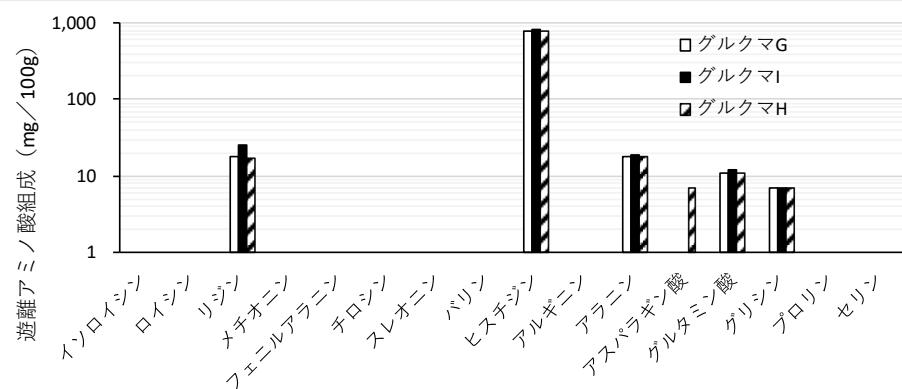


図18. 令和5年12月5日に漁獲された天然魚の遊離アミノ酸組成

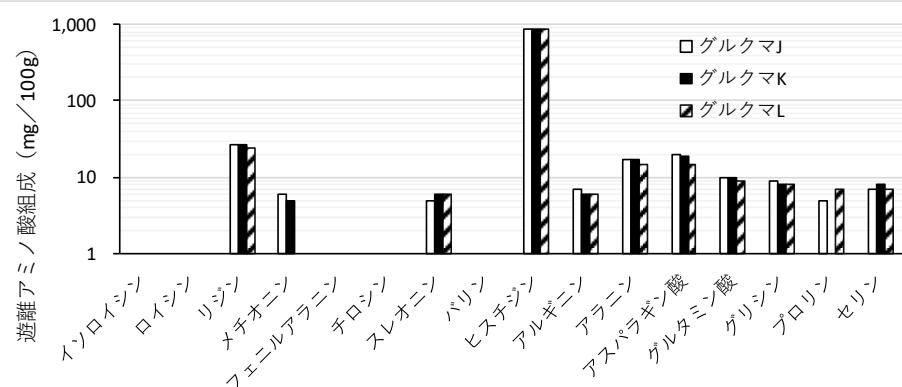


図19. 令和6年2月7日に漁獲された天然魚の遊離アミノ酸組成

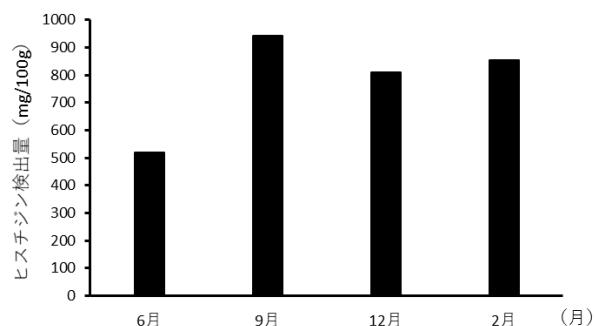


図20. ヒスチジンの月別検出量

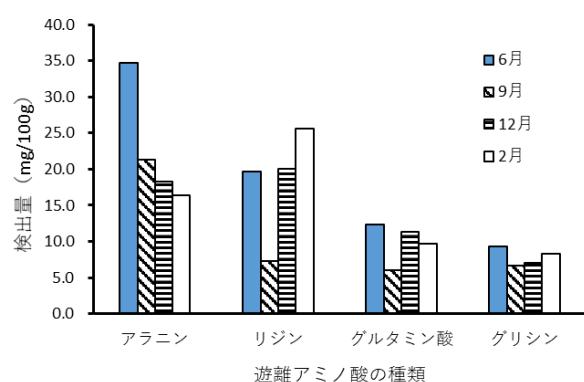


図21. アラニン, リジン, グルタミン酸, グリシンの月別検出量