

伊豆半島南端部の河口域カニ類相の特徴

Characteristics of brachyuran crab fauna in the river mouths of southern Izu Peninsula

柚原 剛<sup>1),\*</sup>・横岡博之<sup>2)</sup>・多留聖典<sup>3)</sup>・海上智央<sup>4)</sup>・田中正敦<sup>5)</sup>・横山耕作<sup>6)</sup>・金谷 弦<sup>7)</sup>

<sup>1)</sup> 東北大学大学院生命科学研究所. 〒980-8578 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-3

<sup>2)</sup> いであ株式会社環境創造研究所. 〒421-0212 静岡県焼津市利右衛門 1334-5

<sup>3)</sup> 東邦大学理学部東京湾生態系研究センター. 〒274-8510 千葉県船橋市三山 2-2-1

<sup>4)</sup> 株式会社自然教育研究センター. 〒190-0022 東京都立川市錦町 2-1-22 2F

<sup>5)</sup> 慶應義塾大学生物学教室. 〒223-8521 神奈川県横浜市港北区日吉 4-1-1

<sup>6)</sup> 特定非営利活動法人OWS. 〒151-0051 東京都渋谷区千駄ヶ谷 4-27-13-704

<sup>7)</sup> 国立環境研究所. 〒305-8506 茨城県つくば市小野川 16-2

Takeshi YUHARA<sup>1),\*</sup>, Hiroyuki YOKOOKA<sup>2)</sup>, Masanori TARU<sup>3)</sup>, Tomoo UNAGAMI<sup>4)</sup>, Masaatsu TANAKA<sup>5)</sup>, Kosaku YOKOYAMA<sup>6)</sup> and Gen KANAYA<sup>7)</sup>

<sup>1)</sup> Graduate School of Life Science, Tohoku University, 6-3 Aoba, Aramaki, Aoba-ku, Sendai, Miyagi 980-8578, Japan

<sup>2)</sup> IDEA Consultants, Inc. Institute of Environmental Ecology, 1334-5 Riemon, Yaizu, Shizuoka 421-0212, Japan

<sup>3)</sup> Faculty of Science, Toho University, 2-2-1 Miyama, Funabashi, Chiba 274-8510, Japan

<sup>4)</sup> Center for Environmental Studies, 2-1-22 Nishiki-cho, Tachikawa, Tokyo 190-0022, Japan

<sup>5)</sup> Department of Biology, Keio University, 4-1-1 Hiyoshi, Kohoku-ku, Yokohama, Kanagawa 223-8521, Japan

<sup>6)</sup> The Oceanic Wildlife Society, 4-27-13 Sendagaya, Shibuya-ku, Tokyo 151-0051, Japan

<sup>7)</sup> National Institute for Environmental Studies (NIES), 16-2 Onogawa, Tsukuba, Ibaraki 305-8506, Japan

**Abstract:** In recent years, many subtropical brachyuran crab species distributed mainly along the southern Japanese coast have been recorded in the southern portion of the Izu, Miura, and Boso Peninsulas in eastern Japan near the warm Kuroshio Current axis. In this study, we conducted multiple surveys of the crab fauna in the Aono and Ogamo Rivers in the southern Izu Peninsula from 2014 to 2018, and assessed their population stability based on their occurrence frequency. We also compared the composition of the crab fauna using cluster analysis based on the presence-absence data with those at Yukashi Lagoon (Kii Peninsula), Ena Bay (Miura Peninsula), and Banzu tidal flat (Tokyo Bay). The results showed that the subtropical crabs *Parasesarma bidens* and *Ptychognathus ishii* were highly abundant in the Aono and Ogamo Rivers, and that the crab fauna in the Izu Peninsula was similar to that of the Kii Peninsula, but differed from those of the Miura Peninsula and Tokyo Bay. Similarity in the community structure between Kii and Izu Peninsulas suggested that the southern portion of the Izu Peninsula functions as a habitat for the subtropical crabs, and acts as “stepping stones” for expanding their distribution toward northeastern regions. Further, the southern Izu Peninsula had various microhabitats, such as gravel and cobble zones, mangroves, reed marshes, and soft bottoms in the estuaries, which could function as stable habitats preferred by these subtropical crabs.

**Key Words:** Brachyuran crab fauna, Subtropical species, Microenvironment, Izu Peninsula, Geographical comparison

はじめに

外洋に面した半島や岬の先端部が、多くの沿岸生物にとって分布の北限や南限などの分布境界を規定する場所と

して重要であることが、海洋生物地理学的研究において指摘されてきた (Ohgaki 2011)。日本列島では房総半島の犬吠岬が魚類、軟体動物、甲殻類などの多くの海洋生物種の分布北限として知られている (堀越 1962)。例えば、潮間帯に生息する腹足類ではアマガイ *Nerita japonica*、ヘナタリ *Pirenella nipponica* が挙げられ (清水 2001)、塩性湿地を伴う干潟に生息するカニではウモレベンケイガニ *Clistoeloma sinense*、クシテガニ *Parasesarma affine* が挙げられる (飯島・和田 2007；北海道から沖縄までの 157

Received 21 September 2023 Accepted 1 November 2023

\* Corresponding author

E-mail: yugo88@nifty.com

干潟で行われた分布調査). また, 平均気温 15°C (年平均最低気温 - 3.5°C) の等温線付近に南方種 (亜熱帯種) の特徴的な地理的分布境界があり, この境界線は海浜植物ハマオモト *Crinum asiaticum* var. *japonicum* の分布から「ハマオモト線」(Koshimizu 1938) として知られ, 伊豆半島, 三浦半島および房総半島では半島先端部付近にハマオモト線が位置している.

近年になって, 紀伊半島以南が主な分布域であった南方性の十脚目短尾類 (カニ類) について, 伊豆半島, 三浦半島および房総半島の先端部での出現報告が相次いでいる. 例えば, ベンケイガニ科のフジテガニ *Clistocoeloma nobile* が伊豆半島, 三浦半島, 房総半島で (Yuhara et al. 2017, 高倉・駒井 2019, 乾ら 2021), モクズガニ科のミナミアシハラガニ *Pseudohelice subquadrata* が伊豆半島と三浦半島で (伊藤 2020, 乾ら 2021), ヒメヒライソモドキ *Ptychognathus capillidigitatus* が伊豆半島, 三浦半島および房総半島で (横岡ら 2015, 乾ら 2019), アゴヒロカワガニ *Ptychognathus altimanus*, ヒラモクズガニ *Utica borneensis* が三浦半島と房総半島で確認されている (乾ら 2021). 加えて, スナガニ科のハクセンシオマネキ *Austruca lactea* (田村・成田 2013), シオマネキ *Tubuca arcuata* (柚原・相澤 2016) が房総半島の東京湾盤洲干潟で確認されている. 著者らは, 伊豆半島南端部の青野川・大賀茂川において 2014~2018 年に干潟域のベントス相を調査し, 希少種 24 種を含む 78 種群 (うち, カニ類は 29 種) を確認し, 発見された希少種中の 15 種は紀伊半島以南に主要な分布域を持つ南方系のベントスであったことを報告した (Yuhara et al. 2021). このように, 黒潮流路に近く外洋に面した半島の先端部は, 潮間帯に生息する南方系のベントスが浮遊幼生によって分布域を拡大する際に, 「飛び石 stepping stone」(Saura et al. 2014) となる生息場を提供していると推測される.

