宮 城 水 産 研 報
Miyagi Pref. Rep.
Fish. Sci.

ISSN 2761-1280

宮 城 県 水 産 研 究 報 告

第　２３　号

MIYAGI PREFECTURAL REPORT OF FISHERIES SCIENCE

No.23

宮 城 県 水 産 技 術 総 合 セ ン タ ー
石 巻 市 渡 波
2023 年 3 月

Miyagi Prefecture Fisheries
Technology Institute

Watanoha,Ishinomaki,Japan

March, 2023

宮城県水産技術総合センター

宮城県水産技術総合センター本所
(Miyagi Prefecture Fisheries Technology Institute)

986-2135
石巻市渡波字袖ノ浜 97-6
(Watanoha, Ishinomaki, 986-2135, Japan)
TEL　0225-24-0138
FAX　0225-97-3444

宮城県水産技術総合センター気仙沼水産試験場
(Miyagi Prefecture Fisheries Technology Institute,
Kesennuma Fisheries Experiment Station)

988-0241
気仙沼市波路上岩井崎 107
(Hajikami,Kesennuma,988-0241,Japan)
TEL　0226-41-0652
FAX　0226-41-0743

宮城県水産技術総合センター内水面水産試験場
(Miyagi Prefecture Fisheries Technology Institute,
Freshwater Fisheries Experiment Station)

981-3625
大和町吉田字旗坂地内
(Yoshida,Taiwa-cho,981-3625,Japan)
TEL　022-342-2051
FAX　022-342-2123

宮城県水産技術総合センター
水産加工公開実験棟

986-0022
石巻市魚町 2 丁目 2-3
(Sakanamach, Ishinomaki,986-0022,Japan)
TEL　0225-93-6703
FAX　0225-23-3213

宮城県水産技術総合センター
種苗生産施設

985-0812
七ヶ浜町松ヶ浜字浜屋敷 142-1
(Matsugahama,Shichigahama,985-0812,Japan)
TEL　022-349-7121
FAX　022-349-7125

宮 城 県 水 産 研 究 報 告

第 23 号

目　　次

原著論文

エゾイワナ *Salvelinus leucomaenis leucomaenis* 大型魚における適正給餌率の検討について
君島 裕介　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　1

ノート

宮城県北部海域における雑種フグの出現
佐伯　光広，小野寺　淳一　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　7

生ノリに含まれる遊離アミノ酸の簡易抽出方法の検討
紺野 智太，垂水 裕樹，阿部 真紀子，永木　利幸　・・・・・・・・・・・・・・・・　１３

外部発表業績　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　１７

宮城水産研報 第 23 号，2023
Miyagi Pref. Rep.
Fish. Sci. No.23, 2023

エゾイワナ *Salvelinus leucomaenis leucomaenis* 大型魚における適正給餌率の検討について

君島 裕介[*1]

Study on Optimum Feeding Ratio for Large Sized White Spotted Chars (*Salvelinus leucomaenis*)

Yusuke KIMIJIMA[*1]

キーワード：エゾイワナ，イワナ，大型魚，適正給餌率，ライトリッツの給餌率表

近年，日本人の一人当たり魚種別購入量の1位が「サケ」になるなど，鮭鱒類の消費需要が高まっている。特に生食用については，大部分を海外からの輸入に頼っており，我が国の輸入水産物の上位を「サケ・マス類」が占めている状況が続いている[1,2]。そのような状況の中で，国内の養魚場では，本来は塩焼き等で供されていた魚種を大型魚まで育てて刺身商材として出荷することへの需要が高まっている[3,4]。

イワナ養殖発祥の地である宮城県においても，刺身商材の需要に応える形で全雌三倍体イワナ（伊達いわな）が商品化される[5]等，大型魚の効率的な生産に向けた取り組みが行われている。

鮭鱒類の生産現場となる国内の養魚場では，1日あたりの適正給餌量の目安として1959年に発表されたライトリッツの給餌率表[6]（以下，「標準給餌率表」という）が開発から約60年を経過した現在でも広く用いられている。

標準給餌率表はニジマス*Oncorhynchus mikiss*を標準として開発されたが，他の*Oncorhynchus* 属魚類でもサケ*O. keta*[7]，アマゴ*O. masou kawamurae*[8]等で適正給餌率の検討が行われている。本研究の対象としたサケ科に属する*Salvelinus*属のイワナ*S. leucomaenis* の適正給餌率については，体重約2g，約40g及び約70gの小型個体を中心に調べられているが[9,10,11]，それ以上の大型個体の適正給餌率については明らかにされておらず，実際の養魚の現場で活用する為の十分な知見が集積されているとはいえない。

また，飼料については標準給餌率表が開発された当時はドライペレットが使われていたが，1988年頃にマス類の養魚用の飼料の主流はエクストルーダー処理により製作された多孔質の固形配合飼料(以下，「EP飼料」という)に代わった[12,13]。EP飼料ではエクストルーダー処理の過程で，粘結剤として用いられる澱粉質がほぼ全て糊化されて消化吸収率が高くなり，ニジマスにおいてエネルギーとしての利用効率が改善されることがわかっている[14]。

これらのことから，飼料の質が向上した近年においてイワナ大型魚の適正給餌率については知見が十分になく，またそれを解明しイワナ養魚の現場で活用することは養殖振興の一助になると考えられたことから，本研究では標準給餌率表に記載のない体重190g以上のイワナ大型魚の適正給餌率について標準給餌率表を基に検討を行った。

材料と方法

当場で継代飼育している体重190g以上の栗駒系イワナ（亜種エゾイワナ *S. leucomaenis leucomaenis*）2歳魚を供試魚とした。試験水槽に移動後に 1か月程度，標準給餌率表に従った給餌を行い，環境馴致を行って

[*1]水産技術総合センター内水面水産試験場

から，飼育試験を実施した。試験期間は令和4年2月14日から令和4年4月25日までとし，イワナの成熟により摂餌量が低下することは無かった。試験には黒色の200L円形水槽（モリマーサム樹脂工業（株）製SPE-200）を使用した。水槽の側面底部には直径3.5cmの穴を開け，塩化ビニール製パイプを取り付けて排水可能とし，流水飼育を行った。また，馴致期間中に，給餌者の姿に供試魚が警戒して摂餌に影響があったことから，水槽上面の半分を遮光幕で覆った。

試験には，日本農産工業（株）製のます類育成用EP配合飼料（粒径約5mm）を用いた。飼料の成分量を表1に示した。給餌は，月～金曜日までの週5日，各日2回から4回に分けて行った。

飼育にあたっては標準給餌率表から算出した給餌量の0.8倍量を給餌する試験区（以下，「0.8倍区」という），1.0倍量を給餌する試験区（同「1.0倍区」），1.2倍量を給餌する試験区（同「1.2倍区」）及び飽食給餌を行う試験区（同「飽食区」）の4試験区を設けた。各試験区で20個体を用い，試験開始時には各試験区間で試験魚の体重が同条件となるよう選別し，平均体重196-197g，変動係数7.07-7.99とした。

給餌にあたり規定量を食べさせられなかった場合は，翌日以降の給餌量に追加した。また，残餌が発生した場合は残餌を回収し，その粒数に相当する給餌量を週内での給餌で補完した。なお，摂餌不良により規定量を給餌しきれない場合は，摂餌量から差し引いた。

表 1　飼料に記載された成分量

粗たん白質	45.0% 以上
粗脂肪	8.0% 以上
粗繊維	3.0% 以下
粗灰分	15.0% 以下
カルシウム	2.00% 以上
りん	1.20% 以上

魚体重量の測定を毎週月曜日に行い，週単位で給餌量を補正した。また，体重測定は試験魚にオイゲノールを主成分とするFA100で麻酔処置をしてから鰓蓋内の水を切り，タオルで体表の水分を拭き取ってから1個体毎に行った。なお，測定日にも餌止めは行わず，当日の午後から補正した量で給餌を行った。各試験区での水槽位置による影響を考慮し，測定後に水槽の位置を順に入れ替えた。

成長後の目標平均体重を250gに設定し，すべての試験区が目標平均体重に達した10週間後まで飼育試験を行った。また，試験期間中の飼育水温は6.4～7.0℃（平均6.4℃）であった。

体重と日間成長率の関係及び体重と飼料効率の関係の分析では，週単位で日間成長率及び飼料効率を算出し，当該週の月曜日に測定した平均体重と翌週に測定した平均体重の中間値を，対応する平均体重として用いた。

日間成長率(%) は，次式により算出した。

$$\text{日間成長率 } (\%) = \{100 \times (W_1 - W_2)\}/(W_1 \times D)$$

W_1：開始時の体重(g)

W_2：終了時の体重(g)

D　：飼育日数

また，試験終了時の各区の試験魚の体重について，一元配置分散分析を行ったうえで各区の有意差検定にはBonferroni法による多重比較を行った。有意水準は5%とした。

結　果

1　摂餌量の変化

飼育試験の概要を表2，各試験区の摂餌量の変化を図1に示した。試験期間中，全ての試験区で死亡魚はなかった。

制限給餌区では，1.2倍区で第1週目に摂餌量が規定量を下回ったが，第2週目以降は全ての試験区で規定量と同量の摂餌となった。また，飽食区では，摂餌量が大きく変化した。第1週目は制限給餌区の設定上限である標準給餌率表の1.2倍量を下回ったが，第2週目以降はそれより多い量を摂餌し，摂餌量は標準給餌率表の1.3～1.9倍で推移した。

