

厚生労働科学研究費補助金（食品の安全確保推進研究事業）

（分担）研究報告書

自然毒等のリスク管理のための研究

－雑種ふぐの発生状況及びふぐの流通状況の把握－

研究分担者 高橋 洋 水産大学校 准教授

辰野竜平 水産大学校 講師

要旨：ふぐ類を食品として流通させるにあたって、その進化的背景より互いに近縁であり、種間交雑による雑種が多く発生するトラフグ属魚類の自然下での雑種の発生状況、およびその流通状況を把握することは食の安全を確保する上で極めて重要である。そこで本研究では、国内の主要な天然ふぐ水揚げ地において、水揚げされた天然ふぐにおける雑種ふぐの混獲率および流通先における流通状況の調査を実施し、それらの知見を得ることを目的とした。今年度は、宮城県気仙沼市および北海道稚内市において現地調査を行い、それぞれ9種 1834 個体および1種 1179 個体を調査した結果、雑種混獲率はそれぞれ 13.348%および 0.085%だった。また両市共に、雑種は漁獲後、純粋なフグと区別されずに水産加工会社等に購入された後、各加工会社等においてふぐ処理者の監督の下で排除されていた。なお、現場で外見より鑑別した雑種は、生鮮状態で毒性試験用に腑分けした後、冷凍して持ち帰り、DNA による雑種判別を行った。その結果、ゴマフグ×ショウサイフグ、ショウサイフグ×コモンフグ、およびトラフグ×マフグの3つの組み合わせの雑種が判別された。各雑種個体の4部位（皮、筋肉、肝臓、生殖腺）から、食品衛生検査指針理化学編（2015）に準じた方法で毒の抽出を行い、得られた抽出液を毒性評価用に水産技術研究所に送付した。

A. 研究目的

ふぐ類を食品として流通させるにあたって、その進化的背景より互いに近縁であり、種間交雑による雑種が多く発生するトラフグ属魚類の自然下での雑種の発生状況、およびその流通状況を把握することは食の安全を確保する上で極めて重要である。そこで本研究では、国内の主要な天然ふぐ水揚げ地における雑種ふぐの発生や流通状況を明らかにし、また毒性評価を行い、雑種ふぐによる中毒被害を未然に防ぐための効果的

な対策に資する知見を得ることを目的とした。

B. 研究方法

調査地において水揚げされた選別前の天然フグについて外部形態に基づき種・雑種鑑別を行い、種組成および雑種と思われる種類不明フグの個体数を数える。種類不明フグの一部については、生鮮状態で毒性試験用に皮、筋肉、肝臓、および生殖腺に腑分けし、各組織の重量を測定した後、冷凍で実験室まで持ち帰

る。また、水揚げ地市場からふぐを購入した水産加工業者等において聞き取り調査を行い、また購入したふぐの鑑別が可能であれば鑑別を行い、雑種フグの流通状況を調査する。

実験室において、雑種と思われる種類不明フグの DNA 試料（右胸鰭のエタノール固定試料）よりゲノム DNA を磁性ビーズを用いた精製法により抽出する。抽出したゲノム DNA を鋳型として、日本産トラフグ属魚類 11 種の種特異的遺伝マーカーの一塩基多型（SNPs）を TaqMan アッセイにより遺伝子型決定し、種・雑種判別を行う。種・雑種判別結果に基づき、現地調査における種類不明フグの個体数などから雑種の混獲率を推計する。また、各雑種個体から腑分けされた 4 部位（皮、筋肉、肝臓、生殖腺）の冷凍試料から、食品衛生検査指針理化学編（2015）に準じた方法で毒の抽出を行い、得られた抽出液を毒性評価用に水産技術研究所に送付する。

C. 研究結果

気仙沼市における現地調査においては、2021 年 7 月 7 日に 4 ヶ統の定置網で漁獲された計 1843 個体を買取り鑑別した。その結果、各個体は 9 種（ショウサイフグ、ゴマフグ、コモンフグ、マフグ、シマフグ、ヒガンフグ、トラフグ、クサフグ、クロサバフグ）1597 個体と雑種と思われる種類不明フグ 246 個体に分けられた。種類不明フグ 17 個体について、DNA マーカーによる種・雑種判別を行ったところ、1 個体がコモンフグ×ショウサイフグの雑種第一世代

（F1）、1 個体がコモンフグ、5 個体がゴマフグ×ショウサイフグの雑種第 2 世代（F2）もしくは戻し交雑（BC）、10 個体がゴマフグ×ショウサイフグの F1 だった。また、現地で鑑別した純粋なショウサイフグ、ゴマフグ、コモンフグ、およびマフグを無作為に 46 個体抽出し、DNA マーカーによる種・雑種判別を行ったところ、すべての個体が外部形態に基づく鑑別結果と矛盾しなかった。これらの結果から、気仙沼調査における雑種の混獲率は 13.348%と推計された。