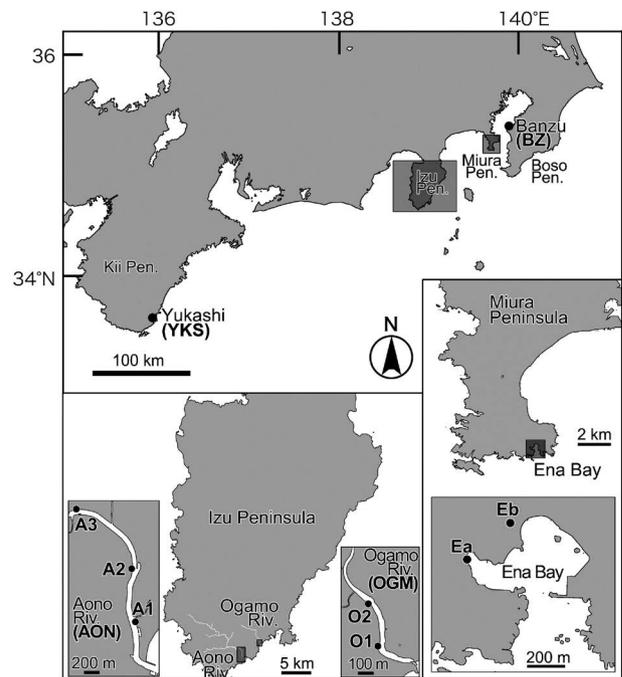
一般に, 地理的分布の辺縁部は温度環境の変動によって個体群の移入や消滅が起こりやすく, 個体群が長期的に安定して維持されにくい (Eckert et al. 2008, Gaston 2009). そのため, 分布北進が疑われるベントス種については一定期間のモニタリングを継続することにより, 個体群の継続性を評価することが重要と考えられる. Yuhara et al. (2021) は, 伊豆半島南端部の青野川・大賀茂川において複数年・複地点の調査を実施しているが, これまでの解析では出現目録による評価を行っており, 出現頻度や個体群の継続性に関する解析は行っていない. そこで, 本論文では青野川・大賀茂川のカニ類データを対象とした解析を行い, 南方性のカニ類が伊豆半島南端部の微細生息場においてどの程度安定的に生息しているのかを評価することとした. また, 三浦半島南端部の江奈湾においても, ほぼ同時期 (2013~2022 年) に詳細な干潟ベントス相調査が実施されている (金谷ら 2023a, 鈴木ら 2023, 多留ら投稿準備中). 加えて, 黒潮流軸上流に位置する紀伊半島南端

部のゆかし潟のベントス相調査 (和田ら 2022), および黒潮流軸下流の東京湾盤洲干潟では環境省モニタリングサイト 1000 沿岸域調査 (干潟調査) が行われてきたことから (環境省自然環境局生物多様性センター 2019), 本研究では伊豆半島で得られたデータをこれらの既報データと比較することで, 伊豆半島南端部のカニ類相の特徴を捉えることを目的とした.

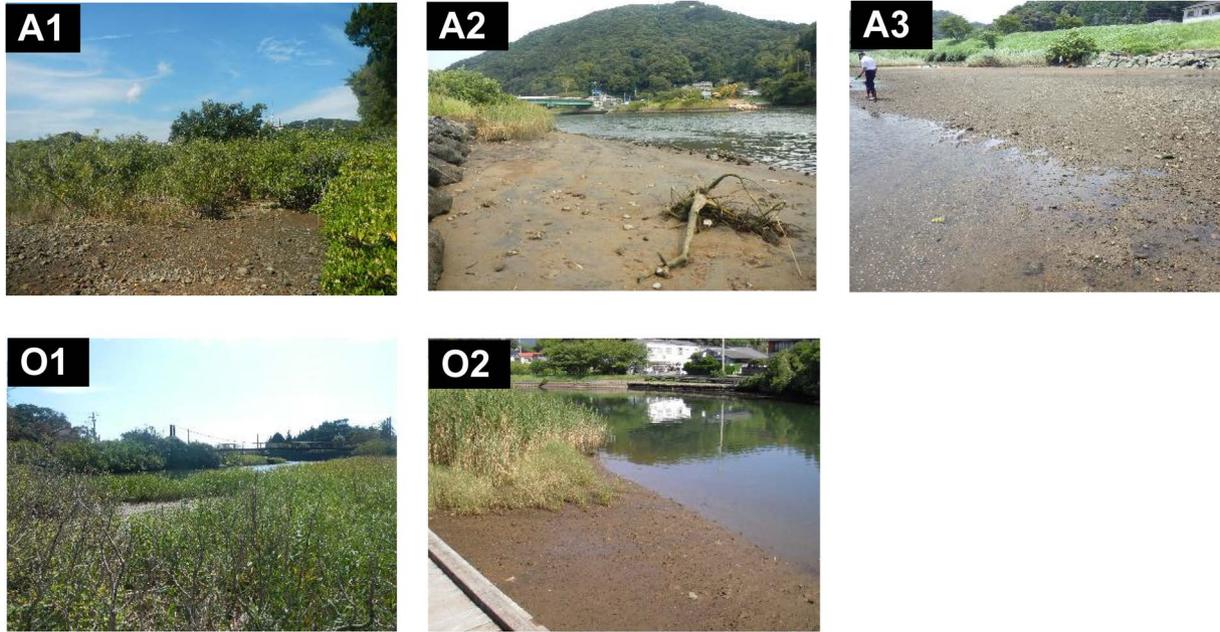
## 材料と方法

### 調査地

本研究の調査地は伊豆半島南端の青野川および大賀茂川河口域である (Figs. 1, 2). 両河川の調査地点箇所は既往研究 (Yuhara et al. 2021) と同様であり, その景観や生息環境の詳細は既往研究も参照されたい. 青野川では河口域より上流に向かって 3 箇所の調査地点 (A1, A2, A3: 34°38'04.99"N-34°38'51.76"N, 138°53'11.54"E-138°52'37.19"E) を設置した. それぞれの調査地点は, 砂泥干潟, 砂礫帯, カキ礁, 塩性湿地に加え, A1 調査地点ではハマボウ *Hibiscus hamabo* 群落および 1958 年に西表島から導入されたメヒルギ *Kandelia obovata* 群落 (飯島・林 1999, 榎田 1999) からなる. 大賀茂川は青野川の東側約 3.5 km に位置し, 2 箇所の調査地点 (O1, O2: 34°39'19.53"N-34°39'27.25"N, 138°55'07.04"E-138°55'05.46"E) を設置した. それぞれの調査地点は, 砂泥干潟, 転石帯, 塩性湿地, ハマボウ群落からなる.



**Fig. 1.** Locations of Aono and Ogamo Rivers on the southern portion of Izu Peninsula, with locations of survey sites in the rivers, locations of Yukashi Lagoon (YKS), Ena Bay (Ea or Eb), and Banzu tidal flat (BZ) where the composition of brachyuran species were compared with Izu Peninsula are also shown.



**Fig. 2.** Three study sites in the Aono River. A1 was located at 0.8 km upstream from the river mouth, where the habitat consisted of mudflats, gravel and cobble zones, oyster beds, semi-mangrove *Hibiscus hamabo* and mangrove *Kandelia obovata* forests. A2 was located at 1.4 km upstream from the river mouth where the habitat consisted of sandy mudflats, common reed *Phragmites australis* marsh, and cobble zone. A3 was located at 2.7 km upstream from the river mouth where the habitat consisted of sandy flats, gravel, and cobble zones. Two study sites in the Ogamo River: O1 and O2 were located at 0.3 km and 0.55 km upstream from the river mouth, respectively. Intertidal zone at O1 consisted of sandy mudflats and the semi-mangrove forest, while that at O2 consisted of sandy mudflats and the common reed marsh.