2　成長速度

各試験区の体重の推移及び各区の試験魚の体重の多重比較検定の結果について図2に示した。平均体重は全ての試験区で試験終了まで増加し続けた。

体重と日間成長率の関係を図3に示した。制限給餌区では体重の増加と日間成長率の関係に一定の傾向はみられなかった。一方，飽和給餌区では体重255gまでは

体重の増加とともに日間成長率が増加したが，その後は緩やかに減少した。

3　飼料効率

試験全体を通しての飼料効率は，0.8倍区で97.1%，1.0倍区で98.6%，1.2倍区で96.3%，飽食区で91.1%であった（表1）。

各試験区の体重195gから255gにかけての飼料効率の推移を図4に示した。摂餌が安定した第3週以降は概ね60 %から120%の間で推移した。体重の増加に伴う増減傾向はみられなかった。

4　体重の変動係数

試験期間中における各試験区での体重の変動係数の推移を図5に示した。試験終了時には，制限給餌を行った3試験区で7.77-8.11と，試験開始時（7.07-7.99）とほとんど変化がなかったが，飽食給餌区で13.69と大幅に増加した。

考　察

水温15℃以下の山地渓流部に生息するエゾイワナ[15]において，水温6～7℃は養殖水温として一般的でなく限定的な知見ではあるが，第1週目に発生した摂餌不良以降，試験期間を通して規定量を給餌したところ，試験全体を通して全試験区で90%以上の高い飼料効率を示した。また，飽食区では第2週目以降の摂餌量は標準給餌率表の1.3～1.9倍で推移した。

イワナの飽食量については，1年魚(体重約40-70g)で標準給餌率表の1.2倍量程度であろうとしている報告[10]があり，本試験の2歳魚の結果は同様の傾向を示した。一方で，第2週目以降は1.2倍区の試験魚は規定量を完食しているほか，飽食区では最大で標準給餌率表の2倍量程度を摂餌した週もあり，多量給餌への馴致によって飽食量が変化する可能性が考えられた。

成長速度については，本試験では給餌量が多いほど成長速度も大きい結果になった。鈴木ほか（1989）では，体重約40gの個体を用いた試験において本試験と同様の結果となっているが，約70gの個体を用いた試験では，1.2倍区の方が1.0倍区よりも成長速度が低下したと報告している。しかし，飽食量に近い1.2倍区において残餌が目立ったとの記述があり[10]，給餌量と摂餌量に差が生じたことが原因である可能性が考えられる。本試験の結果から，残餌が出ないように給餌を行い，適切に摂餌量を把握したうえで給餌量を増やすことで，短期間で飼育魚を成長させることが可能であることが示唆された。

飼料効率について，イワナ稚魚期（2g-20g程度）では標準給餌率表の0.8倍量以下の給餌，幼魚から成魚（40g-100g程度）では標準給餌率表に沿った給餌が有効であるとされてきた[9,10,11]。190gから250gまでの大型のイワナを用いた本試験では，標準給餌率表の0.8倍量の制限給餌から飽食給餌まで全ての試験区で飼料効率は90%を上回り，良好な結果となった。飼料効率が高かった順に並べると，1.0倍区，0.8倍区，1.2倍区，飽食区となり，標準給餌率表に従った給餌量が最も飼料効率が高かった。また、最大で標準給餌率表の1.9倍量を摂餌した飽食区でも90%以上の飼料効率を示したことは、飼料の質の改善による効果と考えられる。

個体間の体重の分散については，鈴木ほか(1989)では標準給餌率表0.6～1.2倍の範囲では給餌量が多いほど個体間の体重の分散が少なかったことを報告している。本試験では，0.8倍区～1.2倍区の範囲での制限給餌では体重の変動係数は低位で推移し，個体間の体重の分散が抑えられたが，飽食給餌では試験期間を通して変動係数は増加し，個体間の体重の分散は大きくなった。これは，飽食量には個体差があり，飽食給餌によって個体間の摂餌量の差が生じたことが要因と考えられる。また，飽食給餌区の摂餌量が標準給餌率表の1.3～1.9倍で推移していることから，個体間の体重の分散を抑制する給餌量の閾値は標準給餌率表の1.2倍程度であることが推定される。養魚場等で均一の規格のロットを生産する場合には，この量を超えず給餌することで個体間に体重差が生じないようにする必要がある。

以上の結果から，標準給餌率表に記載のない体重190g以上の大型イワナでも，水温6～7℃では標準給餌率表に従った給餌率であれば，0.55%の日間成長率を確保でき，飼料効率が良好であり，個体間の体重の分散を抑えることができることがわかった。

要　約

ライトリッツの標準給餌率表に記載のない体重190g以上のイワナ大型魚を用いて，水温6～7℃で標準給餌率表の0.8倍量，1.0倍量，1.2倍量，飽食量を給餌し，飼育試験を行い，その適正給餌率について知見を得た。

1）飽食量は標準給餌率表の1.2倍量程度であったが，多量給餌への馴致によって飽食量が変化する可能性がある。

2）成長速度は給餌量が多いほど大きくなることから，適切に給餌量を増やすことにより短期間で飼育魚を成長させることが可能であることが示唆された。

3）飼料効率は全ての給餌量区で90%を上回り，1.0倍量，0.8倍量，1.2倍量，飽食の順に成績が良かった。

4）個体間の体重の分散は制限給餌では抑制されたが，飽食給餌では分散は大きくなる傾向を示した。

5）1）～4）から，6～7℃の飼育水温で体重190g以上のイワナ大型魚は，ライトリッツの給餌率表に従った給餌によって成長速度を確保でき，飼料効率が良好で，個体間の体重のばらつきを抑えることができることがわかった。

謝　辞

本研究を実施するにあたり宮城県水産技術総合センター内水面水産試験場の職員の皆様には研究についてのご助言やご指導をいただき，また，飼育管理及び測定補助等について多大なご助力をいただきましたことについて，この場をお借りして感謝申し上げます。

参考文献

1) 平成29年度水産白書．平成30年5月，水産庁漁政部，124-125
2) 令和3年度水産白書．令和4年6月，水産庁漁政部，50-51
3) 長田隆志(2018)「ご当地サーモン」の急増と差別化の課題，養殖ビジネス，694，4-7.
4) 佐野雅昭（2019）日本におけるサーモン養殖展開の機序、特徴、展望，地域漁業研究，59（3），117-128
5) 上田賢一・佐藤好・遊佐和洋・鈴木貫治・西川正純・熊谷明・永島宏 (2014) 伊達いわな(全雌三倍体イワナ)の商品化に向けた取組について，宮城県水産研究報告，**14**，69-72
6）Earl LEITRITZ（1959）Trout and Salmon Culture (Hatchery Methods)，Fish Bulletin，**107**，88-91pp.
7）箕輪ゆい・伴真俊・福澤博明・中島歩・八重樫博文（2019）サケの給餌率に関する検討，北海道区水産研究所，SALMON情報，**13**，23-26
8）徳原哲也・桑田知宣（2002）アマゴの育種に関する研究-VIII 12代スモルト選抜を行った魚の生物学的特性，岐阜県淡水魚研究所研究報告，**47**，1-4
9）長沢静雄・佐藤脩・佐野秋夫・高田寿治（1980） 7.　エゾイワナ給餌率比較試験，昭和55年度福島県内水面水産試験場事業報告書，10-14
10）鈴木邦雄・田中深貴男・田中繁雄（1989）荒川系イワナ1年魚の適正給餌率について，埼玉県水産試験場研究報告，**48**，66-71
11）鈴木邦雄・田崎志郎・野村博（1991）荒川系イワナ稚魚（2g級）の適正給餌率について，埼玉県水産試験場研究報告，**50**，81-84
12）日本の魚類養殖と配合飼料 （社）日本養魚飼料協会40年史．平成19年10月，株式会社緑書房，60-66pp.
13）山本剛史・三浦正之（2022）ニジマス、マス類，養殖ビジネス，**745**，86-91
14）竹内俊郎・鄭寛植・渡辺武（1990）エクストルーダー処理した炭水化物原料のニジマスおよびコイに対する有効性，日本水産学会誌，**56**（11），1839-1845
15) 宮城の淡水魚．平成16年3月，宮城県内水面水産試験場，10-12pp.

