



京都府農林水産技術センター海洋センター研究報告

第46号

2026年3月

京都府農林水産技術センター海洋センター研究報告
第46号

目次

若狭湾西部海域におけるヤナギムシガレイの近年の漁獲動向と成長資源管理型漁業担当	1
インピーダンス法で測定したマアジの脂質含量が食味評価に与える影響の季節変化工藤史貴, 船越裕紀	9
京都府沖水温の長期変動(資料)木下直樹, 上野陽一郎	14

若狭湾西部海域におけるヤナギムシガレイの近年の漁獲動向と成長

資源管理型漁業担当

若狭湾西部における底びき網によるヤナギムシガレイ漁獲量は 2003 年をピークに減少傾向にあり、近年はピーク時の約 1-3%で推移した。9-10 月の CPUE(kg/曳網)は 2003-2015 年において、本種の推定資源量と有意な正の相関関係にあり、このことから資源水準の指標となることが明らかとなった。CPUE は 2017 年以降に著しく低下しており、近年の資源水準は極めて低位と考えられた。本種に対する漁獲努力量は近年減少傾向を示した。資源水準が低い期間における本種の成長式は、耳石による年齢査定データを用いて、雌： $L_t=265.7(1-\exp(-0.196(t+0.474)))$ ；雄： $L_t=202.7(1-\exp(-0.297(t+0.363)))$ と推定された。本研究で推定された成長曲線は、資源水準が中位のとときの結果とほぼ同程度であった。

キーワード：ヤナギムシガレイ, CPUE, 成長, 底びき網, 若狭湾西部

ヤナギムシガレイ *Glyptocephalus kitaharai* は日本近海において北海道積丹半島から九州北西の日本海沿岸、北海道噴火湾から千葉県銚子の太平洋沿岸、また相模湾、遠州灘、土佐湾、豊後水道、さらに朝鮮半島沿岸、渤海、黄海および東シナ海北部など広域に分布する(山田, 1986)。日本海沿岸では山形県から新潟県、能登半島から若狭湾、山陰西部周辺の水深約 100-200 mに分布し、当海域において本種は主に底びき網により漁獲される。京都府を含む若狭湾、山陰地方では、本種はササガレイと称され、干物の加工品は高級食材として利用される。

若狭湾西部海域におけるヤナギムシガレイの漁業生物学的研究は、初期生活史(南, 1983)、分布と移動(岩尾ら, 2004; 野口ら, 2016)、年齢と成長(Yabuki, 1989; 柳下ら, 2005)、成熟と産卵(山崎, 大木, 2003)、資源管理のための網目選択性(山崎ら, 2001)および VPA による資源解析(野口ら, 2017)などの報告がある。当海域における底びき網による本種の漁獲量は、統計が整理されている 1990 年以降において、2003 年頃をピークに減少傾向にあり、2015 年にはピーク時の 10% 未満まで減少した(野口ら, 2017)。本府の底びき網によるヤナギムシガレイ漁は、当漁業の解禁日である 9 月 1 日から 10 月 31 日頃までの秋漁期が主体である(山崎ら, 2001)。ヤナギムシガレイはとくに秋漁期において、底びき網漁業の経営上重要な資源となっている(柳下ら, 2005; 野口ら, 2017)。近年の当漁期においては、アカムツ *Doederleinia berycoides* を漁獲対象にした操業

頻度が高くなっており(京都府海洋センター, 2019; 熊木, 山崎, 2021)、ヤナギムシガレイの漁獲量および資源水準に関する情報は、野口ら(2017)以降は皆無である。また、若狭湾西部における本種の年齢と成長については、資源水準が比較的高かった 1998-2000 年に採集された試料をもとに推定されており(柳下ら, 2005)、それ以降の水準低下期は報告されていない。

そこで、本研究では若狭湾西部海域における近年の漁獲量と資源水準の指標として一曳網当り漁獲量(以下、CPUE, kg と記す)を整理した。また、海洋調査船「平安丸」による桁曳網試験操業で採捕された本種の耳石による年齢査定データを用い、近年の成長式を推定するとともに、本海域の柳下ら(2005)の結果との比較を行った。

材料および方法

漁獲量および CPUE 若狭湾西部海域における底びき網によるヤナギムシガレイの漁獲量を調べるために、本府の底びき網漁獲物が一元集荷される京都府漁業協同組合の漁獲統計資料を用いた。本府の底びき網漁船は舞鶴市および京丹後市の漁港に所属しており、若狭湾西部海域で操業するのは前者である。本研究では舞鶴市所属の底びき網漁船(以下、舞鶴漁船と記す)による漁獲量を対象に、統計資料が整理されている 1990 年から 2022 年までの 33 年間をとりまとめた。底びき網の漁期は 6-8 月の休漁期を除く 9 ヶ月間であり、漁獲量は

表 1 標本船隻数と稼働隻数

年	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
標本船隻数	2	—	2	—	2	2	6	5	6	5	6	7	6	4	6	7
稼働隻数	12	12	12	12	12	12	12	12	11	11	10	10	10	10	9	9
年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
標本船隻数	8	7	6	5	4	2	3	3	3	3	2	3	3	2	2	
稼働隻数	9	9	9	8	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	

量的に多い 9-10 月(山崎ら, 2001; 野口ら, 2017)とそれ以外の期間とに分けて整理した。

若狭湾西部における本種の CPUE(kg)を調べるために、主漁期である 9-10 月の上述した漁獲量に加え、舞鶴漁船に記帳依頼した操業日誌データを用いた。操業日誌は 1992-2022 年までの各年の標本船 2-8 隻を抽出し(表 1)、9-10 月における総曳網数およびヤナギムシガレイ漁を行った曳網数を整理した。ヤナギムシガレイ漁の 1 隻当たり平均曳網数をもとに隻数(表 1)を乗じて、舞鶴漁船による曳網数を計算した。併せて 9-10 月の総曳網数に対するヤナギムシガレイ漁の占める割合を求めた。本海域のヤナギムシガレイ漁は主に水深 120-160 m 域で行われることから(山崎ら, 2001)、この水深帯の曳網をヤナギムシガレイ漁と判断した。なお、1990-1991 年、1993 および 1995 年の操業日誌は欠であった。CPUE は漁獲量を曳網数で除して求めた。

年齢査定データ 若狭湾西部海域において 2017 年から 2021 年までの毎年 7 月に海洋センター所属海洋調査船「平安丸」による桁曳網試験操業で採捕されたヤナギムシガレイの雌 932 個体、雄 900 個体を年齢査定に供した(表 2)。操業が行われた海域は、野口ら(2017)と同様の東経 135°25' の水深 150 m 付近であった。採捕されたヤナギムシガレイの体長(下顎前端から下尾骨の後端まで)を mm 単位で測定、生殖腺の肉眼観察により雌雄を判別し、年齢査定を行うため耳石(扁平石)を摘出した。耳石は水洗したのち蒸留水中に保管した。年齢査定は無眼側の耳石を蒸留水に浸し、実体顕微鏡(オリンパス製 SZ60)により 10 倍以上に拡大し、表面法により行った。輪読は柳下ら(2005)にしたがい不透明帯の内側を輪紋とし、その数を年齢とした。

von Bertalanffy 成長式のパラメータ推定 本研究で輪紋とした不透明帯は 2 月から 3 月頃に形成され始める(柳下ら, 2005)。このことから便宜的に 3 月 1 日を輪紋形成の基準日とし、各個体の年輪数と採集月日から小数点 3 桁の年齢を計算した。本府沿岸におけるヤナ

ギムシガレイの産卵期は 1 月下旬から 2 月中旬頃であることから(山崎, 大木, 2003)、基準日における成長式は満年齢を表すと仮定した。この年齢と体長をもとに、von Bertalanffy 成長式のパラメータを表計算ソフト Microsoft Excel のソルバーを用いて非線形最小二乗法(五利江, 2001)により推定した。

表 2 年齢査定に用いたヤナギムシガレイ雌雄の個体数

	採集日	雌	雄	計
I	2017年7月18日	161	168	329
II	2018年7月17日	167	168	335
III	2019年7月8,10日	359	379	738
IV	2020年7月8,10日	88	109	197
V	2021年7月12,14日	157	76	233
	合計	932	900	1,832

底層水温 若狭湾西部海域のヤナギムシガレイ漁場の底層水温を調べるため、海洋調査船「平安丸」で 1980 年から 2021 年までに行った CTD(FSI 社製 ICTD3200 あるいはシーバード社製 SBE9plus)観測データを使用した。観測点は北緯 35°50.20', 東経 135°26.30', 水深約 150 m であった。観測が実施されたのは毎年 3 月から 11 月の 9 ヶ月で、この平均値を年平均水温とした。なお、1980-1984 年 7-8 月、1985 年 7-9 月、1988 年 4-5 月および 1989 年 8 月は欠測であった。