### カニ類相の現地調査

調査は2014～2018年にかけて実施され、その間、両河川各調査地点で4回の調査を行った。調査は、伊豆半島南端部において底質表面でカニ類が活動している春～秋の間に実施した (Table ES1, ES2)。青野川のA1で2014年8月、2017年8月、9月および2018年10月、A2では2014年5月、2017年8月、9月および2018年10月、A3では2014年5月、8月、2017年8月および9月、大賀茂川のO1で2014年11月、2015年3月、2017年8月および9月、O2では2014年8月、2016年5月、2017年8月および9月に調査を実施した。複数名で干潟、転石帯、塩性湿地といった生息場ごとに30分間の探索を行い、発見したカニ類を記録した。必要に応じて、移植ごて、溝掘りショベル (頭部長34.5 cm、金象印、浅香工業) を使用した。カニ類の記録は全種を対象としたが、本論文では干潟域で頻出する分類群であるイワガニ上科、スナガニ上科を含むトラコトレマータ亜群 subsection Thoracotremata (Ng et al. 2008, Davie et al. 2015, Tsang et al. 2022, Kobayashi et al. 2023) に解析対象を限定した。

調査地点でそれぞれ4回調査を実施していることから、出現率が70%以上を超えた種を「高頻度出現種」とした。例えば、調査地点レベル (例: A1) では4回中3回以上出現したカニ類、河川レベル (例: 青野川) では3調査地点 (A1～A3) で4回調査したので12調査機会中9回以上出現したカニ類、伊豆半島南端部レベル (青野川と大賀茂川) では計5調査地点で4回調査したので計20調査機会

中14回以上出現したカニ類をそれぞれのスケールで「高頻度出現種」とした。調査地点レベルの「高頻度出現種」は当該地点での個体群の安定性を示し、河川レベルでは当該河口汽水域内での個体群の安定性と空間的な広がり、伊豆半島南端部レベルでは両河川の河口汽水域内での個体群の安定性と空間的な広がりを示している。

結果の項では (Table 1)、出現率 (0～1) を小数点以下2桁で表記した。また、環境省レッドリスト (環境省2020)、環境省海洋生物レッドリスト (環境省2017)、日本ベントス学会レッドデータブック (日本ベントス学会2012) のいずれかに掲載されているカニ類を「希少種」とした。

### カニ類相の広域比較解析

カニ類相の広域比較解析を実施するため、以下の計6地点で出現したトラコトレマータ亜群のカニ類を在・不在データに整理した。黒潮流軸上流から順に紀伊半島南端部のゆかし潟1地点 (YKS)、伊豆半島南端部の青野川 (AON)、大賀茂川 (OGM) の2地点、三浦半島南端部の江奈湾2地点 (Ea, Eb) の計5地点を選択した。加えて、半島先端部でないが、黒潮流軸最下流の房総半島に位置する東京湾内湾の盤洲干潟1地点 (BZ) も選択した (Fig. 1, Table 2, Table ES1)。なお、伊豆半島南端部のデータは、Table 1で示している調査区画別の出現結果 (A1, A2, A3, O1, O2) を、河川ごと (青野川 AON, 大賀茂川 OGM) にまとめたものを使用した。また伊豆半島南端部の調査は2014～2018年に実施

**Table 1.** Occurrence frequency of thoracotrematan crabs at river mouths in the southern Izu Peninsula (three and two sites in the Aono and Ogamo Rivers, respectively). The numeral of occurrence means the number of occurrences on which the relevant species was recorded.

Subsection	Superfamily	Family	Species name	Aono River						Ogamo River				Southern Izu Total		Red Benthos List*1 RDB*2				
				A1		A2		A3		Aono Total		O1		O2			Ogamo Total		Occurrence	Rate
				Occurrence	Rate	Occurrence	Rate	Occurrence	Rate	Occurrence	Rate	Occurrence	Rate	Occurrence	Rate		Occurrence	Rate		
Thoracotremata	Grapsoidae	Sesariidae	<i>Metopograpsus thukuhar</i>	1	0.25					1	0.08	1	0.25	1	0.13	2	0.10			
			<i>Chironomantes haematocheir</i>	3	0.75	2	0.50	1	0.25	6	0.50	3	0.75	3	0.75	6	0.75	12	0.60	
			<i>Clitocaeloma nobile</i>	3	0.75			4	1.00		3	0.25				5	0.63	3	0.15	
				<i>Orisarma dehaani</i>					2	0.50	2	0.17	2	0.50	1	0.25	3	0.38	5	0.45
				<i>Orisarma intermedium</i>	2	0.50			2	0.50		2	0.17				3	0.38	2	0.10
				<i>Parasesarma affine</i>	4	1.00	3	0.75	4	1.00	11	0.92	3	0.75	2	0.50	5	0.63	16	0.80
	Varunidae			<i>Parasesarma bidens</i>	3	0.75	2	0.50	1	0.25	6	0.50	3	0.75	1	0.25	4	0.50	10	0.50
				<i>Parasesarma pictum</i>	3	0.75	1	0.25			4	0.33			1	0.25	1	0.13	5	0.25
				<i>Parasesarma tripectinis</i>	3	0.75	2	0.50	3	0.75	8	0.67	2	0.50	2	0.50	4	0.50	12	0.60
				<i>Chasmagnathus convexus</i>	3	0.75	2	0.50	3	0.75	8	0.67	2	0.50	2	0.50	4	0.50	12	0.60
				<i>Eriocheir japonica</i>			2	0.50			2	0.17	3	0.75			3	0.38	5	0.25
				<i>Helicana japonica</i>			1	0.25			1	0.08							1	0.05
				<i>Helice tridens</i>	3	0.75	3	0.75	4	1.00	10	0.83	3	0.75	3	0.75	6	0.75	16	0.80
<i>Hemigrapsus penicillatus</i>				3	0.75	3	0.75	4	1.00	10	0.83	3	0.75	3	0.75	1	0.25	14	0.70	
<i>Hemigrapsus takanoi</i>				2	0.50	1	0.25	3	0.75	6	0.50	2	0.50	2	0.50	2	0.25	8	0.40	
<i>Parapyxidognathus deianira</i>				1	0.25	2	0.50	1	0.25	4	0.33	3	0.75	3	0.75	3	0.38	7	0.35	
<i>Pseudohelice subquadrata</i>				2	0.50					2	0.17	1	0.25	1	0.25	1	0.13	3	0.15	
<i>Psychognathus capillidigitatus</i>				1	0.25	1	0.25	3	0.75	5	0.42	2	0.50	2	0.50	2	0.25	7	0.35	
<i>Psychognathus ishii</i>				2	0.50	3	0.75	4	1.00	9	0.75	2	0.50	2	0.50	2	0.25	11	0.55	
Oeypodoidea	Camptandriidae	Dotillidae	<i>Deiratoneus japonicus</i>	2	0.50	1	0.25	3	0.75	4	0.33	2	0.50	2	0.25	6	0.30	NT		
			<i>Ilyoplax pusilla</i>	2	0.50	3	0.75	4	1.00	9	0.75	3	0.75	4	1.00	7	0.88	16	0.80	
Macrophthalmidae			<i>Scopimera globosa</i>	3	0.75	2	0.50	5	0.42	1	0.25	1	0.25	1	0.13	6	0.30	NT		
			<i>Macrophthalmus banzai</i>			1	0.25	1	0.25	2	0.17	1	0.25	1	0.13	1	0.05	NT		
			<i>Macrophthalmus japonicus</i>	1	0.25	3	0.75	1	0.25	5	0.42	1	0.25	3	0.75	4	0.50	5	0.25	
Oeypodoidea			<i>Austruca lactea</i>	1	0.25			1	0.08								1	0.05		
			<i>Tubuca arcuata</i>	1	0.25			1	0.08					2	0.50	2	0.25	3	0.15	
				18		17		17		25		19		22		26		14		

\*1: Red List indicates endangered species in "the Red List 2020 in the Ministry of the Environment" and "Red List of threatened marine species in the Ministry of the Environment" (Ministry of the Environment 2017, 2020).

\*2: Benthos RDB indicates endangered species in the Japanese Association of Benthology (2012). VU: Vulnerable, NT: Near Threatened.

**Table 2.** Presence data (●) of thoracotrematan crabs at six sites from the Kii Peninsula to Tokyo Bay. The southern portion of the Izu Peninsula (Aono River: AON, Ogamo River: OGM) was surveyed from 2014 to 2018. For Ena Bay (Ea, Eb) and Banzu tidal flat (Bz), data sets from 2014 to 2018 were used (Data for BZ were extracted from the Ministry of the Environment Monitoring Sites 1000 Project website). Data for Yukashi Lagoon (YKS) at the southern portion of the Kii Peninsula were acquired from 2020 to 2021 (Wada et al. 2022).