表 2　飼育試験の概要

実　験　区	制限給餌区			飽食給餌区
	0.8倍区 標準給餌率表×0.8	1.0倍区 標準給餌率表×1.0	1.2倍区 標準給餌率表×1.2	飽食区
開始時平均体重 ± S.D.	195.9±13.84	197.1±15.74	196.9±14.65	197.1±15.19
開始時変動係数	7.07	7.99	7.44	7.71
終了時平均体重 ± S.D.	253.5±20.55	273.3±21.45	286.7±22.26	313.1±42.86
終了時変動係数	8.11	7.85	7.77	13.69
放　養　量　(g)	3,917	3,941	3,938	3,941
増　重　量　(g)	1,153	1,524	1,795	2,321
日間成長率　(%)	0.42	0.55	0.65	0.84
日間摂餌率　(%)	0.43	0.56	0.68	0.92
給　餌　量　(g)	1,187.6	1,545.9	1,863.6	2,548.8
餌料効率　(%)	97.1	98.6	96.3	91.1

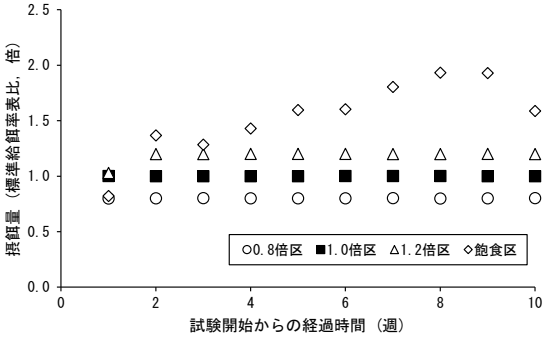


図 1　摂餌量の推移

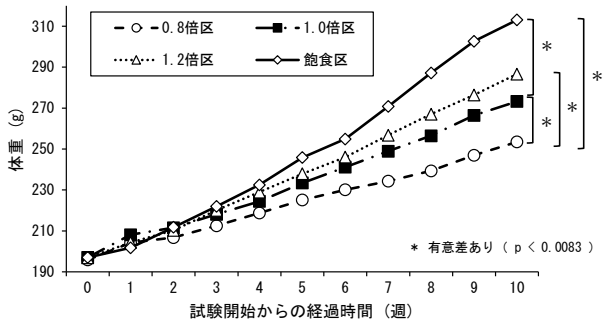


図 2　体重の推移

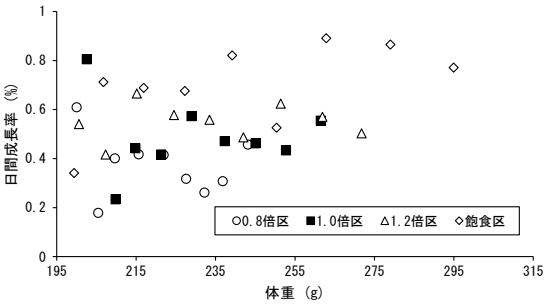


図 3　体重と日間成長率の関係

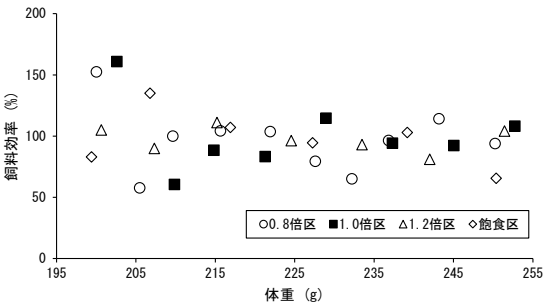


図 4　体重と飼料効率の関係

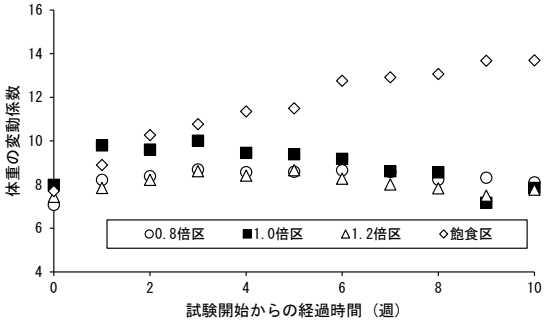


図 5　体重の変動係数の推移

宮城水産研報 第23号，2023
Miyagi Pref. Rep.
Fish. Sci. No.23, 2023

ノート

宮城県北部海域における雑種フグの出現

佐伯　光広[*1]・小野寺　淳一[*1]

Appearance of hybrid pufferfish species in the coastal water of northern Miyagi Prefecture

Mitsuhiro SAEKI[*1], Junichi ONODERA[*1]

キーワード：雑種フグ

宮城県沿岸域では海水温が上昇傾向にあり[1)]，この影響によると推定されるタチウオ，サワラ，ガザミ等の暖水性魚種の水揚げが増加している[2-3)]。さらにこれまで水揚げが少なかったフグ科魚類の水揚げも増加しているが，本県ではフグ科魚類の水揚統計はトラフグ以外はほとんど区別されておらず，魚種別の水揚げ実態は不明である。

このため，宮城県北部海域におけるフグ科魚類の水揚種の組成を明らかにするため，南三陸町歌津の定置網に入網した漁獲物を調査した。その結果，漁獲されたフグ科魚類の種組成とショウサイフグとゴマフグの雑種と判断される個体に関する知見が得られたので，本稿により報告する。

材料と方法

1　宮城県北部魚市場におけるフグ科魚類の水揚量

宮城県産地魚市場でのフグ科魚類の水揚げはトラフグについては明確に区別しているが，トラフグ以外はヒガンフグ，ショウサイフグ，クサフグ等を一部の魚市場で区別しているに過ぎず，ほとんどは「その他のフグ」となっている。図1に示す宮城県北部魚市場の地方卸売市場気仙沼市魚市場（以下，気仙沼魚市場），南三陸町地方卸売市場（以下，南三陸魚市場）でも同様である。このため，本稿では，トラフグ以外のフグ科魚種の水揚動向を把握するため，宮城県北部魚市場において「その他のフグ」として扱っている魚種を含めたトラフグ以外の魚種の合計値を集計した。集計は宮城県独自の水揚統計システムである，「宮城県総合水産行政情報システム」により行った。また，月別の水揚量の傾向を把握するため，2019年～2021年までの月別水揚量を調べた。

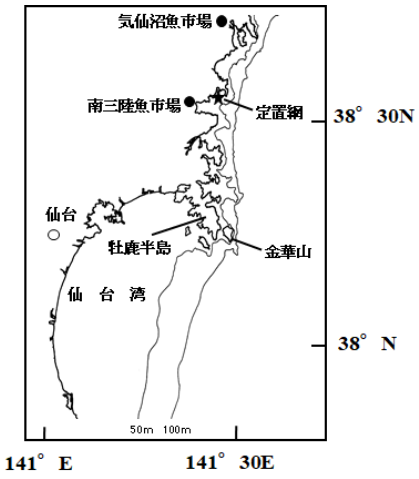


図 1　宮城県北部魚市場（気仙沼，南三陸）と定置網敷設位置

2　定置網で漁獲されたフグ類の種組成

気仙沼，南三陸魚市場で水揚げされているフグ科魚類の種組成を明らかにするため，両魚市場に水揚げを行っている定置網（図1）に入網したフグ科魚類について，魚類図鑑[4-7)]により種査定を行った。調査に当たっては，2022年7月8日，8月4日，9月28日の漁獲物につい

[*1]宮城県水産技術総合センター気仙沼水産試験場

て種の査定を行い，全長，体重の測定を行った。7月8日と8月4日の漁獲物については全数，9月28日の漁獲物は全量106kg中40kg分について種の査定及び全長，体重の測定を行った。種査定においてショウサイフグに似るが臀鰭が黄色の個体が発見されたため，Takahashi et al.,[8]により臀鰭が黄色で背部及び腹部に棘が明瞭に目視できる個体はショウサイフグとゴマフグの中間的特徴を持つ雑種と判断し，本稿では「雑種1」で表した。

また，Takahashi et al.,[8]でも出現が確認されているが，臀鰭が黄色であっても棘が目視できない個体は本稿では「雑種2」で表した。

結果

1　宮城県北部魚市場におけるフグ科魚類の水揚動向

図2に宮城県北部魚市場におけるフグ科魚類の水揚量の推移を示した。水揚量のほとんどは定置網によるものであった。2015年以降，増加傾向となり，2019年には126トンに達した。2019年以降は減少傾向にあるが60トン以上の水揚量となっていた。月別にみると，いずれの年も5月から水揚げが増加し，7月に最も多くなった後，9月以降は減少する傾向がみられた（図3）。

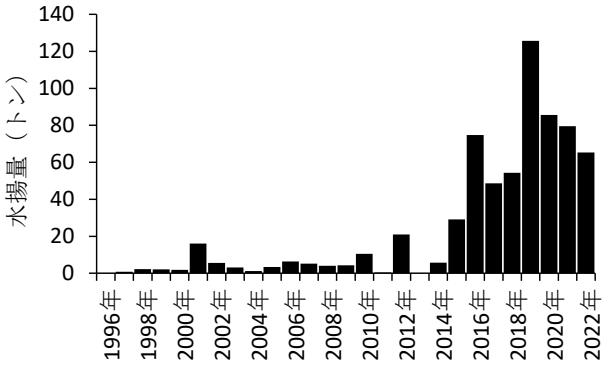


図 2　宮城県北部魚市場（気仙沼，南三陸魚市場の合計値）のフグ科魚類水揚量の推移（2022 年は 10 月 10 日まで）

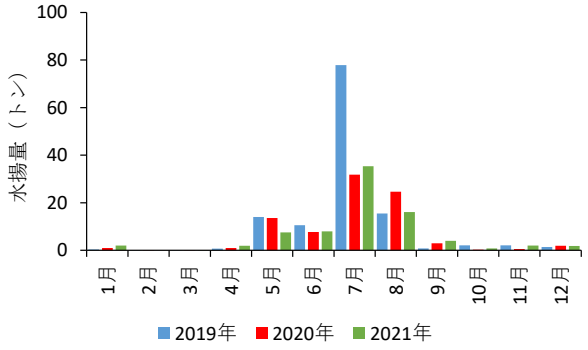


図 3　宮城県北部魚市場（気仙沼，南三陸魚市場の合計値）のフグ科魚類月別水揚量の推移

2 定置網で漁獲されたフグ科魚類の種組成

表1に漁獲された魚種と魚体測定結果を示した。7月8日と8月4日に漁獲された魚種はいずれもトラフグ属の魚種であり，ショウサイフグ，ゴマフグ，マフグ，ヒガンフグ，コモンフグ，クサフグが漁獲された。9月28日はトラフグ属の魚種の他にサバフグ属のクロサバフグ，モヨウフグ属のホシフグが漁獲され，7月8日，8月4日に漁獲された魚種よりもより南方に分布するフグ科魚類[5-7]が漁獲された。いずれの調査でも最も多くの割合を占めたのはショウサイフグであり，次いで多かったのはゴマフグであった。