結果

漁獲量および CPUE 若狭湾西部海域で操業する舞鶴漁船によるヤナギムシガレイ漁獲量を図 1 に示した。漁獲量は 1990 年には 1.2 トンで、その後年変動をともないながら増加し、2003 年には 75.4 トンを記録した。それ以降は減少に転じ、2012 年には 10 トンを下回り、2017 年以降は 0.8-2.5 トンでピーク時の約 1-3%の低

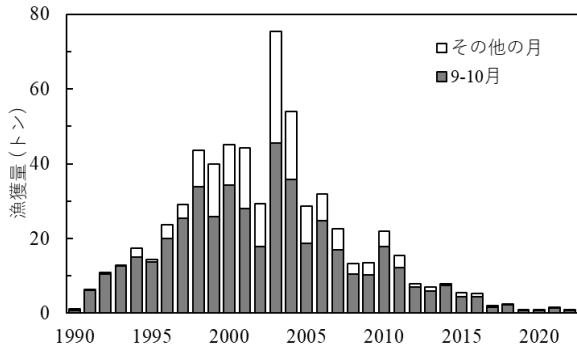


図1 若狭湾西部における底びき網によるヤナギムシガレイ漁獲量

水準で推移した。漁獲量が多かった1998年から2006年頃は、9-10月以外の期間の割合が約30-40%と高かった。この期間以外の年では、9-10月の占める割合が約80-90%と高い傾向がみられた。

舞鶴漁船による9-10月における1隻当り平均総曳網数、ヤナギムシガレイ漁(水深120-160m)曳網数およびその割合を図2に示した。総曳網数は年変動が大きく、

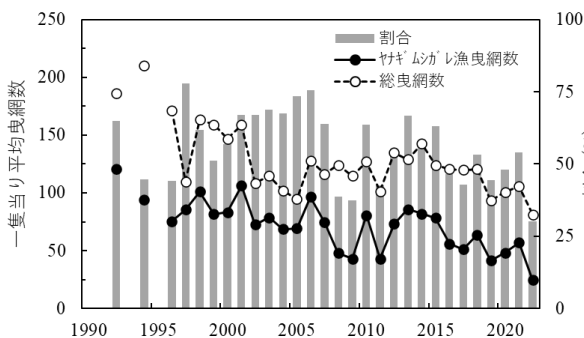


図2 ヤナギムシガレイ漁(9-10月)の1隻当り平均曳網数

2005年頃までは減少傾向、2006-2018年頃までは120-140曳網でほぼ横ばいで推移したが、それ以降は100曳網未満となった。これは気象の影響による航海数の増減に加え、2015年頃以降は水揚市場の定休日の増設および漁業者による1航海当りの曳網数の削減などの影響である。ヤナギムシガレイ漁の曳網数は1992年にこの間の最高値となる121曳網を示し、その後1998年および2001年にはそれぞれ101曳網および106曳網と100曳網を上回ったが、それ以降は年変動をともないながら減少傾向を示した。2022年には過去最低となる25曳網まで減少した。9-10月に占めるヤナギムシガレイ漁の割合は、1997年および2001-2006年において70%前後と高かったが、それ以降は50%前後と低下

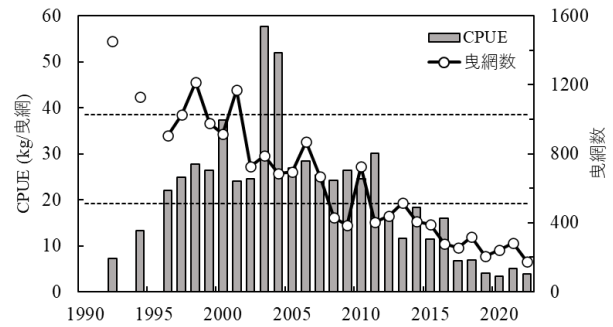


図3 ヤナギムシガレイ漁(9-10月)の総曳網数とCPUE(kg/曳網). 破線はCPUEの0から最高値の3等分を表す。

し、2022年には約30%となった。

1隻当り平均曳網数をもとに舞鶴漁船による9-10月のヤナギムシガレイ漁の年ごとの総曳網数およびCPUEを図3に示した。総曳網数は1992年に最高値の1,452曳網を記録し、2001年までは1,000曳網前後(906-1,214曳網)で推移した。それ以降は年変動をともないながら減少しており、2015年以降には400曳網未満となり、2022年には175曳網に減少した。CPUEは1992年(7.3kg)から高くなる傾向がみられ、2003年には最高値(57.7kg)を示した。その後は2005-2011年までは24.4-30.1kgと比較的安定して推移し、2012年からは10kg台、2017年以降は10kg未満まで減少した。この期間のCPUEについて、アカガレイ日本海系群の資源評価(白川ら, 2024)を参考に、便宜的に0から最高値を3等分し、本種の資源水準を上から高位、中位および低位とした。資源水準は2003-2004年では高位、1996-2011年では中位、1992, 1994年, 2012年以降では低位であった。

年齢と成長 採集した耳石をもとに年齢査定を行った結果を雌雄別、年齢別に表3に示した。雌では1歳から8歳、雄では1歳から6歳までの個体が出現した。表3のデータをもとに、雌雄のvon Bertalanffy成長式を以下のとおり推定し、年齢と体長の関係を図4に示した。併せて、成長式から計算された雌雄の満年齢の平均体長を表4に示した。雌雄の年齢ごとの平均体長は2歳までは差が認められず、3歳以降において雌が雄を上回った。成長式から計算された10歳の雌および雄の平均体長は、それぞれ232mmおよび193mmであった(表4)。

$$\text{雌: } Lt = 265.7 (1 - \exp(-0.196(t + 0.474)))$$

$$\text{雄: } Lt = 202.7 (1 - \exp(-0.297(t + 0.363)))$$

表 3 成長解析に用いた雌雄の年齢別個体数

採集日	雌									雄							
	年齢	1	2	3	4	5	6	7	8	計	1	2	3	4	5	6	計
I		32	63	37	19	3	4	2	1	161	38	65	44	14	6	1	168
II		33	48	48	24	9	3	2	—	167	30	80	41	15	1	1	168
III		98	119	79	29	20	11	—	3	359	139	158	55	24	3	—	379
IV		7	36	23	11	5	4	2	—	88	35	47	18	7	2	—	109
V		29	46	45	24	8	3	2	—	157	11	29	33	3	—	—	76
合計		199	312	232	107	45	25	8	4	932	253	379	191	63	12	2	900

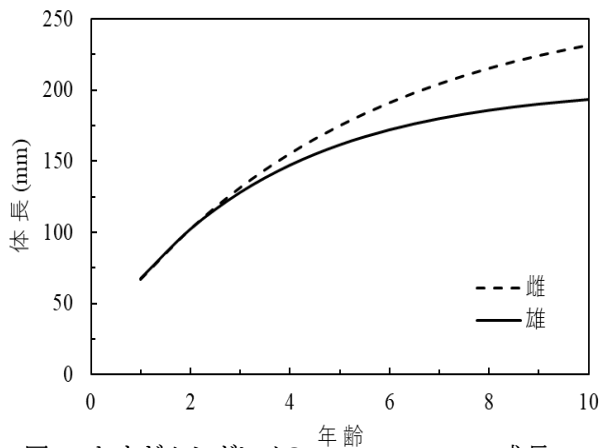


図 4 ヤナギムシガレイの von Bertalanffy 成長曲線。

表 4 成長式から推定した年齢別平均体長

年齢	体長 (mm)	
	雌	雄
1	67	67
2	102	102
3	131	128
4	155	147
5	175	161
6	191	172
7	205	180
8	215	186
9	224	190
10	232	193

底層水温 若狭湾西部海域における水深 150 m の 1980-2021 年までの年平均水温は 10.6℃(8.3-12.7℃)であった。同期間の年平均水温の平均値と各年平均水温との差異を図 5 に示した。平均水温の差は最大-2.2-2.1 であり、年変動が比較的大きかった。この期間において、1980-1983 年および 1991-1997 年の平均水温の

差異は高く推移した。一方、1984-1990 年頃および 2005-2010 年頃は低く推移した。2011 年以降は 1-2 年ごとに高い年と低い年とがみられた。