Subsection	Superfamily	Family	Species name	Yukashi	Aono	Ogamo	Ena Bay		Banzu	Red List*1	Benthos RDB*2		
				YKS	AON	OGM	Ea	Eb	BZ				
Thoracotremata	Grapsoidae	Grapsidae	<i>Metopograpsus thukuhar</i>	●	●	●							
			<i>Pachygrapsus crassipes</i>				●						
	Sesarmidae	<i>Chiromantes haematocheir</i>	●	●	●	●		●					
		<i>Clistocoeloma nobile</i>	●	●						NT	NT		
		<i>Clistocoeloma sinense</i>	●						●	VU	EN		
		<i>Nanosesarma minutum</i>	●				●						
		<i>Orisarma dehaani</i>	●	●	●	●		●					
		<i>Orisarma intermedium</i>	●	●	●	●	●			NT	VU		
		<i>Parasesarma affine</i>		●					●	NT	VU		
		<i>Parasesarma bidens</i>	●	●	●	●	●						
		<i>Parasesarma pictum</i>	●	●	●	●	●		●				
		<i>Parasesarma tripectinis</i>	●	●	●	●				NT	NT		
		Varunidae	Varunidae	<i>Acmaeopleura parvula</i>	●				●				
				<i>Chasmagnathus convexus</i>	●	●	●	●	●			NT	NT
	<i>Cyclograpsus intermedius</i>							●	●				
	<i>Eriocheir japonica</i>			●	●	●				●			
	<i>Gaetice depressus</i>			●				●	●				
	<i>Helicana japonica</i>				●					●	NT	NT	
	<i>Helice tridens</i>			●	●	●	●			●			
	<i>Hemigrapsus penicillatus</i>			●	●	●	●	●		●			
	<i>Hemigrapsus longitarsis</i>									●		NT	
	<i>Hemigrapsus sanguineus</i>			●				●	●	●			
	<i>Hemigrapsus takanoi</i>			●	●	●	●	●	●	●			
	<i>Parapyxidognathus deianira</i>			●	●	●					NT	NT	
	<i>Pseudohelice subquadrata</i>			●	●	●					NT	NT	
	<i>Ptychognathus capillidigitatus</i>			●	●	●					NT	NT	
	<i>Ptychognathus ishii</i>			●	●	●					NT	NT	
	<i>Sestrostoma</i> sp.			●									
	<i>Sestrostoma depressum</i>							●					
	<i>Sestrostoma toriumii</i>									●	NT	NT	
	<i>Varuna litterata</i>	●											
	<i>Varuna yui</i>	●								DD			
	Ocypodoidea	Camptandriidae	<i>Camptandrium sexdentatum</i>					●			NT	NT	
			<i>Deiratonotus japonicus</i>	●	●	●					NT	NT	
		Dotillidae	<i>Ilyoplax pusilla</i>	●	●	●	●	●	●				
			<i>Ilyograpsus nodulosus</i>	●							NT	NT	
		Macrophthalmidae	<i>Scopimera globosa</i>		●	●	●	●	●	●			
			<i>Macrophthalmus abbreviatus</i>					●		●	NT	NT	
			<i>Macrophthalmus banzai</i>	●		●	●	●			NT	NT	
			<i>Macrophthalmus japonicus</i>	●	●	●	●	●	●	●			
		Ocypodidae	<i>Tritodynamia rathbunae</i>					●	●			VU	
			<i>Austruca lactea</i>	●	●						VU	VU	
	<i>Tubeuca arcuata</i>			●	●					VU	VU		
	Pinnotheroidea	Pinnotheridae	<i>Arcotheres sinensis</i>	●									
			<i>Indopinnixa haematosticta</i>							●	NT	VU	
			<i>Pinnixa balanoglossana</i>							●	VU	EN	
	<b>Total species</b>				<b>33</b>	<b>26</b>	<b>23</b>	<b>25</b>	<b>14</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>24</b>	
	<b>Endangered species</b>				<b>13</b>	<b>13</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>6</b>			
	<b>No. of endangered species / Total species</b>				<b>0.39</b>	<b>0.50</b>	<b>0.43</b>	<b>0.28</b>	<b>0.21</b>	<b>0.30</b>			

\*1: Red List indicates endangered species in "the Red List 2020 in the Ministry of the Environment" and "Red List of threatened marine species in the Ministry of the Environment" (Ministry of the Environment 2017, 2020).

\*2: Benthos RDB indicates endangered species in the Japanese Association of Benthology (2012). VU: Vulnerable, NT: Near Threatened.

したことから (Yuhara et al. 2021), 同期間での出現状況を比較するため, 江奈湾 (Ea, Eb) も 2014~2018 年の 5 年間のデータを抽出した (金谷ら 2023a). 盤洲干潟 (BZ) も同様に環境省モニタリングサイト 1000 沿岸域調査 (干潟調査) の Web サイト ([https://www.biodic.go.jp/moni1000/findings/data/index\\_file\\_tidalflats.html](https://www.biodic.go.jp/moni1000/findings/data/index_file_tidalflats.html)) よりデータをダウンロードし, 2014~2018 年の結果を抽出した. ゆかし潟 (YKS) は同期間の調査記録が無かったので, 特定非営利活動法人 OWS が 2020 年と 2021 年に実施した調査で得られた在・不在データを使用した (和田ら 2022). ゆかし潟, 江奈湾, 盤洲干潟の調査は著者らのほとんどが参画していることから, 調査精度の一定性が担保しうると考えられる.

### 海面水温と冬季気温

南方種カニ類の出現状況は, 海面水温や越冬の可否に関して冬季気温にも影響を受けると思われる. そこで各地域の海面水温と冬季気温情報を公開データベースより入手し, その結果を整理した (Table ES3). 海面水温は気象庁 Web サイト内の「日本沿岸域の海面水温情報 (<https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/data/db/kaikyo/series/engan/engan.html>)」より取得した. ここでは直近の過去 5 年間 (2018~2022 年) の毎月の平均海面水温を取得できる. 本調査地点近傍の地域として, ゆかし潟 (YKS) は「和歌山県南部沿岸 (熊野灘側)」、伊豆半島南端部 (青野川 AON, 大賀茂川 OGM) は「伊豆諸島北部沿岸」、江奈湾 (Ea, Eb) は「相模湾」のデータを使用した. これらのデータより「5 年間平均海面水温」を取得した. またその中から 7, 8 月の 5 年間平均海面水温を「夏季海面水温」、1, 2 月の 5 年間平均海面水温を「冬季海面水温」とした. 盤洲干潟 (BZ) は, 海上保安庁第三管区海上保安本部の Web サイト内の「海洋情報部海況情報東京湾環境保全調査 ([https://www1.kaiho.mlit.go.jp/KAN3/kaisyo/tokyo\\_kankyo/tokyo\\_menu.htm](https://www1.kaiho.mlit.go.jp/KAN3/kaisyo/tokyo_kankyo/tokyo_menu.htm))」より 2016 年度から 2020 年度のデータを取得した. 2016 年度は毎月, 2017 年度は 3 月を除く毎月, 2018 年度は 4, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 1, 2 月, 2019 年度は 5, 8, 11, 2 月, 2020 年度は 5, 8, 10, 1 月の盤洲干潟近傍の測点 (St.5) で得られた海面水温データを使用した. 本来ならば, 気象庁とデータ取得期間を一致すべきであるが, 東京湾環境保全調査は 2021 年度で観測が終了し, かつ 2021 年度は 7, 8 月の夏季の観測が無く「夏季海面水温」が得られないので, 2020 年度までの 5 年間を使用した. 気象庁データと同様に, 「5 年間平均海面水温」、7, 8 月の平均値, 7 月あるいは 8 月の海面水温を「夏季平均海面水温」、1, 2 月の平均値, 1 月あるいは 2 月の海面水温を「冬季平均海面水温」とした. また冬季気温情報は気象庁 Web サイト「過去の気象データ (<https://www.data.jma.go.jp/stats/etm/index.php>)」より, 調査期間と同じ 2014~2018 年の 5 年間の 1, 2 月の気温を使用し, 「冬季平均気温」とした. 使用した測点はそれぞれ調査地域の近傍で, ゆかし潟は「新宮」、伊豆半

島南端は「石廊崎」、江奈湾は「三浦」、盤洲干潟は「木更津」のデータを使用した.