臀鰭が黄色でかつ目視によって棘が明瞭なショウサイフグとゴマフグの中間的特徴を持つ「雑種1」とした個体の割合は7月8日では3.9%，8月4日では3.3%であったが，9月28日の漁獲物は15.1%と増加した。また，臀鰭が黄色で棘が目視できずに「雑種2」とした個体はいずれの月も見られ，7月は0.7%，8月は1.9%，9月は6.2%であった。

ショウサイフグ，ゴマフグ及び雑種1の写真を図4に示した。臀鰭の色を見ると，図4（上）のショウサイフグの臀鰭は白色，図4（下）のゴマフグの臀鰭は黄色，図4（中）の雑種1と判断した個体は体の紋様がショウサイフグに似るが臀鰭が黄色であり，背部と腹部にショウサイフグには無いゴマフグより短い棘が目視できた（図5）。

表 1　南三陸町の定置網で漁獲されたフグ科魚類の種組成

2022年7月8日

魚種	個体数	割合（%）	平均全長(cm)	平均体重（g）
ショウサイフグ	113	73.9	22.8(15.6-31.1)	224.4(75.6-646.1)
ゴマフグ	19	12.4	27.8(16.7-37.0)	459.6(64.5-1,000.2)
雑種1	6	3.9	25.5(18.2-32.2)	303.1(95.5-621.8)
雑種2	1	0.7	20.1	138.1
マフグ	5	3.3	17.6(12.4-26.4)	106.7(37.6-243.1)
ヒガンフグ	1	0.7	28.1	404.8
コモンフグ	8	5.2	17.9(16.1-19.3)	105.4(68.2-141.4)
計	153	100		

2022年8月4日

魚種	個体数	割合（%）	平均全長(cm)	平均体重（g）
ショウサイフグ	161	77.0	22.4(13.6-27.7)	187.8(85.4-340.8)
ゴマフグ	28	13.4	27.8(16.7-37.0)	459.6(64.5-1,000.2)
雑種1	7	3.3	22.1(16.8-24.8)	192.1(82.0-277.6)
雑種2	4	1.9	20.3(16.8-23.0)	132.1(74.6-182.2)
マフグ	3	1.4	20.2(17.4-27.5)	151.8(83.6-306.2)
コモンフグ	3	1.4	20.4(18.4-23.9)	118.9(97.6-150.8)
クサフグ	3	1.4	15.4(12.7-17.9)	68.8(34.2-104.8)
計	209	100		

2022年9月28日

魚種	個体数	割合（%）	平均全長(cm)	平均体重（g）
ショウサイフグ	147	50.5	18.6(14.0-25.2)	114.8(44.8-208.0)
ゴマフグ	44	15.1	20.1(15.4-40.1)	151.8(60.2-902.0)
雑種1	39	13.4	19.4(13.6-26.2)	175.8(39.6-201.6)
雑種2	18	6.2	18.6(14.0-46.6)	115.1(46.6-208.2)
マフグ	39	13.4	21.8(18.2-24.2)	204.2(112.4-294.6)
コモンフグ	2	0.7	18.9(18.3-19.4)	129.9(118.8-141.0)
ホシフグ	1	0.3	36.2	834.8
クロサバフグ	1	0.3	20.2	167.2
計	291	100		

※全長，体重の括弧内は範囲



図 4　南三陸町の定置網で漁獲されたショウサイフグ（上），雑種個体（中），ゴマフグ（下）

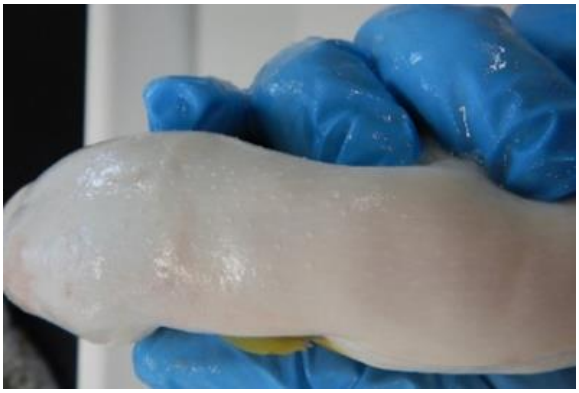


図 5　ショウサイフグとゴマフグの雑種個体で観察された腹部の棘

考察

1　宮城県北部魚市場におけるフグ科魚類の水揚動向

2015年以降，宮城県北部魚市場のフグ科魚類の水揚げは増加傾向となっていた。今回，フグ科魚類の中で多くの割合を占めたショウサイフグの分布域は日本の太平洋沿岸，日本海沿岸，東シナ海，朝鮮半島等と広く分布している[4-7]が北海道に分布すると記載している魚類図鑑は無く，原色魚類検索図鑑Ⅰ[7]には南日本に多いとの記載がある。1986年に刊行された「南三陸の沿岸魚」において酒井[9]は南三陸魚市場に水揚げされたにもかかわらず，撮影の機会に恵まれなかった魚種及び南三陸における近年の魚類相調査で生息が確認されている魚種の中にショウサイフグを挙げており，同種の出現状況は稀と記載している。このことから同書の刊行当時よりも分布域が北偏しているのは明らかである。ゴマフグについては日本海，東シナ海，朝鮮半島を中心に分布する暖水性魚種であることが示唆されている[4-7]。酒井[9]は，同種について広水温種で季節的に出現し，南三陸へは夏に来遊することを示しているが，Takahashi et al.,[8]が示しているとおり，海水温上昇が顕著な日本海においてゴマフグの分布が北方に拡大し，津軽暖流経由で三陸沿岸へ南下，来遊するものが増加していると考えられる。

これらの水揚げが増加しているフグ科魚類に関しては，気仙沼魚市場，南三陸魚市場とも2012年～2021年までの過去10年でキロ単価11～143円で推移している単価が低い魚種であることから来遊量があっても未利用魚となり，水揚量に反映されていない可能性がある。このため利用実態について，気仙沼市及び南三陸町の3人の定置網漁業者，気仙沼魚市場及び南三陸魚市場の職員，フグ科魚類を買い付けしている2社の水産加工業者から聞き取り調査を行ったところ，漁獲があれば水揚げを行い，利用している魚種であることが分かった。このため，現在のフグ科魚類の水揚量の増加要因として宮城県周辺海域で増加している暖水性魚類[2-3]と同様に海水温上昇の影響が示唆され，特に水揚げの半数以上を占めるショウサイフグの来遊量の増加が一因であると考えられた。また，今回，フグ科魚類の水揚量が多かった7月から8月にはショウサイフグ及びゴマフグの雌雄の成熟個体（図6）や産卵後の個体が見られた。月別の水揚量では7月に最も水揚量が多くなっていることから7月を中心に宮城県北部海域の浅海域が産卵場の一つとなっている可能性があるが，詳細は不明であり，今後の調査が必要である。



雄　　雌

図6　ゴマフグの成熟個体（2022年8月4日）

2　ショウサイフグとゴマフグの雑種個体の出現

宮城県北部海域においてフグ科魚類の詳しい調査は行われておらず，過去からのフグ科魚類の種の組成については明らかではないが，Takahashi et al.,[8]は，気仙沼湾の近隣の湾である岩手県の広田湾，大槌湾において2016年7月に採集されたショウサイフグ，ゴマフグ及びショ

ウサイフグに似るが臀鰭が黄色であった個体の割合を示し，ショウサイフグ89.2%，ゴマフグ5.9%，臀鰭が黄色の個体4.8%としている。今回，これと同月の2022年7月8日に採集されたショウサイフグ，ゴマフグ及びショウサイフグに似るが臀鰭が黄色であった個体（本稿の雑種1と雑種2の合計）のみでの割合はそれぞれ81.3%，13.7%，5.0%となり，臀鰭が黄色の個体の割合に変化は無かったが，ゴマフグの割合が増加していた。