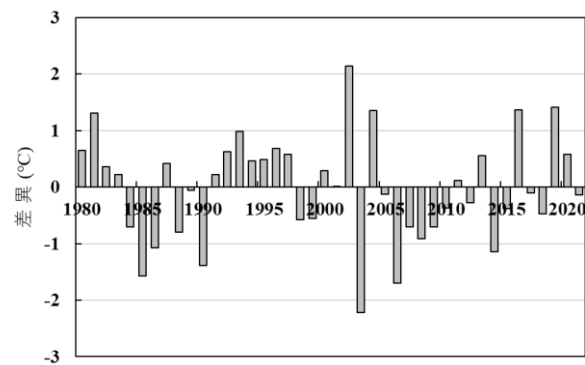


図 5 若狭湾西部の水深 150 m における 1980-2021 年の平均水温(10.6℃)に対する各年の平均水温との差。

考 察

若狭湾西部海域における舞鶴漁船によるヤナギムシガレイ漁獲量は、1990 年から経年的に増加し、2003 年にピーク(75.4 トン)となり、その後は減少傾向で、2017 年以降はピーク時の約 1-3%(0.9-2.5 トン)にまで減少した(図 1)。CPUE は漁獲量の推移と同様の傾向を示した(図 3)。当海域では本種の年齢別漁獲個体数をもとに、VPA(virtual population analysis)により 2003-2015 年の資源量が推定された(野口ら, 2017)。2003-2015 年における本研究の CPUE と推定資源量(野口ら, 2017)の関係を図 6 に示した。両者には有意な正の相関関係が認められた($p < 0.001$)。また、推定資源量および CPUE は 2003 年から 2015 年にかけていずれも約 20%減少した。すなわち、9-10 月の CPUE は資源量を表す指標と判断することができる。2017 年以降の

CPUEは3.3-7.0 kgとさらに減少し、本研究の調査期間において最も低い数値で推移していることから(図3)、近年の資源量は極めて低い水準と考えられる。野口ら(2017)は当海域での桁曳網操業の結果から、2003-2015年における各年の1歳魚の一曳網当り採捕数を約10-50個体とし、2015年が最も高いことを報告した。CPUEは2016年には10 kg以上(15.9 kg)であったが、それ以降は上述したとおり低水準で推移した。このことから、2015年以降の1歳魚の加入量は大きく減少した

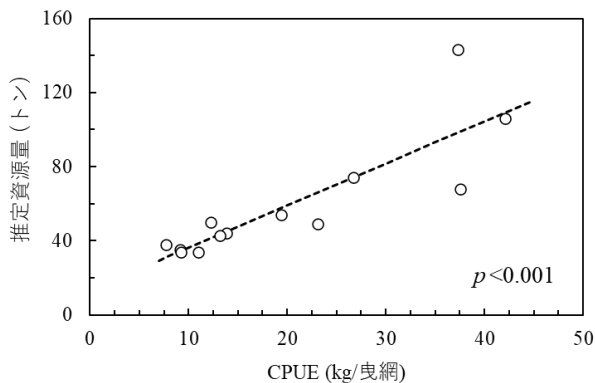


図6 2003-2015年のCPUEと推定資源量(野口ら, 2005)の比較.

可能性が高い。当海域のRPS(recruitment per spawning)は2010年から2014年にかけて高くなることが示されたが(野口ら, 2017)、それ以降は低下傾向にあり、近年は低い水準で推移していると考えられる。

青森県から山口県における日本海のヤナギムシガレイ漁獲量は、2006-2007年頃をピークに減少傾向にあり、2022年にはピーク時の約27%に減少した(水産資源研究所, 2024)。京都府および福井県による若狭湾全体での漁獲量は、2003年をピークに減少しており、2022年はピーク時の約4%まで減少し(水産資源研究所, 2024)、この傾向は本研究と同様であった。これらは漁獲量の実績値であり、資源水準を示すものではないが、日本海においては本種資源量は近年、大きく減少していると考えられる。一方、太平洋北部の本種資源量は2013-2016年級群が多かったことから、2012年以降は増加傾向を示し、2017年にピークとなったが、その後も高い水準で推移している(三澤ら, 2024)。このようにヤナギムシガレイは海域により異なった資源水準および動向を示している。

若狭湾西部海域のヤナギムシガレイ漁獲量は1990年代から2005年にかけて増加傾向を示した(図1)。この期間においては、未成熟な1-2歳魚の漁獲が目立つ

ており、いわゆる成長乱獲が指摘された(山崎ら, 2001; 京都府海洋センター, 2001)。このことから本府のヤナギムシガレイ漁ではコッドエンドの目合拡大が提案され(山崎ら, 2001; 京都府海洋センター, 2001)、関係漁業者により協議された結果、旧来の呼称目合14節(目合内径約21 mm)が1999年には同9節(同約36 mm)、2000年には同7節(同約50 mm)となった。野口ら(2017)は当海域の本種資源を対象に%SPR(spawning per recruitment)解析を行い、2013-2015年の雌の平均漁獲係数($F=0.45$)に対して、30%SPRを達成するためにさらなる目合拡大(6節)の必要性を述べた。現在のヤナギムシガレイ漁は、漁獲量の減少とともに目合拡大の取組みが後退しており、8-9節のコッドエンドが使用されている。上述したように、当海域のヤナギムシガレイ資源はここ30年間で最も低い水準にあると考えられることから、早急な対策が必要と考える。

一方、本海域における9-10月のヤナギムシガレイ資源に対する直近5年の平均漁獲努力量は246曳網で、これは1992年のピーク時(1,452曳網)の約17%、漁獲量が多かった2003-2004年(789曳網, 688曳網)の約31-36%であった(図3)。1992年以降の舞鶴漁船の稼働隻数は12隻から5隻まで段階的に減少しており(表1)、漁獲努力量はこの間、大きく減少した。さらに、1隻当り平均曳網数は近年減少傾向にあり、2022年には1992年以降で最も少ない25曳網となった。これは市場定休日の増設および漁業者による1航海当り曳網数の削減とともに、ヤナギムシガレイ資源の減少により十分な漁獲量が期待できず、水深120-160 m域よりも浅所でのキダイ *Dentex hypselosomus*、キアンコウ *Lophius litulon* およびムシガレイ *Eopsetta grigorjewi*などを、また、深所でのソウハチ *Hippoglossoides pinetorum* およびクロザコエビ *Argis lar*などを漁獲対象とした操業に移行した結果と考える。近年9月1日の解禁直後には主にアカムツを漁獲対象にした操業が行われており(京都府海洋センター, 2019)、その漁場はヤナギムシガレイとはほぼ重複する。アカムツの漁獲量は昼間に多く、夜間は極端に減少する(金元, 道根, 2021; 熊木, 山崎, 2021)。ヤナギムシガレイの漁獲量は逆に夜間に多く、昼間は減少することから(藤原ら, 2009; 金元, 道根, 2021)、当期間の夜間の漁場は上述した水深帯へ移行すると推察される。このように、本種を漁獲対象とする曳網数が減少するとともに、漁船隻数の減少により、本海域における近年のヤナギムシガレイに対する漁獲努力量は、大きく減少した。2013-2015年の雌に対する平

表 5 供試魚の産まれから採捕までの期間の資源水準と水温

	サンプリング 年	産れから採捕までの期間		
		年	資源水準	水温
本研究	2017-2021	2012-2020	低位	低・高
柳下ら (2005)	1998-2000	1993-1999	中位	高・低

均漁獲係数 0.45(野口ら, 2017)は、それ以降漁獲努力量の減少にともない低下していると考えられる。

ヤナギムシガレイの成長については 2 歳までは雌雄で差がなく、3 歳以降は雌が雄を上回った(図 4, 表 4)。このような本種雌雄の成長差はこれまでの報告(福島県水産試験場, 1975; 新潟県水産試験場, 1987; 柳下ら, 2005; 今井, 伊藤, 2008; 大西, 片山, 2010)と同様であった。ここでは、本研究と同じ若狭湾西部海域での結果(柳下ら, 2005)との比較を行う(図 7)。両者の成長は、雌の 9-10 歳および雄の 1 歳で本研究が若干上回ったが、それ以外は柳下ら(2005)が本研究を上回った。ただし、その差はわずかであり、大きな違いはないと判断される。一般に魚類の年級群別の平均体長は資源豊度と密接な関係があり、豊度が高いほど小さく、低いほど大きい(久保, 吉原, 1986)。このことに関しては、噴火湾のアカガレイ *Hippoglossoides dubius*(中谷ら, 1990)やマイワシ *Sardinops sagax* 太平洋系群(渡部,

1987)などでも報告された。また、成長は水温環境にも影響を受けることが知られており、クロソイ *Sebastes schlegelii* の成長では北海道沿岸、宮城県、秋田県および新潟県沿岸で比較したところ、水温 10-12℃の期間が長いほど成長がよい(佐々木ら, 2004)。徳島県沿岸のアオリイカ *Sepioteuthis lessoniana* では 11-12 月の平均外套背長は、7-12 月の積算水温と正の相関関係にある(Ueta et al, 1999)。このように、成長は環境水温が高いほど良好と考えられている。