### 統計解析

調査地点別の在・不在データについて野村・シンプソン指数 Nomura-Simpson' coefficient: NSC (野村 1940, Simpson 1943) を用いて, 下記の式により非類似度行列を求めた.

$$NSC = c/b : a \text{ および } b \text{ は両地域の種数 (ここで } a \geq b), \\ c \text{ はその共通種}$$

本研究は, 調査努力量はほぼ一定とみなされたが, 各調査地域では複数調査地点を設置しているため調査面積は必ずしも同一でない. 木元・武田 (1989) によると, Jaccard 指数や Sorensen 指数などの共通種数系指数は総種数と共通種数により類似度を計算するために, まれな種の方が群集内で優占する種に対し過大評価をされる. また比較する面積が同一でなく種数が相違する場合は, 類似度が低くなる性質がある. 野村・シンプソン指数は, 比較する両地域の面積が同一でない場合, 両地域の種数が少ない方を分母とする計算式なので, 共通種数が重視され, 優れているとされる. 以上により, 本研究でのカニ類相の広域比較解析には上記の指数を使用した.

得られた非類似度行列より階層クラスタリングを実施した. 階層クラスタリングは探索的手法であり (齋藤・宿久 2006), 最適なクラスタリングモデルを導くため, 5 つのクラスタリングアルゴリズム (単連結法, 完全連結法, UPGMA 法, WPGMA 法, Ward 法) のそれぞれを実行した. それぞれのアルゴリズムで示された dendrogram 内の各サンプル (本解析においては地点) 間の距離をコーフェン距離とし, その距離行列であるコーフェン行列と本来の非類似度行列の相関 (コーフェン相関), および本来の非類似度行列とコーフェン距離の平方和 (Gower 距離) を求めた (Table ES4). コーフェン相関が最も高いほど, また Gower 距離が最も低いほど, 最適なクラスタリングモデルとされる (Borcard et al. 2018). UPGMA 法を用いたクラスタリングのコーフェン相関が最も高く ( $r=0.9411$ ), Gower 距離に関しては最も低かったことから (Gower distance=0.0391), このアルゴリズムを採用した.

解析において, 最適なクラスター数や分割された各クラスターの妥当性を評価するために, シルエット幅を求めた (Rousseeuw 1987). 最初に, あるクラスターに属するサンプル (本解析においては地点)  $x^{(i)}$  と当該クラスター内の他サンプルとの間の平均非類似度  $a^{(i)}$  を算出した. 次にそのクラスターに最も近い別のクラスターを構成するサンプルと  $x^{(i)}$  との間の平均非類似度  $b^{(i)}$  を算出した.  $a^{(i)}$  と  $b^{(i)}$  のうち, 大きい方の値で  $b^{(i)} - a^{(i)}$  を除し, サンプル  $x^{(i)}$  のシルエット幅  $S^{(i)}$  を算出した.

$$S^{(i)} = [b^{(i)} - a^{(i)}] / \max[a^{(i)}, b^{(i)}]$$

シルエット幅は-1~1の範囲を示し、1に近いほど最適なクラスタリングとされる。

次に、各サンプルのシルエット幅から、(1) 各クラスター内の平均シルエット幅 (各クラスターの妥当性を示す) と (2) 全サンプルの平均シルエット幅を算出した。ここで、全サンプルの平均シルエット幅は定義されたクラスター数によって変化するので、各クラスター数 (本研究では2~6) について平均シルエット幅を比較し、最も1に近い値を示したクラスター数を最適なクラスタリングと判断した。

次に、指標種分析 (IndVal 法; Dufrêne & Legendre 1997) を行い、各クラスターの指標種を選定した。指標種分析の IndVal 値  $ij$  は、特異性と忠実性の積で算出される。特異性は、対象となるクラスター  $j$  内の種  $i$  の平均出現種数を、他のクラスター群での平均出現種数と比較することで示される。忠実性は、あるクラスター内で種  $i$  が存在するサイトの割合で示される。その統計的な有意性は 9999 回の並べ替え検定を行い評価した。IndVal 値は 0~1 の範囲をとり、0 ではある種が対象となるクラスターに存在せず、1 ではその種がそのクラスターのみが存在することを示す。すべての統計解析には解析ソフト R ver.3.6.3 (R Core Team 2019) を使用し、クラスター解析には *vegan*, *cluster*, *proxy*, 指標種分析には *labdsv* のパッケージを使用した。

## 結 果

### 青野川・大賀茂川におけるカニ類の生息状況

伊豆半島南端部の河口域 (青野川・大賀茂川) で 2014~2018 年に実施されたカニ類相の調査において、潮間帯に生息するトラコトレマータ亜群のカニ類は 26 種確認され、そのうち希少種は 14 種であった (Table 1, Table ES2)。高頻度に出現した種は、フタバカクガニ *Parasesarma bidens*, アシハラガニ *Helice tridens*, ケフサイソガニ *Hemigrapsus penicillatus*, チゴガニ *Ilyoplax pusilla* の 4 種であった。以上の 4 種は青野川・大賀茂川の両河川の複数地点、複数年にわたって安定的に出現していた。

青野川では、A1~A3 の 3 地点で計 25 種のカニ類が確認され、希少種は 13 種であった (Table 1)。青野川河口域全般での高頻度出現種は、フタバカクガニ、アシハラガニ、ケフサイソガニ、タイワンヒライソモドキ *Ptychognathus ishii*, チゴガニの 5 種であった。河口部に最も近いメヒルギ・ハマボウ群落を伴う A1 地点では 18 種が出現し、高頻度出現種はアカテガニ *Chiromantes haematocheir*, フジテガニ、フタバカクガニ、カクベンケイガニ *Parasesarma pictum*, ユビアカベンケイガニ *Parasesarma tripectinis*, ハマガニ *Chasmagnathus convexus*, アシハラガニ、ケフサイソガニの 8 種で、いずれも表在性で移動性の高いイワガニ上科であった。河口部から少し離れた、ヨシ原を伴う砂泥干潟 A2 地点では 17 種が出現し、高頻度出現種は、表在性で移動性の高いフタバカクガニ、アシハラガニ、転石

下に生息するケフサイソガニ、タイワンヒライソモドキのイワガニ上科 4 種、および干潟内に巣穴を形成するチゴガニ、コメツキガニ *Scopimera globosa*, ハクセンシオマネキ *Austruca lactea* のスナガニ上科も 3 種も含まれ、計 7 種であった。河口部から最も離れた、ヨシ原を伴う砂礫帯の A3 地点では 17 種が確認され、高頻度出現種はクロベンケイガニ *Orisarma dehaani*, フタバカクガニ、ハマガニ、アシハラガニ、ケフサイソガニ、タカノケフサイソガニ *Hemigrapsus takanoi*, ヒメヒライソモドキ、タイワンヒライソモドキ、カワスナガニ *Deiratonotus japonicus*, チゴガニの 10 種であった。

大賀茂川では、O1・O2 の 2 地点で計 22 種のカニ類が確認され、希少種は 10 種であった (Table 1)。大賀茂川河口域全体での高頻度出現種は、アカテガニ、アシハラガニ、チゴガニの 3 種であった。河口部に近いハマボウ群落に囲まれた O1 地点では 19 種が確認され、高頻度出現種はアカテガニ、クロベンケイガニ、フタバカクガニ、カクベンケイガニ、モクズガニ *Eriocheir japonica*, アシハラガニ、ケフサイソガニ、トゲアシヒライソガニモドキ *Parapyxidognathus deianira*, チゴガニの 9 種であり、チゴガニ以外はすべてイワガニ上科であった。河口部から離れた、塩性湿地を伴う砂泥干潟である O2 地点では 13 種が確認され、高頻度出現種はアカテガニ、アシハラガニ、チゴガニ、ヤマトオサガニ *Macrophthalmus japonicus* の 4 種であった。