Takahashi et al.,[8]は海水温上昇により，日本海に主分布域があるゴマフグが津軽暖流経由で太平洋岸へ分布域を拡大し，結果としてショウサイフグとゴマフグの雑種個体が増加する可能性を示している。今後，宮城県北部海域においてもゴマフグ及びショウサイフグとゴマフグの雑種個体が増加していく可能性があるが，変動を把握するためには，継続的な水揚物の調査が必要である。

3　雑種フグの食品としての扱い

雑種フグの食品としての扱いについては，昭和58年12月に厚生省環境衛生局長通知[10]によって，都道府県知事，政令市市長，特別区区長は，フグによる食中毒防止のため，「水揚げ地または出荷地の魚介類市場営業者等関係者に対し，魚体すべてが有毒なフグ及び種類不明フグについては確実に排除するよう指導すること」となっており，また，「出荷地及び消費地の市場等で種類不明フグが発見された場合，発見市場を管轄する食品衛生担当部局は水揚げ地を管轄する食品衛生担当部局と連絡を密にし，有毒フグの流通防止に努めること」となっている。

同通知にはトラフグとカラスの「中間種のような個体の出現」についての取り扱いの記述があり，「中間種は両方の親魚に共通した可食部位のみを可食部位とする」とある。トラフグ属の自然交雑個体の有毒部位はよくわかっておらず[11]，この中間種の可食部位が適用されるのは現状ではトラフグとカラスの中間種のみであり，それ以外は流通経路のどこかで排除されている（水産大学校，ふく通信NO16，https://www.fish-.ac.jp/kenkyu/ sangakukou/ ufukutuushin/fukutuushin_top.htm，2022年10月26日）。

Takahashi et al.,[8]は岩手県，福島県，茨城県沿岸海域で漁獲されたショウサイフグとゴマフグの大規模な交雑現象を制限酵素断片多型（AFLP）及びミトコンドリアDNAを用いて明らかにし，漁獲物中にショウサイフグとゴマフグの雑種個体，同雑種個体とショウサイフグまたはゴマフグとの戻し交配，さらにショウサイフグでありながら臀鰭が黄色である個体が存在し，これらは見た目では区別できないことを報告している。今回の調査においても本稿において「雑種1」で表示した，臀鰭が黄色で背部および腹部に棘がある，ショウサイフグとゴマフグの雑種個体，さらに本稿において「雑種2」で表示した，ショウサイフグに似るが臀鰭が黄色の棘が無い個体が存在した。これらの臀鰭が黄色である個体は見た目では両親種が不明の種類不明フグであり，市場から排除される対象となる[10]。

フグ雑種についてはトラフグとマフグの雑種もあり，雑種個体は皮膚にトラフグには無い毒性が現れることが報告されている[11]。今後，海水温上昇に伴い，宮城県周辺海域ではトラフグやゴマフグ等，これまで分布が少なかった種が増え，雑種フグのパターンやその分布量が増えることが予想されることから，モニタリングを強化し，取り扱いについての注意を喚起していくことが必要である。

謝　辞

ショウサイフグとゴマフグの雑種個体の見分け方と参考文献についてご教示いただいた，国立研究開発法人水産研究・教育機構　水産大学校生物生産学科　准教授　高橋　洋博士に感謝申し上げる。また，調査を実施するにあたりサンプル収集にご協力頂いた，角万漁業生産組合代表理事組合長 三浦光喜氏に感謝申し上げる。

参考文献

1）佐伯光広・稲田真一・小野寺毅・永木利幸(2016) 宮城県沿岸における海水温の長期トレンド．宮城県水産研究報告，**16**，1-9

2）岡村悠梨子・増田義男・矢倉浅黄・田邉徹・阿部修久・雁部総明（2021）近年の宮城県における主要な漁獲物組成と

海洋環境の変化．黒潮の資源海洋研究，**22**，41-46
3）矢倉浅黄（2021）仙台湾におけるガザミの漁獲と生態について．宮城県水産研究報告，**21**，9-14
4）中坊徹次編（2013）日本産魚類検索 全種の同定第三版Ⅱ, 1732-1742
5）益田一・尼岡邦夫・荒賀忠一・上野輝彌・吉野哲夫編（1988），日本産魚類大図鑑≪解説≫，東京，東海大学出版会，348-350
6） 益田一・尼岡邦夫・荒賀忠一・上野輝彌・吉野哲夫編（1988），日本産魚類大図鑑≪図版≫，東京，東海大学出版会，328-330
7） 阿部宗明著（1989）原色魚類検索図鑑Ⅰ，北隆館，248-255
8）Hiroshi Takahashi・Airi Toyoda・Taku Yamazaki・Shusaku Narita・Tshuyoshi Mashiko・Yukio Yamazaki（2017）Asymmeric Hybridization and introgression between sibling species of the pufferfish *Takifugu* that have undergone explosive speciation,Marine Biology,**164(4)** ,1-11
9）酒井敬一（1986）魚類図鑑南三陸の沿岸魚，志津川町役場，154-160
10）厚生省環境衛生局長通知，フグの衛生確保について（1983），昭和58 年12 月2 日，環乳第59号
11) Ryohei Tatsuno・Yumi Miyata・Hiroyuki Yoshikawa・Yasuko Ino・Tsubasa Fukuda・Manabu Furushita・Hiroshi Tahahashi（2019），Tetrodotoxion distribution in natural hybrid between the pufferfish species *Takifugu rubripes* and *Takifugu porphyreus*,Fishery science,**85**,237-245

宮城水産研報 第 23 号,2023
Miyagi Pref. Rep.
Fish. Sci. No.23, 2023

ノート

生ノリに含まれる遊離アミノ酸の簡易抽出方法の検討

紺野 智太[*1]・垂水 裕樹[*1]・阿部 真紀子[*1]・永木 利幸[*1]

The study of simple method for extracting free amino acids from fresh nori *Neopyropia yezoensis*

Tomohiro KONNO[*1], Yuki TARUMI[*1], Makiko ABE[*1], Toshiyuki NAGAKI[*1]

キーワード：スサビノリ，遊離アミノ酸，高速液体クロマトグラフィー

本県は国内におけるノリ養殖の北限であり，スサビノリ（以下，ノリ）は本県において重要な養殖種の一つである。本県の養殖生産状況は「海面漁業生産統計調査」[1)]及び「漁業産出統計」[2)]によれば， 2020年の生産枚数は407,239千枚，生産金額は約55億円であり，生産数量及びその金額はともに全国の約5%を占めている。本県では「ノリ養殖最適生産技術開発事業」として，県内各浜の特徴に応じた生産モデルの構築のために試験研究を行っている。

魚介類や藻類の組織を熱湯や，エタノール等を用いて抽出し，得られた抽出液をエキスという。エキスは低分子量の物質から構成されており，その中には生命活動に不可欠な機能を担うものや，呈味に関係するものがある。遊離アミノ酸はエキス中で遊離の形で存在し，タンパク質を構成するアミノ酸とは異なり，呈味に関係する成分である。遊離アミノ酸は生物種ごとに特定のアミノ酸に偏ることが知られており[3,4)]，ノリに含まれる主要な遊離アミノ酸は，アラニン，グルタミン酸，アスパラギン酸であり[6,7,8)]，これらの含有量を分析することで見た目だけでない「おいしさ」を評価することができる。

遊離アミノ酸を分析する際は，高速液体クロマトグラフィー（以下，HPLC）等の分析装置に供する前に，前処理工程が必要である。それにはエタノール還流抽出法，トリクロロ酢酸（以下，TCA）法などがあるが[5)]，ノリにおいてはエタノール還流抽出法が一般的である[6,7,8)]。エタノールを使用する際には，その性質からエキスを含む水溶性成分だけでなく，脂溶性成分を抽出してしまうため，これらを分画する必要があるが，分画操作は工程が煩雑であり時間が掛かる。そのため，簡易に遊離アミノ酸を抽出する方法が求められている。横関ら[9)]は，粉末状の穀類から遊離アスパラギンをTCA水溶液で抽出しており，同様の手法がノリでも応用可能か検討した。TCA水溶液を用いた前処理工程では，煩雑な分画操作は必要なく，操作は簡易で，ハンドリングによる試料の汚染や分析対象種の損失などのリスクを下げる効果が期待される。以上のことから，ノリに含まれる遊離アミノ酸を簡易に抽出する方法について考察するため，エタノール還流抽出法とTCAを用いた方法を比較検討したので報告する。

材料と方法

1 サンプル

本分析には，2021年1月17日に宮城県亘理郡亘理町荒浜で養殖された生ノリを使用した。サンプリングしたノリは，チャック付きの袋に入れ，氷温下で水産加工公開実験棟に持ち帰った後，葉体表面の塩分を除去するために十分な量の水道水で洗浄した。その後ペーパータオル等で葉体表面の水分を除去し，分析に供するまでチャック付きの袋に入れ-30℃で凍結保管した。