本研究と柳下ら(2005)が供した試料について、産れてから採捕までの期間における資源水準(図 3)および同期間の全体の平均水温との差異(図 5)は表 5 のように整理される。資源水準は本研究が低位、柳下ら(2005)が中位と判断される。水温は柳下ら(2005)では高い年が多く、本研究では高い年と低い年とが 1-2 年ごとにみられており、両者の明確な違いは認められなかった。資源水準を指標にした場合には、成長は本研究が柳下ら(2005)を上回ることが考えられる。しかし、両者の成長はほぼ同じであり、このことはこの程度の資源水準の違いでは差が生じないことを示唆している。水温についてはどちらかに偏った傾向は認められず、その影響を論じることは困難と考えられた。

一方、資源水準の低下とともに成熟サイズが小型化することがプレイス *Pleuronectes platessa*(Grift et al, 2003)やアメリカンプレイス *Hippoglossoides platessoides*(Barot et al, 2005)などで報告された。また、浮魚類においても資源水準の低下により、産卵開始サイズの小型化がマアジ *Trachurus japonicus*(堀田, 中島, 1971; 大下ら, 2004)、マサバ *Scomber japonicus*(Watanabe, Yatsu, 2006)およびマイワシ(平本, 1985)などで知られている。若狭湾西部海域のヤナギムシガレイの 50%成熟体長は雌が 137 mm, 雄が 129 mm であり(山崎, 大木, 2003)、これらは 3 歳に相当する(表 4)。この成熟サイズや年齢が資源水準の低下により小型化、若齢化する可能性は考えられる。宮城県沿岸のカナガシラ *Lepidotrigla microptera* では成熟にともない成長が停滞することが報告された(岡村ら, 2021)。

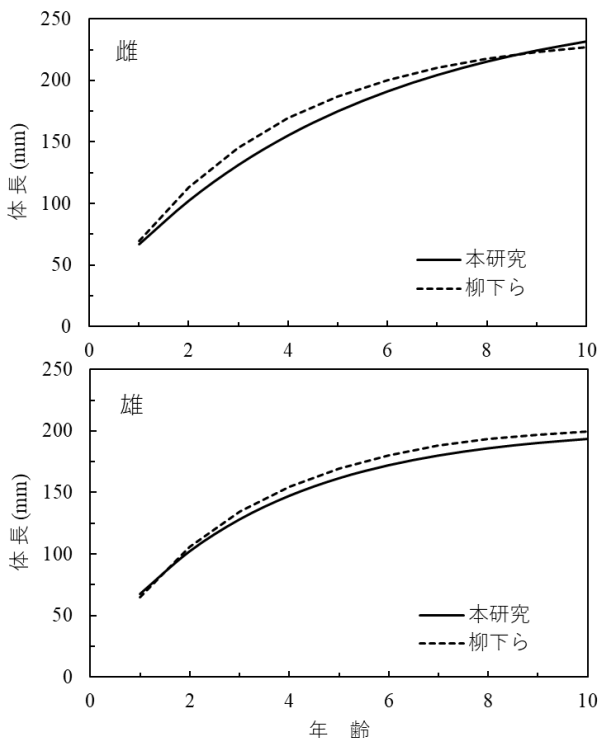


図 7 本研究と柳下ら(2005)のヤナギムシガレイの成長比較。

若狭湾西部海域の本種においても資源水準の低下により、成熟サイズが小型化し、成長の停滞が起こっている可能性もあり得る。この点については、近年の本種の成熟に関する情報がないため、まずは成熟サイズを調べ、2000年前後との比較を行うことが重要であろう。成長は資源水準や水温条件以外に、餌料密度および餌生物をめぐる他魚種との競合などが影響する可能性がある(川辺, 米沢, 2024)。成長については、これらを総合的に評価する必要がある。

漁獲物などの体長組成データをもとに、年齢別漁獲個体数を推定する場合には、年齢-体長キーが使用される。本種の年齢-体長キーは、柳下ら(2005)が報告しており、当時と近年との成長差がほとんど認められなかったことから、近年においても本キーでの対応が可能と考える。

文 献

- Barot S, Heino M, Morgan MJ, Dieeckmann U. 2005. Maturation of Newfoundland American plaice (*Hippogrossoides platessoides*): long-term trends in maturation reaction norms despite low fishing mortality. ICES J. Mar. Sci., 62: 56-64.
- 藤原邦浩, 宮嶋俊明, 山崎 淳. 2009. ヤナギムシガレイ *Tanakius kitaharai* の採集個体数と遊泳行動の昼夜による違い. 日水誌, 75: 779-785.
- 福島県水産試験場. 1975. 太平洋北区栽培漁業漁場資源生態調査ヤナギムシガレイ・スズキに関する調査報告書. 福島水試調査研究資料. 134: 1-33.
- 五利江重昭. 2001. MS-Excelを用いた成長式のパラメータ推定. 水産増殖, 49: 519-527.
- Grift RE, Rijnsdorp AD, Barot S, Heino M, Dieckmann U. 2003. Fisheries-induced trends in reaction norms for maturation in North Sea plaice. Mar. Ecol. Prog. Ser., 257: 247-257.
- 平本紀久雄. 1985. マイワシの生活様式と資源変動. 海洋と生物, 7: 170-182.
- 堀田秀之, 中嶋純子. 1971. 西日本海域におけるマアジ群構造に関する研究-V 成熟状況からの解析. 西海区水研報, 39: 33-50.
- 今井千文, 伊藤玄子. 2008. 資源増大期における日本海西部海域産ヤナギムシガレイの成長モデル. 水産大学校研報, 57: 57-63.
- 岩尾敦志, 山崎 淳, 大木 繁, 柳下直己. 2004. 若狭湾西部海域におけるヤナギムシガレイの分布と移動. 京都海セ研報, 26: 1-8.
- 金元保之, 道根 淳. 2021. 日本海南西海域に生息する主要底魚類における漁獲状況の昼夜差の検討. 水産海洋研究, 85, 141-152.
- 川辺勝俊, 米沢純爾. 2024. 小笠原諸島海域におけるアカハタの資源特性値推定と YPR および SPR 解析. 日水誌, 90: 408-419.
- 久保伊津男, 吉原友吉. 1986. 乱獲の徴候. 水産資源学. 共立出版株式会社: 315-321.
- 熊木 豊, 山崎 淳. 2021. 京都府沖合におけるアカムツの生物資源学的特性を考慮した底曳網の漁業管理方策の提案. 京都海セ研報, 43: 11-19.
- 京都府立海洋センター. 2001. ヤナギムシガレイの資源管理. 季報, 71: 1-10.
- 京都府農林水産技術センター海洋センター. 2019. アカムツ(のどぐろ)の資源管理. 季報, 113: 1-14.
- 南 卓志. 1983. ヤナギムシガレイの初期生活史. 日水誌, 49: 527-532.
- 中谷敏邦, 小泉広明, 横山信一, 前田辰昭, 高橋豊美, 松島寛治. 1990. 噴火湾産アカガレイの年齢と成長. 日水誌, 56: 893-901.
- 三澤 遼, 成松庸二, 鈴木勇人, 森川英祐, 時岡 駿, 金森由妃, 冨樫博幸, 永尾次郎, 櫻井慎大. 2024. 令和 5(2023)年度ヤナギムシガレイ太平洋北部の資源評価. FRA-SA-AC069: 1-50.
- 新潟県水産試験場. 1987. ヤナギムシガレイ. 新潟県沿岸域漁業管理適正化方式開発調査報告書: 31-38.
- 野口俊輔, 宮嶋俊明, 岩尾敦志. 2016. 京都府沖合におけるヤナギムシガレイ着底期稚魚の分布水深. 京都海セ研報, 38: 1-5.
- 野口俊輔, 宮嶋俊明, 岩尾敦志. 2017. 京都府沖合海域におけるヤナギムシガレイの資源解析および目合拡大の効果. 京都海セ研報, 39: 9-15.
- 大西健美, 片山知史. 2010. 耳石横断薄片法を用いた新潟県沿岸域におけるヤナギムシガレイの年齢と成長. 新潟水海研報, 3: 3-7.
- 大下誠二, 依田真理, 檜山義明. 2004. 東シナ海におけるマアジの成熟特性の長期的な変化. 水産海洋研究, 68: 245-252.
- 岡村悠梨子, 片山知史, 奥野雄貴, 楊 曦彤, 増田義男. 2021. 宮城県沿岸におけるカナガシラの漁獲量の増加と生活史特性. 水産増殖, 69: 177-184.

