

釣り と 定置網によるサワラ *Scomberomorus niphonius* 漁獲量と

漁場環境との関係 (短報)

舛田大作, 蛭子亮制

Environmental affects catch of the Japanese Spanish Mackerel *Scomberomorus niphonius* fishing in the jigging and trap-net fishery

DAISAKU MASUDA AND RYOUSEI EBISU

長崎県で漁獲対象となるサワラ *Scomberomorus niphonius* は、東シナ海から黄海、渤海、北海道以南にかけて沿海及び沖合域の広範囲に分布している。¹⁾本資源の漁獲は1990年代半ばまでは東シナ海での大中型まき網による漁獲が中心であったが、1997以降、日本海の定置網による漁獲が増大しており、日本海での漁獲量の増加は、1998年以降における日本海の表面水温上昇と深く関係していると考えられている。²⁾また、日本海の定置網で漁獲されるサワラは未成魚の割合が高く、漁獲の割合が低い成魚も産卵期には東シナ海へ移動するものと考えられており、³⁻⁵⁾日本海と東シナ海の資源は同一系群として資源評価が行われている。TAC管理拡大対象種である本資源は、資源を評価するために必要な漁獲情報や生態特性データ等の知見が少なく、現在は2系資

源⁶⁾として評価されているが、TAC管理開始に先立って1系資源⁶⁾として資源評価が行えるように、生物的特性や漁獲データ等の情報の収集が進められており、筆者らも県内主要産地の漁獲データの収集を現在進めている。

今回、県内のサワラを対象とした曳縄を含めた釣りと定置網の水揚データを用いて、サワラの漁獲に及ぼす漁場環境の影響について検討し、若干の知見を得たので報告する。解析には、対馬海域内でサワラを漁獲している釣りとその近隣で操業する定置網の水揚量データ(2008年~2022年)を日々の漁獲量として用いた(Table 1)。環境データには水温と塩分の海洋環境の他に、風向、風速や月の情報を収集した(Table 2)。

Table 1 Catch data used in the study

Fishery	Year	Number of fishermen	Fishing days*	Total catch (kg)	Average (kg/day)	SD (kg/day)
Jigging	2008-2012	3	857	37110	43.4	47.5
	2013-2017	3	760	37887	49.8	53.9
	2018-2022	3	659	20426	30.8	32.4
Trap-net	2008-2012	1	295 (1127)	17635	65.8	178.1
	2013-2017	1	349 (1065)	23403	67.6	135.1
	2018-2022	1	465 (955)	33140	69.3	178.7

* () include no catch days.

釣りや定置網におけるサワラ漁獲への様々な環境要因を検討するため、それぞれの漁業における日毎の期待漁獲量を求める一般化加法モデル (Generalized Additive Models, GAM) 解析を行った。⁷⁾なお、定置網では、漁獲のない日 (ゼロキャッチ) も観測されたため、まず、漁獲有か否かを分けてか

らゼロキャッチ率を有漁確率モデルで推定し、次に、ゼロキャッチでない部分のみに対して日毎の期待漁獲量を求める漁獲モデルで解析する Delta 型 2 段階法^{7,8)}を用いた。漁獲モデルと有漁確率モデルは次式のとおりである。

Table 2 Explanatory variables in the catch models

Fishery	Model	Explanatory variable	Category		
Jigging	log (Catch)	<i>Temp30m</i>	Continuous variable (12.534 to 25.733)		
		<i>Sal30m</i>	Continuous variable, (33.118 to 34.752)		
		<i>Moon</i>	Continuous variable, (0 to 1)		
		<i>Wind_speed</i>	Continuous variable, (1.4 to 13.4)		
		<i>Tide</i>	3 categories (kosio, nakasio, osio)		
		<i>Wind_direction</i>	4 categories (N, E, S, W)		
		<i>Year</i>	15 categories (2008 - 2022)		
		<i>Month</i>	11 categories (1 - 5, 7 - 12)		
		<i>Fishery</i>	3 categories (A, B, C)		
		Trap-net	logit(π)	<i>Temp30m</i>	Continuous variable (12.606 to 28.409)
<i>Sal30m</i>	Continuous variable, (32.870 to 34.832)				
<i>Moon</i>	Continuous variable, (0 to 1)				
<i>Wind_speed</i>	Continuous variable, (0 to 13)				
<i>Tide</i>	3 categories (kosio, nakasio, osio)				
<i>Wind_direction</i>	4 categories (N, E, S, W)				
<i>Year</i>	15 categories (2008 - 2022)				
<i>Month</i>	12 categories (1 - 12)				
	log (Catch)			<i>Temp30m</i>	Continuous variable (12.606 to 23.513)
				<i>Sal30m</i>	Continuous variable, (33.449 to 34.832)
		<i>Moon</i>	Continuous variable, (0 to 1)		
		<i>Wind_speed</i>	Continuous variable, (1.2 to 11.7)		
		<i>Tide</i>	3 categories (kosio, nakasio, osio)		
		<i>Wind_direction</i>	4 categories (N, E, S, W)		
		<i>Year</i>	15 categories (2008 - 2022)		
		<i>Month</i>	11 categories (1 - 8, 10 - 12)		