2 遊離アミノ酸抽出方法の検討

抽出方法については，以下の3つの方法で検討した。試験区については，エタノール還流抽出法をエタ区，トリクロロ酢酸法をTCA区，フリーズドライ法をFD区

[*1]宮城県水産技術総合センター

とした。

なお，全ての抽出方法で同じ冷凍サンプルを使用した。サンプルはチャック付きの袋に入れたまま流水解凍し，フードプロセッサーで細断後，抽出した。

（1）エタノール還流抽出法（以下，エタ法）

Nodaら[8]の方法を参考に行った。サンプルを共栓三角フラスコに約5g精秤し，そこに80%エタノールを10倍量(50ml)加えた。冷却管を付け80℃の水浴上で，還流抽出を15分間行った。その後，濾紙（No.5B, ADVANTEC社製）で抽出液を濾過し，ナス型フラスコに回収した。上記抽出操作を合計3回繰り返した。回収した抽出液はロータリーエバポレーターで40℃で減圧乾固し, 乾固したサンプルはジエチルエーテル及び蒸留水それぞれ50mlを用いて溶解し，分液漏斗を用いて脱脂操作を行った。2層に分離後, 水層を回収し, 再びジエチルエーテル50mlを加えた。この脱脂操作を合計3回繰り返した。脱脂操作後，水層を回収し，ロータリーエバポレーターで40℃で減圧乾固した。乾固したサンプルを超純水で100mlメスフラスコに定容後, 0.45μmシリンジフィルターで濾過したものを1.5mlバイヤルに充填し，分析サンプルとした。

（2）トリクロロ酢酸法（以下，TCA法）

分析試料前処理ハンドブックの方法を参考に行った[5]。サンプル約5 gを50ml遠沈管に精秤した。その遠沈管に10% TCA水溶液15mlを入れて1分間震盪後，TCA水溶液に十分溶出させるため冷暗所で１日放置した。その後，遠心分離（0℃・21,100g×5分）し，上澄みを濾紙（No.5B）を用いて濾過しながら, 100mlメスフラスコに回収した。次に，遠沈管に5%TCA水溶液10mlを加え震盪後，濾紙を用いて上澄みを同じ100mlメスフラスコに回収した。最後に, 濾紙上に残った遊離アミノ酸を回収するために蒸留水30ml程度で洗い流し，同じ100mlメスフラスコに回収した。超純水で100mlメスフラスコに定容後，0.45μmシリンジフィルターで濾過したものを1.5mlバイヤルに充填し，分析サンプルとした。

（3）フリーズドライ法（以下，FD法）

サンプルを凍結乾燥した後にガラスホモジナイザーで摩砕し，(2)TCA法と同様に抽出した。まず，サンプル約5 gをアルミ皿に精秤し，-30℃で凍結させた。次に，アルバック社製凍結乾燥機（DFR-5N-B）を用いて，凍結乾燥を行った。凍結乾燥後，サンプル及び少量の10%TCA水溶液をガラスホモジナイザーに入れ，摩砕した。10%TCA水溶液は全量が15mlになるように摩砕したサンプルとともに50ml遠沈管に加え1分間震盪後，TCA水溶液に十分溶出させるため冷暗所で１日放置した。その後，遠心分離（0℃・21,100g×5分）し，上澄みを濾紙を用いて濾過しながら, 100mlメスフラスコに回収した。次に，遠沈管に5%TCA水溶液10mlを加え震盪後，濾紙を用いて上澄みを同じ100mlメスフラスコに回収した。最後に, 濾紙上に残った遊離アミノ酸を回収するために蒸留水30ml程度で洗い流し，同じ100mlメスフラスコに回収した。超純水で100mlメスフラスコに定容後，0.45μmシリンジフィルターで濾過したものを1.5mlバイヤルに充填し，分析サンプルとした。

3　遊離アミノ酸定量分析

アジレント･テクノロジー株式会社製のHPLC（Agilent 1260 Infinity series）を用いて分析を行った。

アミノ酸の誘導体化は，Agilent 1260 Infinityオートサンプラーの自動プレカラム誘導体化機能を用いた。OPA（o-フタルアルデヒド）で1級アミノ酸を誘導体化した後，逆相カラムで分離し，フォトダイオードアレイ検出器及び蛍光検出器を用いて定量した。分析条件は表1，移動相A及びBのグラジエントは表2のとおりとした。

各遊離アミノ酸は, 市販のスタンダードを用いた絶対検量線法により，アスパラギン酸（Asp），グルタミン酸（Glu），セリン（Ser），ヒスチジン（His），グリシン（Gly），スレオニン（Thr），アルギニン（Arg），アラニン（Ala），チロシン（Tyr），バリン（Val），メチオニン（Met），フェニルアラニン（Phe），イソロイシン（Ile），ロイシン（Leu），リジン（Lys），プロリン（Pro）を定量した。

なお，定量分析した結果はKruskal-Wallis検定後，有意差がある場合には2群ずつを比較するためSteel-Dwassの多重比較を行った。双方とも，$p<0.05$を統計学的有意差ありと判断した。

表1　遊離アミノ酸定量分析におけるHPLC条件

カラム	Agilent Poroshell HPH-C18(3.0*100mm*2.7μm)
ガードカラム	InfinityLab Poroshell 120 EC-C18(3.0*5mm*2.7μm)
カラム温度	40℃
サンプル温度	5℃
移動相	グラジエント分析
	A) 10mM 四ホウ酸ナトリウム・リン酸水素二ナトリウム水溶液(pH8.2)
	B) アセトニトリル/メタノール/水(4.5:4.5:1)
移動相流量	0.7ml/min
検出器	DAD　338.0nm;10nm，Ref390nm;20nm
	FLD　Ex230nm，Em450nm
分析時間	23.50分

表2　移動相のグラジエント

時間（分）	移動相　A:B (v/v/v)
0	96 : 4
1.50	96 : 4
3.50	88.5 : 11.5
14.00	50 : 50
15.00	40 : 60
15.01	0 : 100
19.50	0 : 100
19.51	96 : 4
23.50	96 : 4

結　果

遊離アミノ酸定量分析の結果を表3に示した。分析の結果から，既報のとおり[6,7,8]ノリの主要な遊離アミノ酸はAla, Glu, Aspであった。

主要な遊離アミノ酸のそれぞれの抽出量については，Aspではエタ区及びFD区が最も多く，TCA区が最も少なかった。GluではFD区が最も多く，TCA区が最も少なかった。Alaではエタ区が最も多く，TCA区が最も少なかった。遊離アミノ酸抽出量の合計では，エタ区が最も多く，TCA区が最も少なかった。Asp,Glu,Ala以外の遊離アミノ酸では，エタ区においてGly,Thrが他の試験区と比べて，有意に多かった。

標準誤差（SE）については，主要な遊離アミノ酸であるAsp,Glu,Ala及び遊離アミノ酸抽出量の合計ではエタ区が最も小さく，データ間のバラつきが小さい結果となった。

考　察

生ノリの遊離アミノ酸定量分析の抽出方法には一般的にエタノール還流抽出法が用いられている[5,6,7,8]が，操作量が多く煩雑であり時間が掛かるため，本実験では事前に試料を物理的に破砕し，用いる抽出溶媒を変えることで簡易かつ測定誤差が少ない方法を模索した。TCA法は液状試料の除タンパクに用いられる方法である[5]が，横関ら[9]は粉末化された穀類中の遊離アスパラギンの抽出に使用しており，今回は同様の手法を生ノリに応用できるか検討した。TCA法と，それを一部改良し生ノリをフリーズドライすることで摩砕しやすくしたFD法を試し，従来法であるエタ法と比較検討した。なお，分析試料前処理ハンドブック[5]においては，試料にTCA溶液を加えて15分振盪するとされているが，令和2年度養殖振興プラン推進事業（ノリ養殖最適生産モデル構築事業）において，乾ノリに含まれる水溶性色素を水抽出した際に，抽出に1日以上が必要であったため，それに倣い1日放置することとした。

表3　遊離アミノ酸定量分析の結果（エタ区n=5，TCA区n=5，FD区n=5，mean±se，異なるアルファベットは試験区間で有意差があることを示す（$p<0.05$））

(mg/100g)	エタ区		TCA区		FD区	
Asp	35±2	a	32±3	a	35±3	a
Glu	83±3	a	79±8	a	84±9	a
Ser	0		0		0	
His	8±0	a	6±1	a	6±2	a
Gly	3±0	a	1±1	b	0	b
Thr	2±0	a	0	b	0	b
Arg	0		0		0	
Ala	98±4	a	89±8	a	93±9	a
Tyr	0		0		0	
Val	2±0	a	2±0	a	2±0	a
Met	0		0		0	
Phe	0		0		0	
Ile	1±0	a	1±0	a	0	a
Leu	1±0	a	1±0	a	1±0	a
Lys	1±0	a	1±0	a	1±0	a
Pro	0		0		0	
合計	234±10	a	212±21	a	224±23	a

その結果，抽出効率が最も良く，誤差が最も小さい方法はエタ区であった。TCA区及びFD区では，主要な遊離アミノ酸であるAsp,Glu,Ala 及び遊離アミノ酸の抽出量の合計はエタ区と有意差がなかったが，標準誤差はエタ区より大きかった。以上から，現時点では，より信頼できるデータを得るためにはエタ法が最適であると判断される。しかし，エタ法は操作が煩雑であり，多量のサンプル数を分析するには困難である。