- 佐々木正義, 蜜谷法行, 西内修一, 塩川文康, 高橋豊美. 2004. 北海道後志沿岸におけるクロソイの年齢と成長. 水産海洋研究, 68: 232-238.
- 白川北斗, 内藤大河, 八木佑太, 吉川 茜, 佐久間啓, 藤原邦浩. 2024. 令和 5(2023)年度アカガレイ日本海系群の資源評価. FRA-SA2024-AC068: 1-43.
- 水産研究・教育機構水産資源研究所. 2024. 令和 5(2023)年度資源評価調査報告書(新規拡大種). FRA-SA2024-RE03-02: 1-9.
- Ueta Y, Tokai T, Sagawa S. 1999. Relationship between year-class abundance of the oval squid *Sepio teuthis lessoniana* and environmental factors of Tokushima Prefecture, Japan. Fish. Sci, 65: 424-431.
- 渡部泰輔. 1987. マイワシ 1980 年卓越年級群をめぐって. マイワシ再生産の諸過程と資源の動向. 水産海洋研究会報, 51: 34-39.
- Watanabe C, Yatsu A. 2006. Long-term changes in maturity at age of chub mackerel (*Scomber kaponicus*) in relation to population decline in the waters off northeastern Japan. Fish. Res, 78: 323-332.
- Yabuki K. 1989. Age determination of *yanagimusigare* *i* *Tanakius kitaharai* (Pleuronectidae) from otolith in the Sea of Japan off Kyoto Prefecture. Nippon Suisan Gakkaishi, 55: 1331-1338.
- 柳下直己, 大木 繁, 山崎 淳. 2005. 若狭湾西部海域におけるヤナギムシガレイの年齢と成長および年齢組成. 日水誌, 71: 138-145.
- 山田梅芳. 1986. ヤナギムシガレイ. 東シナ海・黄海のさかな. 西海区水産研究所: 394-395.
- 山崎 淳, 大木 繁, 飯塚 覚. 2001. 桁曳網試験操業によるヤナギムシガレイの網目選択性. 日水誌, 67: 1082-1088.
- 山崎 淳, 大木 繁. 2003. 若狭湾西部海域におけるヤナギムシガレイの産卵期と成熟サイズ. 京都海セ研報, 25: 1-8.

文責: 山崎 淳

インピーダンス法で測定したマアジの脂質含量が 食味評価に与える影響の季節変化

工藤史貴, 船越裕紀

脂質含量が高い魚は年間を通じて美味であるかを明らかにするため、年間を通して月 1 回の頻度で脂質含量が高低で異なる個体を食味し、絶対評価を行った。高脂質含量区における供試魚の脂質含量は、毎月同等であったにもかかわらず食味評価偏差は季節変化した。5-6 月は、高脂質含量区であっても食味評価が低かった。8-10 月は、高脂質含量区と低脂質含量区の食味評価値に有意差は見られず、脂質含量に関わらず食味評価が高かった。12-3 月は、高脂質含量区の脂質含量が高くなるにもかかわらず、食味評価が低かった。これらの季節変化の要因は、産卵期やその後の積極的な摂餌による生理的な魚体の季節変化と関係があることが示唆された。

キーワード: 食味の季節変化, 脂質含量, 食味試験, 旬, マアジ

多くの魚介類は季節によって味が異なり、脂質をはじめとした各種成分の蓄積が最も良好となる一年で最も美味な季節を旬と呼ぶ(藤本, 2006)。近年、流通技術の進歩や食の欧米化により消費者の「トロ嗜好」が強まったことで脂のりが良い魚が好まれるようになり、全国には脂質含量を基準としたブランド水産物が複数魚種存在している(清川, 井岡, 2007; 元浦, 2018)。

ブランド水産物の脂質含量の基準を定める際には、旬の時期において、脂質含量の異なる個体を同時期に採取し、食味評価が行われることがあるが(濱町, 2022)、脂質含量が同程度の個体を異なる採取時期で食味評価して比較した事例は見当たらない。魚介類などの生鮮食品は長期間の冷蔵保存が困難であり、採取時期の異なる個体同士を比較するためには、先に採取した検体をもう一方の検体が採取されるまでの間、冷凍保存しておく必要がある。しかし、冷凍すれば、その間に食味が低下し(西元, 1962)、食味評価に対する冷凍保存の影響を除去できない。これが、採取時期の異なる個体の食味評価の比較が難しい理由であろう。旬以外の時期を含め、年間を通して脂質含量と食味評価の関係を明らかにすることは、脂質含量を基準としたブランド水産物の適切な出荷時期の判断や品質低下によるブランド価値の損失防止などに有益と考えられる。

本研究では、同じパネリストグループにより、年間を通して月 1 回の頻度で脂質含量が高低で異なる個体を食味し、絶対評価を行った。さらに、食味との関連を調べるため、生殖腺重量と腹腔内脂肪組織重量を食味試

験と同時に測定した。

材料と方法

本研究に用いる魚種は、パネリストから多くの評価数を得るため、まとまった数が一度に確保できるマアジ *Trachurus japonicus* とした。供試魚として、2023 年 4 月から 2024 年 3 月にかけて、若狭湾西部に位置する定置網で早朝に漁獲された尾叉長 200-250 mm 前後の個体を用いた。氷冷した状態で実験室内に持ち帰った供試魚を尾叉長および体重を測定するとともに、インピーダンス法に基づいて脂質の測定が可能なフィッシュアナライザ(DFA110, 大和製衡社製)で、脂質含量(%)を測定した。フィッシュアナライザの測定値が 0.1-5.0%の個体は低脂質含量区、脂質含量 5.0-10.0%の個体は高脂質含量区とし、夕方まで氷冷状態で保管したものを食味に供した(表 1)。一部の供試魚は食味に供さず、産卵と魚体の栄養状態を明らかにするために生殖腺重量(g)および腹腔内脂肪組織重量(g)を測定し、生殖腺重量比(=生殖腺重量/体重×100)、腹腔内脂肪組織重量比(=腹腔内脂肪組織重量/体重×100)を算出した。パネリストは、当センター職員およびその家族で構成される味覚の訓練をされていない約 30 名(5-70 歳代)であり、パネリストには当該試験の目的や脂質含量区の違いを通知しなかった。パネリストは、供試魚を塩焼きにして筋肉を食味し、「脂のり」、「汁け」、「身ばなれ」および「旨味」を踏まえた総合評価を-2 から+2 間

で絶対評価により点数を付けて食味評価値とした。

表 1 2023 年度における月別・脂質含量区別の供試魚の数と大きさ

	低脂質含量区		高脂質含量区	
	n	尾叉長 (mm)	n	尾叉長 (mm)
4月	9	221 ± 5.6	38	208 ± 17
5月	9	226 ± 50	68	206 ± 10
6月	10	275 ± 55	52	210 ± 5.4
7月	2	222	60	221 ± 7.8
8月	18	262 ± 15	40	242 ± 11
9月	12	208 ± 3.4	38	208 ± 4.9
10月	11	215 ± 8.3	37	217 ± 12
11月	32	225 ± 7.6	35	229 ± 7.8
12月	32	226 ± 12	52	224 ± 7.4
1月	8	223 ± 10	44	226 ± 9.3
2月	2	231	53	225 ± 11
3月	1	216	18	301 ± 8.1
平均	117	232 ± 30	535	222 ± 20

本研究では、一般家庭における消費者の評価を得ることを目的としたため、焼き加減などの調理加減を指定しなかった。

月別・脂質含量区別の食味評価数が3件以上あった場合、それぞれの脂質含量区における食味評価の年平均値と月平均値の差から食味評価偏差を算出し、毎月の食味評価偏差の推移から季節変化を検討した。脂質含量の多寡によって食味評価が異なるかどうかを調べるため、高脂質含量区と低脂質含量区の食味評価値をt検定で月別に比較した。

結果

高脂質含量区の供試魚の脂質含量は6.6-8.1%の範囲で平均値は7.0%、低脂質含量区のそれは2.5-4.9%の範囲で平均値は4.0%であった(図1)。高脂質含量区では、脂質含量は4-11月に大きな差は見られず、12月-3月にかけてやや上昇する傾向が見られたが、年間を通して安定推移した。低脂質含量区では、脂質含量は6月に最も低く、7-9月にかけて上昇後、10-11月に低下したが、12月以降は再び高い値で推移した。

高脂質含量区の食味評価値は、0.53-1.16の範囲で平均は0.86、低脂質含量区のそれは-0.27-1.00の範囲で平均は0.38であった(図2)。高脂質含量区では、4月に高い値を示し、6月にかけて低下後、再び上昇して8-11月は高い値で推移した。12月には低下し、それ以降は低い値で緩やかに上昇した。低脂質含量区では、5月に最も低く、6月、8-10月は比較的高い値を示した。11月には低下したが、1月にかけて再び上昇した。年間