漁獲モデル :

$$\log(\text{Catch}) \sim N(\mu, \sigma^2)$$

$$\mu = \alpha + s(\text{Temp}30m) + s(\text{Sal}30m) + s(\text{Moon}) + s(\text{Wind_speed}) + \text{Tide} + \text{Wind_direction} + \text{Year} + \text{Month} + \text{Fishery}$$

有漁確率モデル :

$$Y \sim \text{Bin}(1, \pi)$$

$$\text{var}(Y) = \pi \times (1 - \pi)$$

$$\text{logit}(\pi) = \alpha + \text{Temp}30m + \text{Sal}30m + \text{Moon} + \text{Wind_speed} + \text{Tide} + \text{Wind_direction} + \text{Year} + \text{Month}$$

ここで、水温と塩分 (*Temp30m, Sal30m*) は連続変数で、水産研究・教育機構の改良版我が国周辺の海況予測システム (FRA-ROMSII) から対馬北部海域 (E129.45, N34.75) の水深 30m 層の値を取得した。月齢 (*Moon*) は、新月を 0, 満月を 1 として月齢の変化によって連続的に変化する輝面積比を米国海軍天文台の公開データから取得した。風速 (*Wind_speed*) は連続変数で、気象庁長崎地方気象台鰐浦観測所における気象データから一日の平均風速を求めた。潮汐 (*Tide*) はカテゴリ変数で、小潮, 中潮, 大潮に分類した。風向 (*Wind_direction*) もカテゴリ変数で、鰐浦観測所における気象データから一日

の最多風向を求め、北から東北東までを N, 東から南南東までを E, 南から西南西までを S, 西から北北西までを W とした。また、漁期は年 (*Year*) と月 (*Month*) ごとに漁場へ来遊する資源量が異なるものと仮定し、釣り漁業では、3 業者 (*Fishery*) それぞれで漁獲効率が異なるものと考え、漁期や漁業者毎に分類した (Table 2)。水温や塩分, 月齢, 風速の環境要因と漁獲との関係には、それぞれの変数間で、ある数学的な関係式を持つことなく、任意の変数区間ごとに異なる関係を持つものと仮定した平滑化関数 *s* を用いた。

解析には、統計解析ソフト R ver.4.3.1, mgcv パッケージの *gam* 関数と MuMIn の *dredge* 関数を用い、説明変数の選択は AIC (Akaike's information criterion) を選択基準値とした。また、最適モデルに含まれる説明変数の影響を調べるため、その変数を減らしたことによって変化した AIC 値の差 (Δ AIC) を求めた。

解析の結果、選択された最適モデルでは漁場への来遊資源量の多寡として仮定した漁期 (*Year, Month*) が漁獲に最も影響していた。環境要因の変数には、釣り漁獲モデルでは *Temp30m* と *Sal30m, Moon*, 定置網有漁確率モデルでは *Moon* と *Tide*, 定置網漁獲

Table 3 Output for the selected optimal models. Δ AIC indicates the increment in AIC if the explanatory is removed from optimum models.

Explanatory variable	Jigging	Trap-net	Trap-net
	log(C)	logit(π)	log(C)
Optimum model AIC	6613.3	3252.4	3816.3
<i>Temp30m</i>	Δ AIC = 29.87		Δ AIC = 0.10
<i>Sal30m</i>	Δ AIC = 3.73		Δ AIC = 2.10
<i>Moon</i>	Δ AIC = 10.60	Δ AIC = 14.49	Δ AIC = 18.06
<i>Wind_speed</i>			
<i>Tide</i>		Δ AIC = 2.22	
<i>Wind_direction</i>			Δ AIC = 4.08
<i>Year</i>	Δ AIC = 53.34	Δ AIC = 211.31	Δ AIC = 5.08
<i>Month</i>	Δ AIC = 25.46	Δ AIC = 694.71	Δ AIC = 40.44
<i>Fishery</i>	Δ AIC = 21.75	—	—

モデルでは *Temp30m* と *Sal30m*, *Moon*, *Wind_direction* がそれぞれ検出された。環境要因のうち、釣り漁獲モデルでは *Temp30m*, 定置網漁獲モデルでは *Moon* の影響が最大となった (Table 3)。