稚内市における現地調査においては、2021 年 8 月 6 日および 7 日に底曳網および 1 ヶ統の定置網で漁獲された計 1179 個体を鑑別した。なお、底曳網で漁獲された 528 個体を買取り、定置網で漁獲された 651 個体は現地の水産加工会社の加工現場で選別前のもを鑑別した。その結果、各個体は 1 種（マフグ）1178 個体と雑種と思われる種類不明フグ 1 個体に分けられた。種類不明フグ 1 個体について、DNA マーカーによる種・雑種判別を行ったところ、マフグ×トラフグの F1 だった。これらの結果から、稚内調査における雑種の混獲率は 0.085%と推計された。

気仙沼市および稚内市における雑種の流通状況の調査では、いずれの市場でも雑種フグは選別されることなく水産加工業者等に購入され、加工施設内でふぐ処理者の監督下で選別・排除されていた。各施設のふぐ処理者の配置は、1 名から数名とまちまちだった。

判別された雑種計 17 個体の腑分け試料（皮、筋肉、肝臓、生殖腺）より、食

品衛生検査指針理化学編(2015)に準じた方法で毒の抽出を行い、得られた抽出液を毒性評価用に水産技術研究所に送付した。

D. 考察

2地点における調査結果から、漁獲された天然フグの種構成や雑種の混獲状況は地域によって大きく異なることが示唆された。従って、今後は調査対象海域を拡げ、地域的な傾向があるのかどうかを調べていく必要がある。また、今回8月に行われた稚内市における調査では、漁獲されたマフグは非繁殖期であり、発達した精巣または卵巣を有していなかった。従って、天然フグの主要な漁獲地である北海道において、次年度は繁殖期における調査を追加で行う必要があると考えられる。

今回、宮城県気仙沼市の調査結果から、ショウサイフグとゴマフグの雑種の中に、F1よりもさらに進んだ雑種(F2やBC)個体が相当数混じっている可能性が示された。このことは、2012年から2014年にかけて、茨城県や福島県沖で両種の雑種が大量発生した際の、雑種のほとんどはF1であるという結果とは大きく異なる。従って、気仙沼市における調査個体数を増やし、F2やBCといった雑種後代の出現状況および毒性を明らかにしていく必要があると考えられる。

雑種フグの流通状況の調査では、混獲された雑種フグは、市場において純粋なフグに混じって選別されずに販売され、水産加工業者等に購入されていた。水産加工業者等では、ふぐ処理者の監督下で

雑種フグが排除されていたことから、調査した範囲では、雑種フグが処理された状態で食品として流通することは無いと思われる。一方、今回調査したのは底曳網や定置網の漁獲物であり、高級魚であるトラフグを除くマフグ等のフグが中心であったことから、トラフグを主な対象とする延縄漁などで、雑種がどれだけ混獲されているかは不明である。延縄漁では、市場等に水揚げする前に漁業者が雑種を排除する場合も多く、またトラフグは効果なため定量的に買い取って調査する事はできないため、雑種の漁獲・流通状況を把握するためには、鑑別能力の優れた延縄漁の漁業者の協力を得て混獲率を調査するなど、何らかの手立てを講じる必要がある。

E. 結論

雑種フグの発生状況には地域差があり、全国的な実態把握と流通状況の調査が必要である。従って、次年度は調査対象地域を拡大し、卵巣や精巣が発達した個体が漁獲される繁殖期に調査を行っていく必要がある。また、雑種後代(F2やBC)の増加が示唆されたゴマフグ×ショウサイフグの組み合わせについては、調査個体数を増やし、その割合や毒性を明らかにしていく必要がある。

F. 研究発表

1. 論文発表

- 1) 竹下直彦, 近藤卓哉, 池田 至, 高橋洋, 永田新悟, 星野和夫. 水温と塩分がアカメ未成魚の摂餌と成長に及ぼす影響. 水産大学校研究報告. 2021. 70: 27-

34.

- 2) 辰野竜平, 梅枝真人, 宮田祐実, 出口梨々子, 福田 翼, 古下 学, 井野靖子, 吉川廣幸, 高橋 洋, 長島裕二. 熊野灘産ムシフグ *Takifugu exascurus* の毒性. 食品衛生学雑誌. 2021. 62(1): 28-32.

2. 学会発表

- 1) 武藤望生・柿岡 諒・永野 惇・坪井健人・清水祐大・猪瀬周・清水洋平・川崎 琢真・高橋 洋. メバル属魚類の接合後隔離と形態分化にかかわる遺伝領域の探索. 日本魚類学会年会. オンライン開催, 2021年9月.

- 2) Ryoya Yanada, Kaede Kusunaga, Hiroshi Takahashi. The genetic basis of egg size variation in ninespine stickleback, *Pungitius pungitius*. 26th Joint International Symposium between National Fisheries University and Pukyong National University. Online meeting. October, 2021.

3. 著書

- 1) Hiroshi Takahashi. 2022.1. Recent distributional shifts and hybridization in marine fishes of Japan. In Yoshiaki Kai, Hiroyuki Monomura, Keiichi Matsuura (Eds.), pp. 311-325. Fish Diversity of Japan: Evolution, Zoogeography, and Conservation. Springer, Singapore.

4. その他

- 1) 高橋 洋. 海の温暖化によるフグの分布域北上と雑種の増加. ていち. 2022. 141: 88-100.

G. 知的財産の出願・登録状況

なし