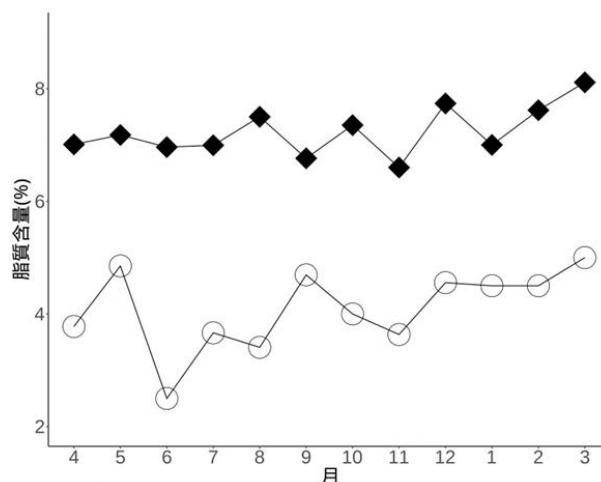


図 1 2023 年度における供試魚の月別脂質含量の推移

◆: 高脂質含量区, ○: 低脂質含量区

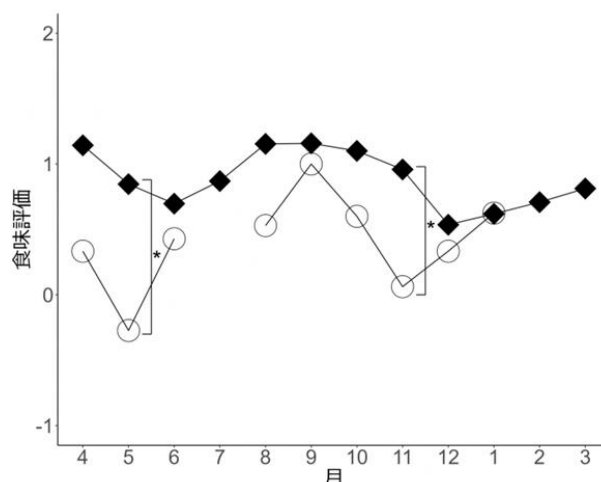


図 2 2023 年度における月別食味評価値の推移 (食味評価数が3件以上ある月のみ)

◆: 高脂質含量区, ○: 低脂質含量区

アスタリスクは、月別・脂質含量区別で有意差が認められたものを示す ($p < 0.05$)

を通して高脂質含量区の食味評価値は、低脂質含量区の食味評価値よりも高かった。高脂質含量区と低脂質含量区の食味評価値を月別に比較したところ、5月および11月のみに有意差が認められたが ($p < 0.05$)、それ以外の月については、有意差が認められなかった ($p > 0.05$)。

脂質含量別の食味評価偏差は、高脂質含量区では、4月、7月-11月は正偏差、5-6月、12-3月は負偏差で季節変化を示し、低脂質含量区では、毎月の食味評価のデータを得られなかったものの、5月に-0.64と大きな

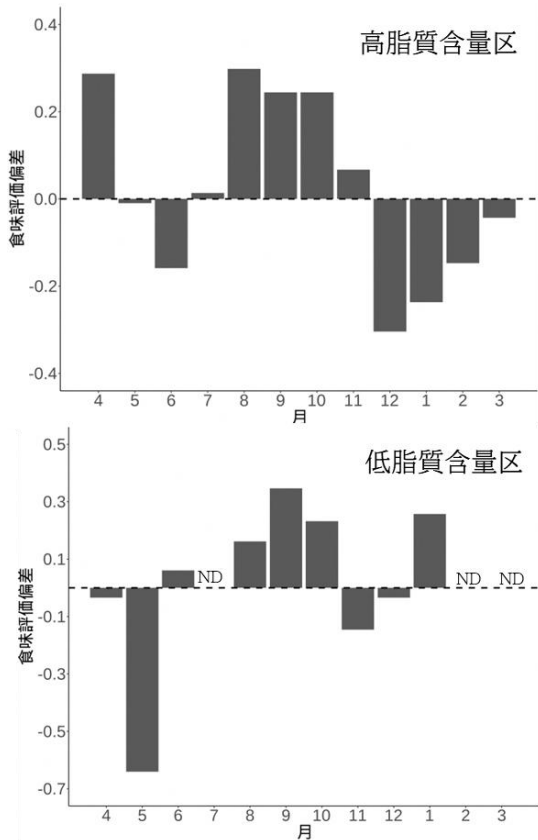


図3 2023年度における月別脂質含別食味評価偏差の推移

負偏差を示し、8-10月は正值が連続した(図3)。

生殖腺重量比は、4月以降に上昇し、5月に1.7、6月に一年で最も高い2.0を示した後、7月に急激に低下した。9月には0.12と最も低くなり、10月以降は徐々に上昇した(図4)。腹腔内脂肪組織重量比は、2-6月は0.1前後と他の時期と比較して低かったが、7月に急増し、

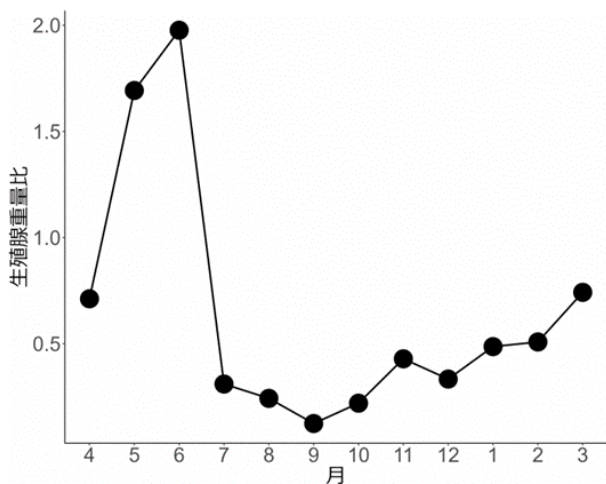


図4 2023年度における生殖腺重量比の推移

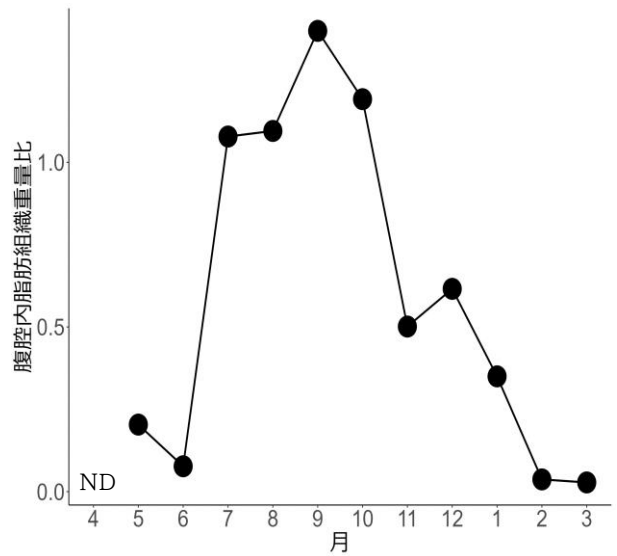


図5 2023年度における腹腔内脂肪組織重量比の推移

10月まで1.0前後で推移後、11月に0.5程度まで減少した(図5)。

考察

本研究において、年間を通して高脂質含量区の食味評価値は、低脂質含量区の食味評価値を上回ったことから、脂質含量は食味評価に良い影響を与えたと考えられる。脂質は、食品に「とろみ」や「まろやかさ」を付与することにより味をまとめ、引き立てる効果をもつとされ(坂口, 2016)、後味や甘みの増加および酸味や苦味を減少させるなど(郡山ら, 2000)、呈味を増強する効果が知られている。一方で、高脂質含量区では年間を通じて脂質含量の変化が少なかったにも関わらず、食味評価偏差には季節変化がみられた。さらに、低脂質含量区では脂質の少ない6月の食味評価値は比較的高かったことや、高脂質含量区の食味評価値と差が認められない月があったことから、脂質のみが食味評価に直接に影響を及ぼしたとは考えにくい。

食味評価と脂質含量の関係を時期ごとにみても、5-6月の高脂質含量区の食味評価偏差は負値であり、低脂質含量区も5月には負の偏差であった。5月および6月の生殖腺重量比は他の季節と比べて顕著に高く、この時期は産卵期と考えられた。これは、過去の知見における本海域のマアジの産卵期と一致する(畔田, 落合, 1962; 山崎, 2000)。クロダイでは、秋季から春先までは美味で、産卵期である春季から夏季に食味が低下する

(海野, 2010)。これは筋肉中の甘みや「うま味」に関与する呈味成分が秋季から産卵期前に増加し, 夏季にかけて減少するためと考えられている(藤田ら, 2011)。マアジでも同様に, 産卵の影響により筋肉中の呈味成分が減少した可能性がある。産卵期に食味が低下する原因については, 本研究の結果に加えてマアジの呈味成分の季節変化を調べる必要がある。