### 広域的な比較解析

広域的な比較解析の結果、カニ類の出現種数はゆかし潟 (YKS) では 32 種、青野川 (AON) では 25 種、大賀茂川 (OGM) では 22 種、江奈湾の Ea では 24 種、Eb では 13 種、盤洲干潟 (BZ) では 19 種であった (Table 2)。平均海面水温はゆかし潟 (YKS) で 22.4°C、伊豆半島南端部 (AON, OGM) で 22.1°C、江奈湾 (Ea, Eb) で 20.8°C、盤洲干潟で 19.3°C であった。夏季海面水温と冬季海面水温は、それぞれゆかし潟 (YKS) で 27.3°C および 18.3°C、伊豆半島南端 (AON, OGM) で 26.8°C および 17.7°C、江奈湾 (Ea, Eb) で 25.9°C および 16.2°C、盤洲干潟で 26.9°C および 10.8°C であった。冬季気温はゆかし潟 (YKS) で 8.1°C、伊豆半島南端 (AON, OGM) で 8.3°C、江奈湾 (Ea, Eb) で 6.8°C、盤洲干潟で 5.9°C であった (Table ES3)。

UPGMA 法によるクラスター解析によってカニ類相の比較を行った。同解析において、各クラスター数 (2~6) において、それぞれ全サンプルの平均シルエット幅を算出した。その結果、クラスター数 3 での平均シルエット幅が 0.67 と、他のクラスター数の平均シルエット幅より高かったため、本研究ではクラスター数 3 を最適なクラスター数として採用した (Fig. ES1)。デンドログラム上では、野村・シンプソン指数の非類似度 20% で 3 つのサブクラスター (Cluster 1~3) が形成された (Fig. 3)。Cluster 1 はゆかし潟



**Fig. 3.** Cluster tree and silhouette plot. Average agglomerative (UPGMA) hierarchical cluster analysis was conducted using Nomura-Simpson index based on presence/absence data of brachyuran crabs recorded from six sites (Yukashi Lagoon (YKS), Aono River (AON), Ogamo River (OGM), Ena Bay (Ea or Eb), and Banzu tidal flat (BZ)). Silhouette information was computed for cluster interpretation and validation. The highest average silhouette classification score (0.67) was achieved by a three-groups solution.

**Table 3.** List of indicator species in the indicator species analysis with their IndVal percentage and *p*-value. Only crab species with *p*<0.05 are shown.

Species name	Cluster	IndVal	<i>p</i> value
<i>Parapyxidognathus deianira</i>	1	1	0.0482*
<i>Pseudohelice subquadrata</i>	1	1	0.0487*
<i>Ptychognathus capillidigitatus</i>	1	1	0.0471*
<i>Ptychognathus ishii</i>	1	1	0.0471*
<i>Deiratonotus japonicus</i>	1	1	0.0477*

\* *p*<0.05.

(YKS), 青野川 (AON), 大賀茂川 (OGM) の3地点で平均シルエット幅が0.68を示し、比較的良くクラスタリングされていた。Cluster 2は江奈湾の2地点 (Ea, Eb) で、EbはEaに包含されており、野村・シンプソン指数の計算式より非類似度0となり、同一の群集構造と評価された。平均シルエット幅もそれに伴い1.00と完全にクラスタリングされていると評価された。Cluster 3は東京湾の盤洲干潟 (BZ) のみで、シルエット幅はこのクラスター内のサンプルが1つなので0とした (Rousseeuw 1987)。

指標種分析 (IndVal法) では、Cluster 1で5種がクラスターを代表する指標種とされ (*p*<0.05)、その内訳はモクズガニ科のトゲアシヒライソガニモドキ、ミナミアシハラガニ、ヒメヒライソモドキ、タイワンヒライソモドキおよびムツハアリアケガニ科のカワスナガニであった (Table 3)。指標種分析に加えて、クラスター内の調査地すべてで出現し、かつ他のクラスターには出現していない種を整理したところ (Table ES5)、Cluster 1ではハシリイワガニモドキ *Metopograpsus thukuhar*、ユビアカベンケイガニ、トゲアシヒライソガニモドキ、ミナミアシハラガ

ニ、ヒメヒライソモドキ、タイワンヒライソモドキ、カワスナガニの7種で、指標種分析とほぼ同じ種であった。Cluster 2ではアカイソガニ *Cyclograpsus intermedius*、ヒライソガニ *Gaetice depressus*、オオヨコナガピンノ *Tritodynamia rathbunae* の3種、Cluster 3ではウモレベンケイガニ、クシテガニ、ヒメアシハラガニ *Helicana japonica*、スネナガイソガニ *Hemigrapsus longitarsis*、トリウミアカイソモドキ *Sestrostoma toriumii*、オサガニ *Macrophthalmus abbreviatus*、アカホシマメガニ *Indopinnixa haematosticta*、ギボシマメガニ *Pinnixa balanoglossana* の8種であった。

## 考 察

伊豆半島南端部のカニ類相を複数年にわたり調査した結果、青野川では、フタバカクガニ、アシハラガニ、ケフサイソガニ、タイワンヒライソモドキ、チゴガニ、大賀茂川ではアカテガニ、アシハラガニ、チゴガニが高頻度 (出現率 $\geq 70\%$ ) で出現していた。上記のカニ類はフタバカクガニおよびタイワンヒライソモドキを除き、東日本から西日本まで広域に出現する普通種とされている (飯島・和田 2007; 北海道から沖縄までの157干潟で行われた分布調査)。例えば、ケフサイソガニは北海道から沖縄、アシハラガニ、アカテガニは本州から九州、チゴガニは仙台湾から沖縄に分布している (三浦 2008, 渡部 2014)。一方、フタバカクガニとタイワンヒライソモドキは、主たる分布域が近畿地方 (紀伊半島) から沖縄とされてきたが (飯島・和田 2007)、今回の調査によって両種が伊豆半島南端部において高頻度で出現し、調査期間中に安定して生息していたことが明らかになった。

伊豆半島南端部のカニ類相の特徴として、希少種が多いことが挙げられる。青野川では25種中13種(52%)、大賀茂川では22種中10種(45%)が希少種であったが、ゆかし潟では32種中13種(41%)、江奈湾A地点では24種中7種(29%)、江奈湾B地点では13種中3種(23%)、盤洲干潟では19種中6種(32%)であった(Table 2)。指標種分析において伊豆半島南端部を特徴付けた5種のカニ類は、すべて希少種であり、これら以外の希少種として、フジテガニ、ユビアカベンケイガニ、ハマガニ、ハクセンシオマネキが高頻度に出現していた。上記のカニ類はハマガニを除いて南方種とされ、かつ黒潮流域沿岸自治体のレッドリストなどで絶滅危惧種や準絶滅危惧種などに指定されている場合が多い(徳島県2013, 鹿児島県2015, 高知県2017, 宮崎県2020, 和歌山県2022)。また、台湾ヒライソモドキにおいて、伊豆半島南端部の集団は和歌山県、高知県および熊本県と遺伝的構造が共通していることが明らかになっている(川根・和田2015)。これらのことは、伊豆半島南端部の河川河口域が黒潮上流域の集団から供給される希少種を含むカニ類の浮遊幼生の着底場として機能していることを示唆している。

伊豆半島南端部の指標種とされたヒメヒライソモドキ、台湾ヒライソモドキ、カワスナガニはいずれも淡水の影響が強い河口域上流部の砂礫帯、転石帯を伴う干潟に生息し(Fukui & Wada 1986)、トゲアシヒライソガニモドキは淡水影響が強い河口域の転石帯に付着したカキ殻内(三浦2008, 日本ベントス学会2012, Koyama & Onikura 2018, 豊田ら2019)、ミナミアシハラガニは塩性湿地やマングローブ林近傍の転石下に生息する(三浦2008, 日本ベントス学会2012, 豊田ら2019)。フジテガニは塩性湿地内の転石帯(Yuhara & Yokooka 2019)、ユビアカベンケイガニやハマガニは塩性湿地上部(日本ベントス学会2012)、ハクセンシオマネキはやや礫混じりの堅い砂泥質干潟に生息している(日本ベントス学会2012)。青野川・大賀茂川河口部には希少なカニ類の生息場となりうる砂泥干潟、転石帯、砂礫帯、塩性湿地、ハマボウ群落、メヒルギ群落などの多様な微環境が存在している。一方、このような微細生息場を含む河口域は、伊勢・三河湾および浜名湖以東の遠州灘・駿河湾域においては、伊豆半島南端部以外では極めて少ない(伊藤2014)。黒潮流軸近傍に位置する伊豆半島南端部は、希少な南方種を含めた干潟性カニ類が海流によって分散する際に「飛び石」として機能する生息場を提供していると考えられる。

