

厚生労働科学研究費補助金（食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
－雑種フグの発生状況及びフグの流通状況の把握－

研究分担者	渡邊龍一	水産技術研究所	主任研究員
	小澤真由	水産技術研究所	研究員
	内田 肇	水産技術研究所	研究員
	松嶋良次	水産技術研究所	安全管理グループ長
	鈴木敏之	水産技術研究所	環境・応用部門長

要旨：フグおよび雑種フグの各組織に含まれるテトロドトキシン（TTX）とその類縁体については、正確にその含量を把握し、それら組織が可食部位として喫食可能であるか調べる必要がある。そのため、昨年度確立した抽出法に従い、採取されたフグおよび雑種フグの各組織から TTX とその類縁体を抽出し、親水性相互作用液体クロマトグラフィー-タンデム質量分析法（HILIC-MS/MS）により分析し、それらの含量を明らかにし、雑種フグの可食部位を検討した。試料には、純種フグ（トラフグやマフグ、ショウサイフグ、コモンフグの 4 種）と雑種フグ（トラフグ×マフグ、ゴマフグ×ショウサイフグ、ゴマフグ×マフグ、トラフグ×ゴマフグ、コモンフグ×ショウサイフグの 5 種）を用いた（計 68 検体）。雑種フグを分析した結果、皮では、コモンフグ×ショウサイフグを除き、すべてで 10 MU/g を上回った。ただし、この雑種は 1 検体しか入手できなかったため、可食部位として判断することを保留とした。筋肉では、トラフグ×マフグ、ゴマフグ×ショウサイフグで 10 MU/g を上回る検体が認められた。これら検体は腑分け前に一度冷凍しており、ドリップ液とともに皮から筋肉へ毒が移行したためと思われる。精巢はすべての検体で 10 MU/g 以下であった。卵巣は、10 MU/g を下回る検体も少数認められたが、圧倒的に 10MU/g を上回る検体が多かったため、食用不可と判断するのが適切と思われる。肝臓は、皮同様、コモンフグ×ショウサイフグを除き、10 MU/g を上回る個体が多かった。以上より、従前からすべてのふぐ類において喫食不可である肝臓と卵巣は、雑種フグにおいても可食部位として不適切であった。また、トラフグのみ皮が食されるが、交雑種になると、交雑相手の皮の有毒性が強く継承されるため、トラフグの交雑種における皮は喫食不可とするのが望ましいと思われる。筋肉と精巢については、精査が必要な雑種フグもあるが、概ね喫食可能と思われる。

A. 研究目的

近年、従来種に限らず、雑種フグが各地で水揚げされている。トラフグ属魚類

については、トラフグとマフグの天然交雑種について、辰野ら（2019）の報告がある。トラフグは一般に、皮、筋肉、精

巢が可食部位として認められている。一方、マフグは、筋肉と精巢のみが可食部位として認められており、皮は有毒部位として処理される点が前者と大きく異なる。このように有毒部位の異なる二種のトラフグ属魚類が天然で交雑した場合の有毒部位について調べた報告(辰野ら, 2019)では、両方で可食部位として認められている筋肉と精巢は無毒あるいは低毒力である一方、違いのあった皮については有毒(調べた10個体中、最大で17.4 µg/g, 79.1 MU/g相当)であることが判明し、有毒部位として判定される可能性が高いことが分かっている。このように、有毒部位は交雑した場合に継承される可能性があることが示唆されている。

そこで、本研究では、本事業の調査で収集したフグおよび雑種フグについて各部位(皮、筋肉、肝臓、生殖腺など)に含まれるテトロドトキシン(TTX)とその類縁体を、親水性相互作用カラムを用いた液体クロマトグラフィー-タンデム質量分析法(HILIC-MS/MS)で精密かつ正確に測定することにより、TTX群の部位別分布を解明することを最終目的としている。本年度は、昨年度確立した雑種フグに適した抽出法および、HILIC-MS/MSに適した前処理法を使い、フグおよび雑種フグに含まれるTTXおよびその類縁体を正確に定量し、喫食可能な部位を見極めることを目的とする。

B. 研究方法

北海道、秋田、宮城、茨城、千葉、神奈川県で採取されたフグおよび雑種フグ

68検体について、皮、筋肉、精巢、肝臓、卵巣の各組織に腑分けした。腑分け前に一部冷凍した検体もあった。本事業で分析した検体について表1に示す。フグおよび雑種フグの皮、筋肉、精巢、肝臓については、組織2.00gに対し、0.1%酢酸溶液8mlを添加し、ホモジナイズした。それを沸騰湯浴中で加温し、放冷して室温程度まで冷却後、遠心分離して上清を回収し、適宜希釈して、機器分析に供した。

卵巣組織2.00gに対し、0.1%酢酸溶液9mlを添加し、ホモジナイズした。それを95℃以上の湯浴中で加温し、氷冷して室温程度まで冷却後、遠心分離して上清を20mlメスフラスコに回収した。生じた残渣に0.1%酢酸溶液9mlをもう一度添加し、懸濁後、遠心分離して上清を先ほどと同様のメスフラスコに回収し、20mlに定容した。それらを適宜希釈して、HILIC-MS/MS分析に供した。得られた分析結果からTTX群の含量を算出した。