TCA区とFD区を比較すると，各遊離アミノ酸抽出量及び遊離アミノ酸の抽出量の合計について有意差が無かった。この理由として，凍結保管したノリ葉体を解凍した後に試料としたことで，凍結による氷結晶の生成で破壊された細胞から遊離アミノ酸がドリップとしてTCA水溶液に溶出したためと考えられる。しかし，FD区はTCA区よりも抽出量が多く，ノリ細胞の摩砕の度合いが抽出量に関わっているとことが示唆された。

川村ら[6]は乾ノリ及び生ノリをクエン酸緩衝液中でホ

モジナイズと超音波で物理的に粉砕する方法で遊離アミノ酸を抽出し，アミノ酸分析計で定量分析を行った。その結果，エタノール還流抽出法よりも抽出量が多くなったと報告しており，物理的に粉砕することが遊離アミノ酸抽出に有効であることが示唆された。以上のことから，凍結・解凍ドリップを使用することや，ホモジナイザーを活用してより確実に原藻を摩砕すること，FD法と超音波処理を組み合わせること等で，簡易的かつ効率的に抽出できる可能性がある。その他，遠沈管にTCA水溶液を加えて震盪，遠心分離する工程を増やすことで抽出効率や誤差が改善されるかもしれない。今後も操作性や使用する溶媒の安全性，抽出効率などを考慮しながら，簡易抽出方法について検討が必要である。

要　約

生ノリに含まれている遊離アミノ酸の抽出方法について従来法のエタノール還流抽出法と，簡易的に抽出した2方法の抽出量と抽出誤差を比較検討した。

その結果，主要な遊離アミノ酸であるAsp,Glu,Ala 及び遊離アミノ酸の抽出量の合計において有意差は無いものの，従来法であるエタノール還流抽出法が最も抽出効率が良く，誤差が少ないと判断された。

謝　辞

ノリサンプルの提供にあたり，あらはま海苔合同会社菊地幹彦代表に多大な御協力をいただいた。ここに厚く御礼申し上げます。

参考文献

1）農林水産省（2022）海面漁業生産統計調査，令和2年漁業・養殖業生産統計確報

2）農林水産省（2022）海面漁業生産統計調査，令和2年漁業産出額確報

3）島一雄・關文威・前田昌調・木村伸吾・佐伯宏樹・桜本和美・末永芳美・長野章・森永勤・八木信行・山中英明（2012）最新水産ハンドブック，379-380，（株）講談社，東京

4）吉田勉監修（2008）わかりやすい食品化学，56 -57，三共出版（株），東京

5）中村洋監修（2002）分析試料前処理ハンドブック，708-710，丸善（株），東京

6) 川村嘉応・鷲尾真佐人（1998）ノリに含まれる遊離アミノ酸の簡易抽出法，有明水産振興センター研究報告第18号，1-5

7) 吉江由美子・鈴木健・白井隆明・平野敏行（1994）乾のりの加工工程における成分変化，日本水産学会，**60**(1)，117-123

8) Hiroyuki Noda, Yoshishige Horiguchi and Shigeru Araki（1975）Studies on the flavor substance of ‘Nori’, the dried laver *Porphyra* spp.-II free amino acids and 5’-nucleotides，Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries，**41**(12)，1299-1303

9) 横関俊昭・西川桂子・小木曽樹・藤田和弘（2017）HPLC-UVによる穀類中の遊離アスパラギン分析法の開発，食衛誌，Vol. 58, No.6，247-252

外部発表業績

Fishes

Spawning Phenology and Early Growth of Japanese Anchovy (*Engraulis japonicus*) off the Pacific Coast of Japan

Qinghuan Zhu(東北大院農), Rui Wu (東北大院農，中国海洋大), Yoshio Masuda（宮城水技セ）, Yutaro Takahashi（茨城水試）, Kyu Okabe（神奈川水技セ）, Koji Koizumi（静岡水技研）, Atsuko Iida（高知水試）and Satoshi Katayama(東北大院農)

8, 11, 2023

The reproduction and early growth of fish are essential elements that affect recruitment and provide breakthrough points for understanding population fluctuations. In this study, larval and juvenile Japanese anchovy (*Engraulis japonicus*) were collected from five coastal waters off the Pacific coast of Japan in 2020 and 2021 to gain more insight into life history traits such as reproduction and early growth of this species on the basis of otolith microstructure analysis. The spawning period appeared to be related to temperature and chlorophyll-a concentrations, showing latitudinal gradient variation among fishing areas. We detected a significant positive allometric growth pattern between standard length and body weight. The Gompertz model best fits the growth of standard length, showing an initial stage of growth that was quick and accelerating. The mean daily growth rate for standard length was 0.64 ± 0.09 mm per day. A series of mixed-effect models was constructed to investigate the sources of differences in the mean growth rates among individuals. The results revealed regional variability in fish growth, with individuals in the central Pacific stock growing faster. Individuals that grew slower were heavier than those of the same length, indicating a tradeoff between length growth and weight growth. The mean growth of individual fish was positively influenced by environmental factors (surface water temperature and chlorophyll-a concentration), and individuals within the same school of fish displayed a striking homogeneity of growth. Our research demonstrates the significance of including both physiological characteristics and environmental influences in early growth studies on fish.

Fish and Shellfish Immunology

Innate immunity in the edible ascidian *Halocynthia roretzi* developing soft tunic syndrome: Hemolymph can eliminate the causative flagellates and discriminate allogeneic hemocytes

Tetsuya Yanagida（山大獣）, Kei Nakayama （愛媛大沿岸セ）, Tomoo Sawada （山大医）, Miho Honjo（宮城水技セ）, Shoko Murakami (愛媛大沿岸セ）,Takaji Iida（岡山理大獣）, Euichi Hirose（琉大理）, Shin-Ichi Kitamura（愛媛大沿岸セ）

127，659-665, 2022

The infection of the kinetoplastid flagellate *Azumiobodo hoyamushi* causes soft tunic syndrome that often results in mass mortality in the aquaculture of the edible ascidian *Halocynthia roretzi.* In the diseased ascidian individuals, the flagellates are exclusively found in the tunic matrix that entirely cover the epidermis, and never invade into internal tissues, such as a mantle. The present study for the first time demonstrated that the ascidian blood plasma and hemolymph have an activity to agglutinate and disintegrate the flagellates, suggesting the innate immunity protects the internal tissue from the invasion of *A. hoyamushi.* This activity is indifferent between the healthy and the diseased individuals. Allo-specific recognition and cytotoxic reaction among ascidian hemocytes, so-called contact reaction, occur among the individuals of healthy–healthy, healthy–diseased, and diseased–diseased combination, and therefore, the hemocytes from diseased individuals still retain the alloreactivity. Moreover, the allo-reactive combinations are not changed under the presence of the flagellates, indicating the

flagellates neither suppress nor induce the effector system of the contact reaction. These results suggest that the infection of *A. hoyamushi* does not impair the innate immunity in the ascidian hemolymph.

Fish pathology

Virucidal effect of disinfectants against erythrocytic inclusion body syndrome (EIBS) virus Piscine orthoreovirus 2

Akira Kumagai（宮城水技セ）, Tomokazu Takano（水産機構水技研）, Masatoshi Yamasaki（水産機構水技研）, Tomomasa Matsuyama（水産機構水技研）, Takamitsu Sakai（水産機構水技研）, Miho Honjo（宮城水技セ）, Nasumi Tomikawa（宮城水技セ）

57, 56–59, 2022

The virucidal effect of disinfectants on *Piscine orthoreovirus* 2 (PRV-2), a causative agent of erythrocytic inclusion body syndrome (EIBS), was assessed through challenge experiments with EIBS-naïve juvenile coho salmon *Oncorhynchus kisutch*. A 10-fold dilution of PRV-2 virus suspension (1.05×10^{10} copies/mL of PRV-2 L2 RNA) was completely inactivated by 50 ppm povidone-iodine (15 min), 200 ppm sodium hypochlorite (30 s), or 40% ethanol (30 s). A 100-fold dilution of PRV-2 (1.05×10^{9} copies/mL) was inactivated by 12.5 ppm povidone-iodine (15 min), or by 25 ppm sodium hypochlorite (30 s); 1,600 ppm benzalkonium chloride (30 s) did not inactivate PRV-2

Fish pathology

Asymptomatically infected broodstock are a potential infection source for aquareovirus outbreaks in hatchery-reared Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*

Yasuhiko Kawato（水産機構水技研）, Tomoki Maeda （水産機構水技研）, Toyohiro Nishioka （水産機構水技研）, Ikunari Kiryu （水産機構水技研）, Tohru Mekata （水産機構水技研）, Tomomasa Matsuyama （水産機構水技研）, Kozue Tensha（山口農林水産部）, Isao Yamashita（山口栽培漁業公社）, Yoshihiro Kawamura（兵庫農水技総セ）, Atsushi Raku（ひょうご豊かな海づくり協会）, Kei Senbokuya（石川水総合セ）, Soetsu Yanagi（鹿児島水産振興課）, Kyoji Hayashi（大分水研）, Akira Kumagai（宮城水技セ）, Koh-ichiro Mori（水産機構水技研）

57, 11–19, 2022

Aquareovirus infection by hirame aquareovirus (HAqRV) is fatal in hatchery-reared Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. In the present study, we investigated the transmission route of HAqRV in order to develop outbreak prevention measures. HAqRV was isolated from six cases of Japanese founder juveniles from different locations in 2015 and 2016 and compared by molecular epidemiology. For three of these cases, apparently healthy broodstock that were used for Japanese flounder production were subjected to virus carrier tests using real-time PCR and ELISA targeting the viral genome and antibody against HAqRV, respectively. The viral genome was detected in the intestine and/or liver, with a detection rate of approximately 60% (n = 143). For the ELISA test, antibodies against HAqRV were detected in 100% of the examined broodstock (n = 109). Sequencing analysis of the RNA-dependent RNA polymerase gene indicated that the nucleotide sequences of the isolated virus, diseased juveniles, and apparently healthy adults were identical within the same case, but distinct among different cases. These results suggest that asymptomatically infected broodstock are a potential infection source of HAqRV outbreaks in Japanese flounder juveniles.