伊豆半島南端部のカニ類相は広域的な比較を行った結果、約300 km西側に離れた紀伊半島南端部のゆかし潟と類似していたが、三浦半島の江奈湾とは異なっていた。江奈湾ではトゲアシヒライソガニモドキ、ミナミアシハラガニ、ヒメヒライソモドキ、台湾ヒライソモドキ、カワスナガニが出現しなかった。これらのカニ類は、ミナミアシハラガニを除き、先述したように淡水の影響が強い

河口域上流部の砂礫帯、転石帯を生息場としている。江奈湾では、江奈川からの少量の淡水流入があるものの、干潟に泥分が堆積し転石帯が小規模であることが、上記カニ類が不在の理由の1つである可能性がある。

ハビタット構造の違いと合わせて、温度環境の違いも伊豆半島と江奈湾以東でカニ類相の違いをもたらした要因の1つと考えられる。伊豆半島南端部の平均海面水温は22.1°Cであり、黒潮流軸上流ゆかし潟の22.4°Cと比較して0.3°C低い(Table ES3)。一方、黒潮流軸下流域の江奈湾では平均海面水温が20.8°Cであり、伊豆半島南端部と比較してさらに1.3°C低い。冬季平均海面水温では、ゆかし潟が18.3°C、伊豆半島南端部が17.7°Cであり、江奈湾では16.2°Cと伊豆半島南端部と比較して1.5°C低い。伊豆半島南端部で高頻度出現種である南方種のフタバカクガニは、江奈湾では生息自体は確認できるものの出現頻度が非常に低い(柚原2015, 金谷ら2023a)。伊豆半島南端部が北限であった南方種カニ類のフジテガニ、ミナミアシハラガニ、ハクセンシオマネキについては、生息場となりうる転石帯、塩性湿地を伴う転石帯、堅い砂泥質干潟などの微環境は江奈湾にも存在している。ハクセンシオマネキは江奈湾で1999年に一度確認されているが(工藤・山田2000)、以後の確認は無く、無効分散による偶来の可能性が高い。江奈湾周辺では冬季平均気温が6.8°Cであったが、ゆかし潟では8.1°C、伊豆半島南端では8.3°Cと高かった(Table ES3)。三浦半島の江奈湾周辺では冬季平均気温や平均海面水温が伊豆半島以西と比較して低いことから、これらが幼生の生残率に影響していると考えられる。また、紀伊半島周辺の南方種スナガニ類では、黒潮流路の変動に伴いプランクトン幼生供給量が減少し、生息個体数に影響を及ぼすことも指摘されているため(野元ら2020)、南方種カニ類の存否に関しては温度条件以外も考慮に入れる必要があろう。

盤洲干潟は黒潮流軸最下流部の東京湾内湾に位置するが、そのカニ類相はゆかし潟・伊豆半島南端部および三浦半島南端部の江奈湾のいずれとも異なっていた。盤洲干潟のクラスター(Cluster 3)を中心に出現したカニ類は(Table ES5)、閉鎖的な内湾部で塩性湿地を伴う泥干潟を生息適地とするウモレベンケイガニ、クシテガニ、ヒメアシハラガニ、および干潟埋在ベントスと共生するトリウミアカイソモドキ、アカホシマメガニ、ギボシマメガニであった(日本ベントス学会2012)。東京湾や伊勢湾などの内湾部では、外洋に面した干潟とは異なる独自のベントス群集が成立していることが知られている(金谷ら2023a)。盤洲干潟は閉鎖的な内湾に位置しており、ハビタットも塩性湿地を伴う泥干潟や砂干潟が中心であり、砂礫帯はほとんど存在しないため、太平洋に面した伊豆半島南端部、江奈湾とはカニ類相が異なると考えられる。

本研究により、伊豆半島南端部のカニ類相は紀伊半島南端部と類似し、南方種カニ類にとって「飛び石」的な

生息場として機能していることが示唆された。また青野川・大賀茂川は、淡水影響を受ける河口部に干潟や塩性湿地を伴う砂礫帯や転石帯が存在しており、そのような環境を好むタイワンヒライソモドキのような南方種カニ類が安定的に生息していることが分かった。江奈湾では、ここ数年間に南方種カニ類の新規出現が報告されており、2021年にタイワンヒライソモドキ、ミナミアシハラガニ、2022年にはフジテガニが確認された（鈴木ら 2023, 多留ら投稿準備中）。現在のところいずれも個体数は少なく、その出現は偶発的である可能性が高いが、江奈湾には上記カニ類が好む転石帯などの微環境が存在し、近年の気候変動に伴う温度上昇傾向から（吉田ら 2020, 気象庁 2023）、今後は恒常的にみられることもありうるだろう。

房総半島（犬吠埼以南）が分布北限であったカニ類についても、ベンケイガニ *Orisarma intermedium* が宮城県の北上川河口で（柚原ら 2021）、カクベンケイガニが福島県鮫川（金谷ら 2019）、宮城県津谷川（鈴木 2019）で、ツノメガニ *Ocypode ceratophthalmus* およびナンヨウスナガニ *Ocypode sinensis* が宮城県沿岸で確認されるなど（若林 2019, Yuhara et al. 2023）、東北地方太平洋側沿岸域への分布北進の報告がされている。野元ら（2020）は高知県で行われた真野ら（2008）のスナガニ類の調査結果から、黒潮沿岸域におけるツノメガニの新規着底個体は繁殖期の早い南方の個体群からの幼生供給によってスナガニより約1ヶ月程度早く出現し、結果、先に成長したツノメガニがスナガニ新規着底個体に対する捕食者として強い影響を与える可能性を指摘している。半陸生カニ類の広域分布パターンの変動については、将来的な気候変動による影響も懸念されており、黒潮流軸の伊豆半島から房総半島、さらには東北地方までの海域で今後もカニ類相について注意深くモニタリングしていくことが必要と考えられる。モニタリングに際しては、無効分散かどうかの判定、すなわち密度の経年変化、繁殖の有無など個体群の安定性の観点からも評価することが重要であろう。

**謝辞**：本研究の一部は、リコー社会貢献クラブ・FreeWillによる援助を受けた。また静岡県立下田高等学校、静岡県下田土木事務所には、調査の便宜を払って頂いた。また、2名の匿名査読者と担当編集委員の伊谷行博士には大変有益なご意見を頂いた。以上を記して謝意を表します。

**Electronic supplementary material:** The online version of this article (doi: 10.5179/benthos.78.73) contains supplementary material: Tables ES1–ES5, Figure ES1

## 引用文献

Borcard D, Gillet F, Legendre P 2018. *Numerical Ecology with R. Second Edition*. Springer, Cham, xv+435 pp.  
 Davie PJF, Guinot D, Ng PKL 2015. Systematics and classification of Brachyura. In: *Treatise on Zoology—Anatomy, Taxonomy, Biology*.