釣り と 定置網の漁獲モデルから推定した漁獲と水温及び塩分の関係を図1に示す。釣り と 定置網とも塩分による漁獲の変化は顕著にはみられず、水温によって漁獲が変化すると推定された。漁獲は水温が20°C未満のときに最大となり、釣りの場合は水温20°C以上になると顕著に漁獲が減少すると推定され、日本海と東シナ海、黄海におけるサワラの出現パターンとも一致した。

さらに、定置網の場合は水温よりも月齢と風向によって漁獲が変化し、月齢では満月の期間に漁獲が多く、風向ではN(北～東北東)とE(東～南南東)の日に漁獲が多くなると推定された (Fig.2)。定置網でサワラが漁獲される要因には、漁場への餌生物の来遊とも関係している可能性が考えられる。対馬の定置網では、冬季のスルメイカを対象とした漁獲解析において月齢の周期的な影響が検出され、満月の期間に漁獲が多くなり、壱岐や平戸、五島の定置網とは異なる漁獲動向を示し、対馬とその他の海域の定置網の漁獲動向の相違は、イカ魚群と定置漁場の

沖合で操業するイカ釣り船の操業パターンに起因している可能性が示唆されている。⁹⁾サワラの出現パターンは、カタクチイワシやマイワシ、サバ類の餌生物の出現や移動パターンと一致し、それらの生物を捕食^{10,11)}していること、イカ釣りの集魚灯には漁獲対象とするイカ類の他にも動物プランクトンや小型魚類も集魚されることを考慮すると、今回解析した対馬の定置網では、イカ釣りの操業が少なくなる満月期や漁場の沖から吹いてくる東寄りの風向の時期に、定置網漁場がある沿岸への餌生物の来遊が多くなる可能性がある。

日本海と東シナ海に分布するサワラ資源の評価には、現在のところ大中型まき網と日本海の大型定置網の漁獲情報を用いて資源評価が行われ、これらの漁業ではサワラ未成魚の漁獲割合が高い。一方、西日本の離島沿岸部の一本釣りで漁獲されるサワラのは大半は成魚であり、これらの漁獲情報も資源評価に加えることで資源評価の精度向上に資するものと期待できる。また、定置網の漁獲変動を考慮する場合には、灯火を用いた漁業が接近して操業するような海域では月齢等の影響も考慮する必要があると考えられる。

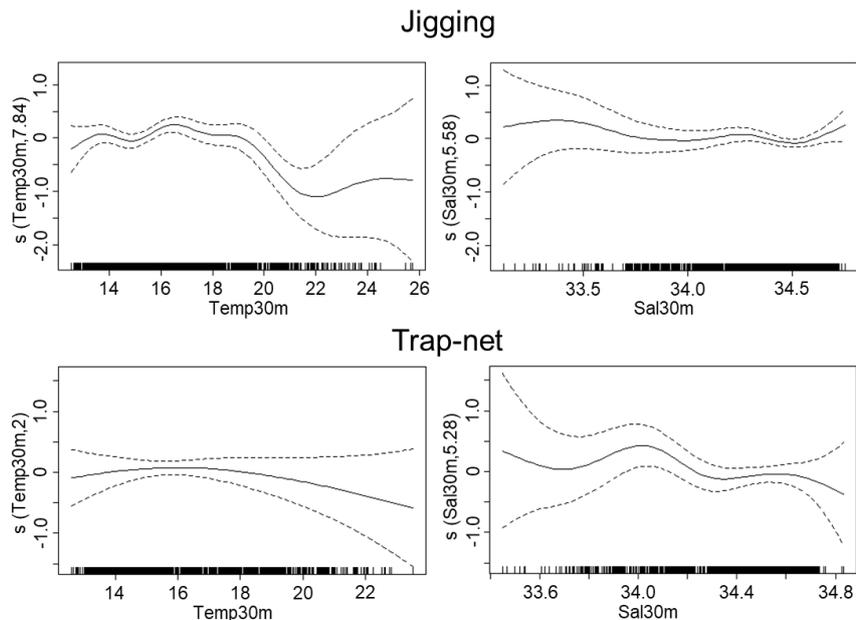


Fig.1 Relationship between expected catch amount and the temperature (*Temp30m*) and salinity (*Sal30m*) for the jigging and trap-net. The response scale reflects natural log-transformation. Dotted lines represent 95% confidence intervals. A straight line represents an additive effect of zero.