8-10月においては, 高脂質含量区と低脂質含量区のいずれも食味評価偏差は正偏差を示し, 食味評価値に差は見られなかった。腹腔内脂肪組織重量比は7-10月に高い値を示した。マアジと同科のマアジでは, 産卵からの回復と越冬回遊および次期の産卵に向けた摂餌によって魚体に栄養を蓄積することが知られている(武田・安江, 2021)。マアジでも産卵後に腹腔内脂肪が増加することは, 摂餌によって栄養を多く魚体に蓄積したことを示すと考えられた。魚体の栄養状態は呈味成分と密接に関係することが知られており(須山・鴻巣, 1987), 産卵後の積極的な摂餌活動による身質の変化がマアジの食味に影響していると考えられた。

12-3月には腹腔内脂肪組織重量は減少したにも関わらず, 高脂質含量区の供試魚の脂質含量は他の時期と比べてやや高く, 増加傾向を示した。生殖腺重量比はこの時期に徐々に上昇していたことから, 産卵に向けた生理的な変化により, 体内において脂質の蓄積部位が変化した可能性がある。測定に用いたフィッシュアナライザは腹腔内の脂質の値を反映しにくく, 皮下脂肪を反映しやすい特性がある(大和製衡株式会社, 2021)。そのため, この時期には腹腔内の脂肪が皮下, あるいは筋肉中に移動したと考えられる。12-3月における高脂質含量区の食味評価偏差は負値であった。皮下および筋肉中の脂質が焼成時に減少することは知られている(原田ら, 2011)。特に, 皮下脂肪は魚体の最も縁辺部に位置しているため, 焼成時の脂質の流出は筋肉中よりも多いであろう。この時期の腹腔内脂肪が主に皮下へと移動していたとすれば, 焼成による脂質の流失は食味低下の一因となる。しかし, 腹腔内脂肪が主に筋肉中に移動していたのであれば, 脂質によって増強されるべき呈味成分は少なかったのかもしれない。

以上のように, 食味評価は季節的に変化し, その要因に魚体の生理的な変化が関与していることが示唆された。食味評価によって厳格なブランド基準を定める際には, 本研究で検討した腹腔内脂肪組織重量や生殖腺重量の季節変化に加えて, 呈味成分や脂質蓄積部位

の季節変化を解明し, 食味との関係を明らかにする必要がある。

謝 辞

本研究を実施するにあたり, 食味評価に協力していただいた京都府農林水産技術センターおよび京都府農林水産部水産事務所の方々には厚く御礼申し上げます。本研究は, 「産学公京もの新ブランド価値創出事業」の一環として行われたことを付記し謝意を表します。

文 献

- 畔田正格, 落合明. 1962. 若狭湾産マアジの系群に関する研究. 日本水産学会誌, 28: 967-978.
- 海野徹也. 2010. 「クロダイの生物学とチヌの釣魚学」. 恒星社厚生閣, 東京.
- 坂口守彦. 2016. あれもうまい, これもうまい水産物. 水産振興, 50: 1-64.
- 須山三千三, 鴻巣章二. 1987. 「水産食品学」. 恒星社厚生閣, 東京.
- 清川智之, 井岡久. 2007. ポータブル型近赤外分光分析装置によるマアジ, アカムツ脂質含有量の非破壊測定とその活用事例. 島根県水産技術センター研究報告, 1: 11-17.
- 郡山剛, 木幡知子, 渡辺勝子, 阿部宏喜. 2000. メバチ筋肉の成分組成とその呈味におよぼす脂質の役割. 日本水産学会誌, 66: 462-468.
- 武田崇文, 安江尚孝. 2021. 紀伊水道および紀伊水道外囲器におけるマアジの脂肪含量の季節変動. 水産増殖, 69: 265-273.
- 西元諄一. 1962. 冷凍魚貯蔵中の品質, 組織的性状および化学成分の変化ならびに相互の関係. 鹿児島大学水産学部紀要, 11: 41-64.
- 濱町諒介. 2022. ブリの官能試験による身質の評価. 令和3年度水産業改良普及事業成果報告書, 1-6.
- 原田良子, 杉山寿美, 元木万里子, 石永正隆. (2011). 加熱後の鮭, 鯖, 鶏肉の保存が水分量, 脂肪量, 官能評価に及ぼす影響. 日本家政学会誌, 62: 133-139.
- 藤田辰徳, 海野徹也, 斉藤英俊, 小櫃剛人, 徳田雅治, 奥宏海, 陀安一郎. (2011). 広島湾における天然クロダイの筋肉成分の季節変化. 日本水産学会誌, 77: 1034-1042.

- 藤本健四郎. 2006. 魚の脂質の特徴と食品機能. 日本調理科学会誌, 39:271-276.
- 元浦亮. 2018. 地域に埋もれた宝で, 漁村に賑わいを. 第24回全国青年・女性漁業者交流発表大会資料, 100-106.
- 山崎淳. 1984. 京都府沖合水域と沿岸水域で漁獲されるマアジについて. 日本海ブロック試験研究集録, 31-41.
- 大和製衡株式会社. 2021. 大和製衡フィッシュアナライザ・シリーズ技術資料. 大和製衡株式会社, <https://www.yamato-le.co.jp/products/detail/3613> (2025年3月23日参照).

京都府沖水温の長期変動(資料)

木下直樹, 上野陽一郎

1963年の異常冷水を契機に開始された沿岸定線観測は、京都府沖においては1964年から継続されており、本資料ではその観測データを用いて水温の長期変動を解析した。1964年から2024年の3月から11月における0 m, 50 m, 100 m層の層別月平均水温をもとに、線形回帰分析とMann-Kendall検定により水温変化のトレンドを評価した結果、0 m層において8月を除く全ての月で有意な上昇傾向が見られた。海洋環境の長期変動やそれに伴う水産資源の来遊量、漁場形成などを解析するためには、海洋観測の継続が不可欠である。

キーワード: 海水温, 長期変動, 京都府沖, 沿岸定線観測

1963年の冬から春にかけて発生した「異常冷水」を契機として、水産庁及び都道府県の水産試験研究機関による組織的な海洋観測が翌年から開始され、現在も継続されている(加藤ほか, 2006)。長期間・広範囲で収集された調査データは、資源評価、漁海況把握の基盤となる海洋環境に関する基礎資料として活用されている。京都府においては、1964年から「沿岸定線観測」として原則毎月1回の海洋観測を実施しており、京都府沖合域における表層平均水温の月別データを海洋センターHP (<https://www.pref.kyoto.jp/kaiyo/kyoto-okiai-suion.html>) で公開している。近年、日本近海における平均海面水温の長期変動については、京都府を含む日本海南西部では顕著な上昇(1.51 °C/100年)が報告されているが(気象庁, 2024)、京都府沖では海水温の長期変動は整理されていない。海水温の長期変動を把握することは、漁海況の把握やその予測を行う上で極めて重要な基礎的知見となる。本資料では、京都府沖の水温の長期変動について得られた知見を報告する。

解析には1964年から2024年までの3月から11月に、長期的にデータが蓄積されている図1の4定点(Stn.1, 2, 3及び4)で観測された0 m, 50 m及び100 m層の水温データを使用した。沿岸定線観測は原則として測定前月下旬から測定月上旬(25日から10日)の期間内に実施された。各月の水温データは年ごとに比較するため、測定前月及び測定月の観測日と観測値から、測定月1日における値を内挿した。海水温の長期変動の解析には、気象庁(2024)と同様の期間である1991年から2020年までの観測月における30年間の

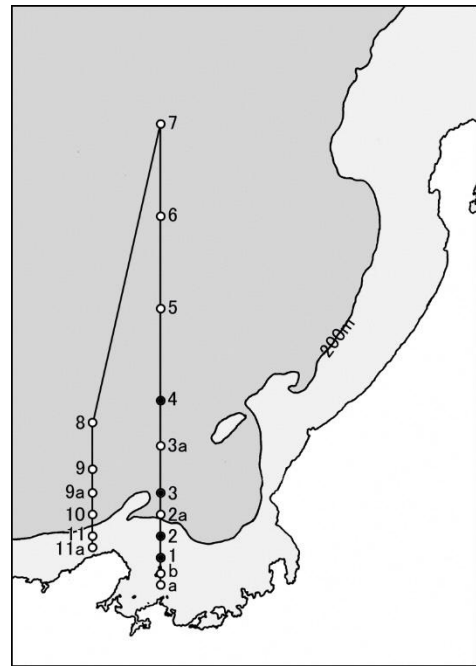


図1 海洋観測定点. 黒丸が解析に使用した観測定点.