TTXの定量には、先の事業で調製し、定量NMRにて値付けしたTTX標準物質を用いた。そのほかの類縁体については、東北大学山下教授より提供していただいたコモフグ卵巣の活性炭処理液に含まれる成分を指標に定量した。

C. 研究結果と考察

雑種フグにおける各組織が喫食可能であるかを判断をするため、各組織に含まれるTTX含量を調べた。その結果、皮ではコモフグ×ショウサイフグを除き、10MU/gを上回る検体が複数認め

られた。例外となった本検体は1検体しか入手できなかったため、判断を保留した。トラフグは一般に皮は喫食可能と定められている。本調査で分析したトラフグ×マフグ、トラフグ×ゴマフグの個体では、10 MU/g を超える検体が多く認められ、辰野らが報告しているように、有毒部位の性質が雑種フグに継承されていることが明らかとなった。

筋肉については、トラフグ×マフグ、トラフグ×ゴマフグの雑種フグで 10 MU/g を超える検体が認められた。データを精査すると、これらの検体は腑分け前に一度冷凍していたため、保管中にドリップとともに皮から筋肉への毒の移行が起こったものと推察した。

精巣については、いずれの雑種フグも 10 MU/g を超える検体は認められなかった。ただし、コモンフグの精巣は喫食不可と定められている。これとの雑種であるコモンフグ×ショウサイフグは雌一頭体しか入手できなかったため、この雑種フグにおける可食の判断については保留とした。

卵巣については、いずれの雑種フグも 10 MU/g をはるかに上回る結果となり、純種と同様、可食は不可と判断した。

肝臓については、コモンフグ×ショウサイフグを除く雑種フグにおいて、10 MU/g をはるかに上回る毒力が検出されたため、喫食不可であると判断するのが適切と思われる。一方、コモンフグ×ショウサイフグは1頭体しか入手できなかったため、個体数を増やした分析を行い、判断する必要があると思われる。

検体数が比較的多く入手できたトラ

フグ×マフグとゴマフグ×ショウサイフグについて、毒性の雌雄差について検討した。トラフグ×マフグにおける皮、生殖腺、肝臓においていずれも雌の方が毒力が高かった。しかし、バラツキが大きく、統計的な有意差は認められなかった。ゴマフグ×ショウサイフグにおける皮については、雌雄差は認められなかったが、生殖腺と肝臓において違いが認められ、雌の方が毒力が高かった

毒性の組織分布について調べると、トラフグ×マフグの雌では、生殖腺と肝臓でほぼ全体の毒力が説明できた。ゴマフグ×ショウサイフグの雌では、生殖腺の割合が高く（～80%）、肝臓の割合は低かったが、この2組織でほぼ個体の毒力を説明できた。トラフグ×マフグの雄では、肝臓でほぼ全体の8割の毒力を説明できた。ゴマフグ×ショウサイフグの雄では、肝臓の割合が高く（～70%）、皮の割合は低かったが、この2組織でほぼ個体の毒力を説明できた。

TTX の類縁体も含めた毒力組成では、いずれの雑種フグでも雌雄差に関係なく、TTX が全体の 84%以上を占めた。これは、毒力を把握する際に、TTX のみで十分モニタリングできることを示唆している。

TTX 類縁体の毒組成について雑種フグ間で比較してみると、マフグ、トラフグ×マフグ、ゴマフグ×マフグの雌において、5,6,11-trideoxy TTX の割合は 60%以上であった。この物質は最近になって、フグの誘引物質として報告されている物質である。雑種フグ雄における 5,6,11-trideoxy TTX の割合は、20-30%と低かつ

た。また、組織における 5,6,11-trideoxy TTX 含量を調べてみると、卵巣に多く 60-80%近くを蓄積していることが明らかになった。マフグの雌で本毒を選択的に摂取または蓄積・変換している可能性が考えられる。

雑種フグを北海道、宮城、秋田、茨城、千葉、神奈川と様々な地域から採取したが、地域差は認められなかった。

また、体重による毒力との関係についても調べてみたが、相関は得られなかった。

D. 結論

トラフグとの雑種においては、皮はトラフグでは可食部位であるが、雑種フグでは交雑相手の有毒部位の性質が継承され、可食に適さないことが明らかになった。このことから、雑種フグのうち、トラフグとの雑種は、すべて皮を可食不可とするのが適切と思われる。その他の

雑種フグは、可食部位が同じフグ同士の交配のため、そのままの形質を受け継いでいるものと思われる。本年度は試料が入手できず、十分な可食判定ができなかったコモンフグとの交配雑種については、試料数を増やして分析し、精巢の喫食の可否について評価する必要があるものと思われる。

E. 健康危険情報

なし

F. 研究発表

なし

G. 学会発表

なし

H. 知的財産の出願・登録状況

なし

表1 本事業で分析に供したフグおよび雑種ふぐの試料情報

種	性別		試料情報	
	雌	雄	標準体長 (mm)	体重 (g)
トラフグ×マフグ	14	16	213-410	327-3355
ゴマフグ×ショウサイフグ	10	12	165-272	134-751
ゴマフグ×マフグ	1	0	326	682
トラフグ×ゴマフグ	1	0	365	1209
コモンフグ×ショウサイフグ	0	1	173	175
トラフグ	1	3	214-320	342-1478
マフグ	2	1	300-335	752-1108
ゴマフグ	1	2	212-305	252-916
ショウサイフグ	1	0	212	290
コモンフグ	2	0	163-205	105-314