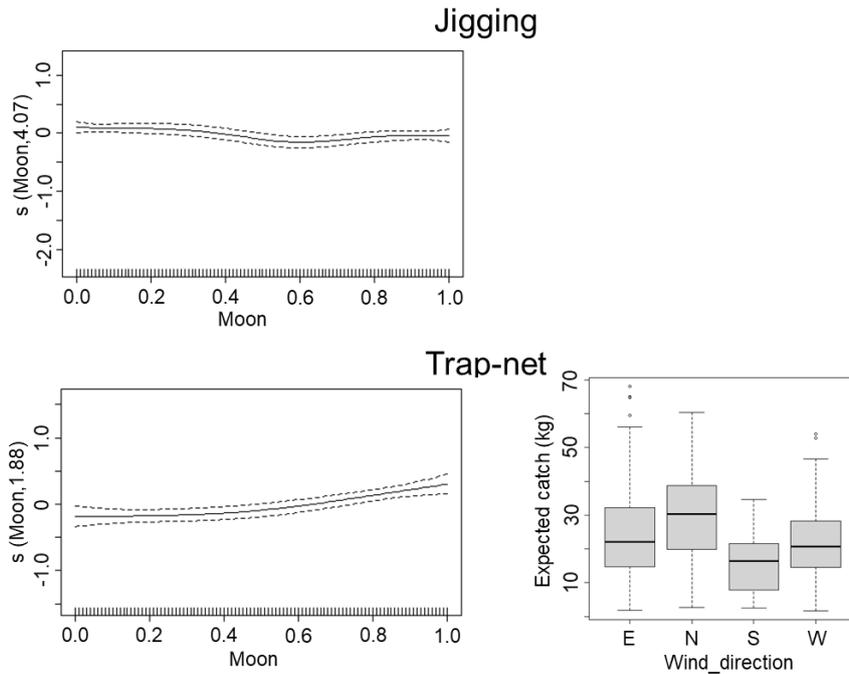


Fig.2 Relationship between expected catch amount and the ratio of the illuminating area of the moon (*Moon*), wind direction (*Wind_direction*) for the jigging and trap-net. The band in the box is the median values and the bottom and top of the box are the lower and upper quartiles, respectively. The ends of the whiskers the 1.5 interquartile range and plots depicted as open circle designate the outliers.

文 献

- 1) Ohshimo S, Muko S, Yoda M, Kurota H. Fluctuations in distribution and relative abundance of Japanese Spanish Mackerel, *Scomberomorus niphonius*, in the Yellow Sea, East China Sea and Sea of Japan. *Regional Studies in Marine Science*. 2021; **48**: 1-10.
- 2) 為石日出生, 藤井誠二, 前林篤. 日本海水温のレジームシフトと漁況 (サワラ・ブリ) との関係. *沿岸海洋研究*. 2005 ; **42(2)** : 125-131.
- 3) 井上太郎, 和田要藏, 戸嶋孝, 竹野功壘. 京都府沿岸で漁獲されるサワラの年齢および移動について. *京都府立海洋センター研究報告*. 2007 ; **29** : 1-6.
- 4) 戸嶋孝, 太田武行, 児玉晃治, 木所英昭, 藤原邦浩. 漁獲状況および標識放流試験からみた近年の日本海におけるサワラの分布・移動. *京都府立海洋センター研究報告*. 2013 ; **35** : 1-11.
- 5) 藤原邦浩, 佐藤翔太, 戸嶋孝, 木所英昭. 日本海におけるサワラ雌の成熟と産卵. *京都府立海洋センター研究報告*. 2013 ; **35** : 13-18.
- 6) 国立研究会開発法人水産研究・教育機構水産資源研究所水産資源研究センター. 令和 5(2023)年度漁業管理規則および ABC 算定のための基本方針. FRA-SA2023-ABCWG02-01. 2023.
- 7) 庄野宏. CPUE 標準化に用いられる統計学的アプローチに関する総説. *水産海洋研究*. 2004 ; **68(2)** : 106-120.
- 8) Lo, N.C., L. D. Jacobson, J. L. Squire. Indices of relative abundance from fish spotter data based on delta-lognormal models. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **49**: 2515-2526.
- 9) Masuda D, Kai S, Yamamoto N, Matsushita Y, Suuronen P. The effect of lunar cycle, tidal condition and wind direction on the catches and profitability of Japanese common squid *Todarodes Pacificus* jigging and trap-net fishing. *Fish. Sci.* 2014; **80**: 1145-1157.
- 10) Huh S.H., Park J.M., Baeck G.W., Feeding habits of Spanish mackerel (*Scomberomorus niphonius*) in the southern Sea of Korea. *J. Kor. Fish. Soc.* 2006; **39**: 35-41.

- 11) 河野光久. 山口県日本海沿岸域で漁獲されるサワラの生物特性. 山口県水産研究センター 研究報告. 2017 ; **14** : 17-21.