Stn.1: 35°45.2', 135°26.3';

Stn.2: 35°50.2', 135°26.3';

Stn.3: 36°00.2'; 135°26.3';

Stn.4: 36°20.2', 135°26.3'

データを平年値として、各月の平年偏差を算出し、線形回帰分析及びMann-Kendall検定(両側検定)(Mann 1945, Kendall 1975)を用いた。本報と同様に水温の長期トレンドを調べた佐伯ほか(2016)及び大畑(2021)にしたがい、線形回帰分析とMann-Kendall検定の両方で統計的に有意な変化(有意水準5%)が認められた

表 1 Mann-Kendall 検定と線形回帰の結果

0 m				50 m				100 m						
Mann-Kendall検定		線形回帰		Mann-Kendall検定		線形回帰		Mann-Kendall検定		線形回帰				
傾向	Kendallの τ	傾き	対象期間の水溫変化	傾向	Kendallの τ	傾き	対象期間の水溫変化	傾向	Kendallの τ	傾き	対象期間の水溫変化			
3月	***	0.226	0.0145**	0.88	3月	***	0.267	0.0166**	1.01	3月	***	0.242	0.0161**	0.98
4月	***	0.372	0.0266**	1.62	4月	***	0.331	0.0206**	1.26	4月	***	0.304	0.0216**	1.32
5月	***	0.285	0.0207**	1.26	5月	***	0.360	0.0220**	1.34	5月	***	0.337	0.0210**	1.28
6月	***	0.254	0.0205**	1.25	6月	***	0.262	0.0191**	1.17	6月	***	0.185	0.0143	0.87
7月	***	0.429	0.0360**	2.20	7月	+	0.147	0.0093	0.57	7月	+	0.143	0.0172	1.05
8月	+	0.138	0.0154	0.94	8月	+	0.067	0.0109	0.66	8月	+	0.058	0.0079	0.48
9月	***	0.250	0.0359**	2.19	9月	+	0.084	0.0171	1.04	9月	+	0.224	0.0213	1.30
10月	***	0.262	0.0256**	1.56	10月	-	-0.086	-0.0094	-0.58	10月	-	-0.084	-0.0073	-0.44
11月	***	0.289	0.0180**	1.10	11月	***	0.278	0.0176**	1.07	11月	-	-0.131	-0.0138	-0.84

場合、長期変動があると判断し、その変動幅は線形回帰分析による回帰式から算出した。

検定結果を表 1 に、層別月別の水溫の平年偏差の推移を図 2 に示した。0 m 層では 8 月を除くすべての月で統計的に有意な上昇傾向が確認された。特に 7 月の上昇幅が最も大きく、61 年間で約 2.2 °C の上昇が見られた。50 m 層では 3 月から 6 月及び 11 月において有意な上昇傾向が確認された。100 m 層では 3 月から 5 月に有意な上昇傾向が確認された。各層ともに春季における水溫の上昇傾向が共通して認められたが、夏季及び秋季には 50 m 層及び 100 m 層で有意な上昇傾向は認められなかった。

海水溫の長期変動については、大気・海洋・海洋生態系から構成される地球環境システムの基本構造が数十年の時間スケールで転換するレジームシフト現象が存在する(川崎, 2009)。日本海においてもレジームシフ

トが報告されており、1987 年を境に寒冷から温暖への顕著な変化が生じ、季節別では、冬季水溫は 1980 年代末に寒冷から温暖に、夏季水溫は 1970 年初めに温暖から寒冷、1990 年代半ばには温暖への変化が示された(田, 2014)。本報告の結果は、レジームシフトのような比較的短期的な水溫変動の影響を受けながらも、長期変動として海水溫の有意な上昇傾向を明らかにした。

若狭湾における 2002 年から 2006 年の調査では、1970 年から 1972 年と比べて平均海面水溫が上昇し、南方起源の魚種が増加していることが報告された(Masuda, 2008)。京都府周辺海域ではこのような海水溫の上昇に起因する変化が今後も増加していくことが考えられる。したがって、今後も定線調査を継続し、海水溫の変化を継続的に把握することが重要である。

本報告では、61 年間の沿岸定線観測データを用い

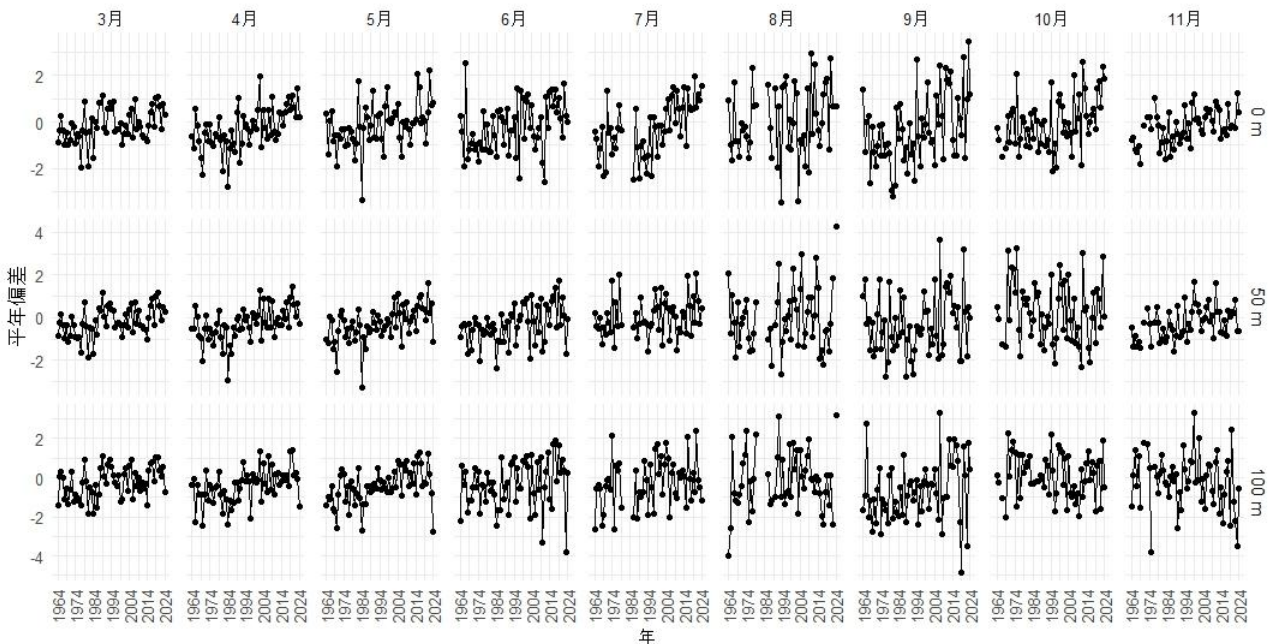


図 2 各層(水深 0, 50, 100 m)における月別の平年偏差水溫の経年推移(1964-2024 年). 平年値は 1991-2020 年平均

て海水温の長期的な変化を示した。近年は予算の減少や燃油価格の高騰によりこれまでと同じ調査実施体制を維持することが困難な状況であるが、海洋環境の変動及びそれに伴う水産資源の来遊量、漁場形成、漁期の変化などを解析するためには、今後も観測データの集積を継続することが重要である。

最後に、1964年以降長年にわたり沿岸定線観測の実施に携わってこられた京都府海洋センターの海洋調査船「平安丸」の皆様、ならびに海洋センター職員の皆様に深謝する。なお、本報告では水産資源調査・評価推進委託事業により取得したデータを使用した。

文 献

- 加藤修, 中川倫寿, 松井繁明, 山田東也, 渡邊達郎. 2006. 沿岸・沖合定線観測データから示される日本海及び対馬海峡における水温の長期変動. 沿岸海洋研究, 44:19-24.
- 川崎 健. 2009. イワシと気候変動. 岩波新書, 198p.
- Kendall, M.G. 1975. Rank Correlation Methods. 4th Edition, Charles Griffin, London.
- 気象庁. 2024. 海面水温の変動. 気候変動監視レポート 2023, 71-72.
- Mann, H. B. 1945. Nonparametric tests against trend. *Econometrica. Journal of the econometric society*, 245-259.
- Masuda, R. 2008. Seasonal and interannual variation of subtidal fish assemblages in Wakasa Bay with reference to the warming trend in the Sea of Japan. *Environmental Biology of Fishes*, 82:387-399.
- 大畑聡. 2021. 房総半島東部沿岸域における水温の長期変動. 千葉県水産総合研究センター研究報告, 14: 33-46.
- 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.
- 田永軍. 2014. 日本周辺の水産資源の長期変動に及ぼす気候と海洋環境変化の影響. *日本水産学会誌*, 80: 327-330.