Frontiers in Marine Science

Influence of oyster and seaweed cultivation facilities on coastal environment and eukaryote assemblages in Matsushima Bay, northeastern Honshu, Japan

Yutaka Okumura（水産研究・教育機構塩釜）, Yoshio Masuda（宮城水技セ）, Minenosuke Matsutani（石巻専大）, Akihiro Shiomoto（東京農大）

9, 1022168, 2023

The northeastern coast of Japan suffered a massive tsunami in 2011, a natural disaster which ‘reset’ the coastal ecosystem when it destroyed much of the original sealife and scoured the seabed. This has presented an opportunity to learn more about the load on coastal ecosystems exerted by human exploitation such as aquaculture rafts and areas of anchored and floatsuspended ropes. We surveyed the coastal environment in Matsushima Bay for approximately four years following the year after the occurrence of the 2011 tsunami. Phytoplankton abundance increased with increasing water temperature. Nutrient concentrations were high at the exit of a small branch of the Ofuna-iri Canal (entering the southwestern inner part of the bay at Shiogama) but no significant differences in nutrient concentrations were observed at other stations, so it is considered that the aquaculture installations in Matsushima Bay currently have no significant effect on observed nutrient concentrations. The composition of eukaryotes in the surface seawater varied with the year and the season, but there were no clear differences between sampling stations. The lack of any differences in nutrient concentrations or eukaryote assemblages between areas with or without aquaculture installations is considered to be a result of efficient seawater exchange, despite the presence of many small islets separating Matsushima Bay from the open ocean. In addition, the aquaculture installations at present number less than half of the maximum number before the tsunami, so the bay is by no means overexploited by aquaculture. It is concluded that the current aquaculture installations have no major negative impact on the environment in Matsushima Bay.

水産海洋研究

2018年春季の女川湾における麻痺性貝毒原因プランクトン*Alexandrium* spp.のブルームとその要因

増田義男（宮城水技セ），山﨑千登勢（道総研網走水試），奥村　裕（水産研究・教育機構塩釜），岡村悠梨子（宮城水技セ），垂水裕樹（宮城水技セ），雁部総明（宮城水技セ），矢倉浅黄（宮城水技セ），田邉　徹（宮城水技セ），阿部修久（宮城水技セ），藤田海音（宮城気水試），他力　将（宮城気水試），成田篤史（宮城気水試）

86，19-31，2022

宮城県中部海域の女川湾において，2018年に*Alexandrium* spp.が高密度化し，38年ぶりにホタテガイで麻痺性貝毒が発生した。そこで本研究では，海洋環境および競合すると考えられるケイ藻との関係を調べることで，*Alexandrium* spp.の増殖要因について検討を行った。宮城県沿岸域では，2018年春季に暖水の影響が強まった。そのことで*Alexandrium* spp.の増殖に適した水温となり，また水温躍層が発達することで増殖しやすい環境が形成された。さらに水温上昇がケイ藻の群集構造に影響を与え，*Alexandrium* spp.の増殖に負に作用すると考えられる*Thalassiosira nordenskioeldii*と*Chaetoceros debilis*が減少した。これらの複数の要因により女川湾で*Alexandrium* spp.のブルームが発生したと考えた。ブルームにより，女川湾で堆積したシストが“seed population”となり，さらに近年，水温が上昇トレンドであることから，この水域における麻痺性貝毒発生について引き続き注意を払っていく必要がある。

黒潮の資源海洋研究

仙台湾におけるタチウオの漁獲動向と生物特性

増田義男（宮城水技セ）・片山知史（東北大院農）

23, 49-55, 2022

近年宮城県において水揚げされるタチウオが増加していることから，タチウオの漁獲動向，成長や成熟等についてとりまとめた。宮城県沿岸域へのタチウオの来遊は，1990年代から始まり，1999年に急増して320トンの水揚げとなったが，この年は北上暖水の強勢による沿岸水温の上昇に起因してタチウオ来遊量が一時的に増加したと考えられた。一方，近年では2015年以降タチウオが増加し始め，2021年には過去最高の506トンとなったが，これは2016年以降の親潮面積の縮小，春季の親潮南限位置の北偏に加え，2017年以降続く黒潮大蛇行による海洋環境の変化に伴う，海水温の上昇傾向により，タチウオが来遊しやすい環境にあることが要因の一つであると考えられた。耳石によって査定された個体の年齢と肛門前長（mm）の関係をvon Bertalanffyの成長式を当てはめたところ，雄と雌の成長式はそれぞれ$L_t = 345\ (1- e^{-1.256t})$，$L_t = 448$（$1-e^{-0.823t}$）で示され，雌のほうが大型となった。また，成熟や産卵量の調査結果から，7月～10月に仙台湾で産卵している可能性が示唆された。

東北底魚研究

仙台湾におけるジンドウイカの成長と成熟

増田義男・岡村悠梨子（宮城水技セ）

42, 37-40, 2022

ジンドウイカは仙台湾周辺の底びき網や定置網等で漁獲され，スルメイカ，ヤリイカに次ぐ重要なイカ類のひとつであることから，近年の漁獲動向、成長及び成熟についてとりまとめた。1995 年～2017 年までは比較的安定した水揚げで推移していたが，2018 年以降は 300 トン以下で減少傾向となっていた。標本船調査結果から，秋～冬季は沖合へ分布を広げ，春には仙台湾内へ移動する深浅回遊を行っていると考えられた。また，GSI の推移から，ジンドウイカの産卵時期は 2 月以降で，主産卵期は本種が浅所へ接岸する 5 月～7 月と考えられた。

e-水産学シリーズ「東日本大震災から10年 海洋生態系・漁業・漁村

恒星社厚生閣（日本水産学会監修，片山知史，和田敏裕，河村知彦編）

第3章　津波による貝毒原因プランクトンの大発生とその後

奥村　裕，加賀　新之助，渡邊　志穂，田邉　徹(宮城水技セ)，増田　義男（宮城水技セ），筧　茂穂

53-88, 2022

東日本大震災前後の貝毒原因プランクトンの発生状況について取りまとめた章において，宮城県の貝毒プランクトンの出現状況及びその後推移などについて，分担著者として4節の一部及び5節について執筆した。

楽水百年の歩み、Ⅲ水産技術百年の歩み、6,3 魚種別増養殖技術

ギンザケ

熊谷　明（宮城水技セ）

P323-326、 2022

養殖ギンザケの歴史、種苗生産技術、海面養殖技術、東日本大震災後の技術改良、最近の Iot を活用した養

殖、魚病対策等について概説した。

（シンポジウム等）

「東日本大震災で失ったものを取り戻すための10年間～宮城県の水産加工業界の復興の歩み～」
永木　利幸（宮城水技セ）
日本水産学会水産利用懇話会 第 1 回講演会「東日本大震災からの水産加工業の復興－11 年の時を経て－」
2022 年 9 月 30 日（於　東京大学農学部弥生講堂）

「ホシガレイ稚魚のシュードモナス病に対する加温及び OTC 投与の効果について」
本庄美穂・藤岡博哉（宮城水技セ）・三輪理（水産機構水技研）・熊谷明（宮城水技セ）
魚病学会春季大会（オンライン開催）　2022 年 3 月　口頭発表

「高水温に対応した養殖ギンザケの海水馴致方法の検討」
本庄美穂・熊谷明（宮城水技セ）
日本水産学会春季大会（オンライン開催）　2022年3月　口頭発表

「AI画像判別と検鏡によるマガキ幼生の同定・計数精度の比較」
上田賢一，十川麻衣（宮城県水技セ），上野宗一郎（IDDK）,関内孝行（プロトソリューション）,鈴木宏輔（アンデックス）,筧茂穂（水産機構・資源研）
日本水産学会秋季大会　2022年9月　宮崎

（授業等）

「マボヤ被嚢軟化症の国内侵入と疾病の現状」
熊谷 明（宮城水技セ）
東京大学大学院演習 2022 年 6 月 6 日（オンライン授業）

宮城県水産研究報告　第 23 号
令和 5 年 3 月　発行

発　行　　宮城県水産技術総合センター
〒986-2135　宮城県石巻市渡波字袖ノ浜 97 番 6
TEL 0225-24-0138　FAX 0225-97-3444

編　集　　宮城県水産関係試験研究編集委員会
委員長　和泉祐司（水技セ）
委　員　富川なす美（水技セ）上田賢一（水技セ）
永木利幸（水技セ）　佐伯光広（気水試）
柴久喜光郎（内水試）