*The Crustacea. Vol. 9 Part C-II. Decapoda: Brachyura (Part 2)*, Castro P, Davie PJF, Guinot D, Schram FR, Vaupel Klein JC von (eds.), Brill, Leiden, pp. 1049–1130.  
 Dufrène M, Legendre P 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs* 67: 345–366.  
 Eckert CG, Samis KE, Lougheed SC 2008. Genetic variation across species' geographical ranges: the central—marginal hypothesis and beyond. *Molecular Ecology* 17: 1170–1188.  
 Fukui Y, Wada K 1986. Distribution and reproduction of four intertidal crabs (Crustacea, Brachyura) in the Tonda River Estuary, Japan. *Marine Ecology Progress Series* 30: 229–241.  
 Gaston K 2009. Geographic range limits: achieving synthesis. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 276: 1395–1406.  
 堀越増興 1962. 日本列島周辺の浅海系海域における底棲生物の海洋生物地理—特に沿岸水海域と暖帯 (warm temperate zone) について—。第四紀研究 2: 117–124.  
 飯島明子・和田恵次 2007. 干潟底生生物の地理的な特徴。飯島明子（編）、第7回自然環境保全基礎調査浅海域生態系調査（干潟調査）報告書、環境省自然環境局生物多様性センター、富士吉田, pp. 127–144.  
 飯島康弘・林 豊 1999. 南伊豆マングローブ（メヒルギ）の調査結果。 *Macro Review* 11: 49–56.  
 乾 直人・山川宇宙・碧木健人・是枝伶旺 2021. 2019年9月以降に相模湾およびその周辺地域から採集された注目すべきカニ類7種。 *神奈川自然誌資料* 42: 135–141.  
 乾 直人・山川宇宙・丸山智朗・加藤悠也・酒井 卓・佐藤武宏 2019. 相模湾およびその周辺地域の河川から採集された注目すべきカニ類11種。 *神奈川県立博物館研究報告（自然科学）* 48: 43–54.  
 伊藤 円 2014. 静岡県内におけるシオマネキ類の分布について。 *日本ベントス学会誌* 69: 76–84.  
 伊藤寿茂 2020. 伊豆半島南東部で確認されたミナミアシハラガニ *Pseudohelice subquadrata* (Dana, 1851). *Cancer* 29: 49–52.  
 鹿児島県 2015. 鹿児島県の絶滅のおそれのある野生動物について。 [http://www.pref.kagoshima.jp/ad04/kurashi-kankyo-kankyo/yasei/reddata/documents/53565\\_20211029173904-1.pdf](http://www.pref.kagoshima.jp/ad04/kurashi-kankyo-kankyo/yasei/reddata/documents/53565_20211029173904-1.pdf) (accessed on 11 September 2023)  
 金谷 弦・伊藤 萌・木村妙子・青木美鈴・柚原 剛・多留聖典・海上智央・横岡博之・坂田直彦・古賀庸憲・榎本輝樹・森敬介・鈴木孝男・占部城太郎・横山耕作（2023）三陸から八代海までの27干潟で実施された市民調査データに基づく干潟ベントス群集構造の空間変動解析。 *日本ベントス学会誌* 78: 61–72.  
 金谷 弦・多留聖典・柚原 剛・海上智央・三浦 収・中井 静子・伊藤 萌・鈴木孝男 2019. 福島県いわき市鮫川干潟における大型底生動物の多様性—東日本大震災後の状況と復旧工事による影響—。 *日本ベントス学会誌* 73: 84–101.  
 金谷 弦・柚原 剛・青木優和・横山耕作 2023b. 三浦半島江奈湾の潮間帯における生息場の特徴と近年における環境変化。 *日本ベントス学会誌* 78: 42–49.  
 環境省 2017. 【甲殻類】海洋生物レッドリスト（2017）。 <https://www.env.go.jp/content/000037629.pdf> (accessed on 3 September 2023)  
 環境省 2020. 環境省レッドリスト 2020。 <https://www.env.go.jp/content/900515981.pdf> (accessed on 3 September 2023)  
 環境省自然環境局生物多様性センター 2019. モニタリングサイト1000沿岸域調査（磯・干潟・アマモ場・藻場）2008–2016年度とりまとめ報告書、環境省自然環境局生物多様性センター、富士吉田, 26+257 pp.  
 川根昌子・和田恵次 2015. 汽水性希少カニ類タイワンヒライソモドキ *Ptychognathus ishii* Sakai, 1939（モクズガニ科）の日本沿

- 岸における遺伝的集団構造. 日本ベントス学会誌 70: 13-20.
- 気象庁 2023. 気候変動監視レポート 2022, 気象庁, 東京, 109 pp.
- 木元新作・武田博清 1989. 群集生態学入門, 共立出版, 東京, 198 pp.
- Kobayashi G, Itoh H, Nakajima N 2023. Molecular phylogeny of thoracotreme crabs including nine newly determined mitochondrial genomes. *Zoological Science* 40: 224-234.
- 高知県 2017. 高知県レッドリスト (動物編) 2017 改訂版. [https://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/030701/files/2018092600150/file\\_20189274115925\\_1.pdf](https://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/030701/files/2018092600150/file_20189274115925_1.pdf) (accessed on 11 September 2023)
- Koshimizu T 1938. On the "Crinum Line" in the flora of Japan. *Botanical Magazine, Tokyo* 2: 135-139.
- Koyama A, Onikura N 2018. First record of the varunid crab *Parapyxidognathus deianira* from the coast of the Sea of Japan. *Biogeography* 20: 133-136.
- 工藤孝浩・山田陽治 2000. 三浦半島, 江奈湾干潟におけるハクセンシオマネキの出現. 神奈川自然誌資料 21: 69-72.
- 真野 泉・堂浦 旭・大森浩二・柳沢康信 2008. 四国太平洋岸に共存するスナガニ属 3 種の季節的な分布パターンおよび食性. 日本ベントス学会誌 63: 2-10.
- 榎田信彌 1999. 静岡県南伊豆町青野川のマングローブ植林について. *Macro Review* 11: 63-70.
- 三浦知之 2008. 干潟の生きもの図鑑, 南方新社, 鹿児島, 197 pp.
- 宮崎県 2022. 宮崎県レッドリスト (2020 年度改訂). [https://www.pref.miyazaki.lg.jp/documents/9795/9795\\_20221118092204-1.pdf](https://www.pref.miyazaki.lg.jp/documents/9795/9795_20221118092204-1.pdf) (accessed on 11 September 2023)
- Ng PKL, Guinot D, Davie PJF 2008. Systema Brachyurorum: part I. An annotated checklist of extant brachyuran crabs of the world. *Raffles Bulletin of Zoology Supplement* 17: 1-296.
- 日本ベントス学会 2012. 干潟の絶滅危惧動物図鑑—海岸ベントスのレッドデータブック, 東海大学出版会, 秦野, xvii+285 pp.
- 野元彰人・渡部哲也・徳丸直輝・酒井 卓・石村理知・香田 唯・和田恵次 2020. 近畿地方における砂浜性スナガニ属 4 種の 18 年間にわたる分布の変容: 2002 年・2010 年・2019 年の比較. 地域自然史と保全 42: 45-59.
- 野村健一 1940. 昆虫相比較の方法, 特に相関法の提唱について. 九州帝国大学農学部学芸雑誌 9: 235-262.
- Ohgaki SI 2011. A regional biogeography of shore molluscs: influence of the Kuroshio Current and the two capes. *Zoological Science* 28: 268-275.
- R Core Team (2019). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>. (accessed on 21 September 2023)
- Rousseeuw PJ 1987. Silhouettes: a graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis. *Journal of Computational and Applied Mathematics* 20: 53-65.
- 齋藤堯幸・宿久 洋 2006. 関連性データの解析法—多次元尺度構成法とクラスター分析法, 共立出版, 東京, 234 pp.
- Saura S, Bodin Ö, Fortin MJ 2014. Stepping stones are crucial for species' long-distance dispersal and range expansion through habitat networks. *Journal of Applied Ecology* 51: 171-182.
- 清水利厚 2001. 千葉県のカニ類相. 千葉県水産試験場研究報告 57: 1-159.
- Simpson GG. 1943 Mammals and the nature of continents. *American Journal of Science* 241: 1-31.
- 鈴木孝男 2019. 津谷川河口での復旧事業と底生動物の多様性. *みちのくベントス* 3: 2-13.
- 鈴木孝男・多留聖典・海上智央・横岡博之・金谷 弦・横山耕作 2023. 三浦半島江奈湾の底生動物相と希少種の出現状況—東京湾から紀伊半島間にある 9ヶ所の干潟との比較. 日本ベントス学会誌 78: 50-60.
- 高倉仁史・駒井智幸 2019. フジテガニ *Clistocoeloma villosum* (A. Milne-Edwards, 1869) (十脚目: 短尾下目: イワガニ上科: ベンケイガニ科) の伊豆半島及び房総半島からの新たな記録. *Cancer* 28: 25-31.
- 田村 満・成田篤彦 2013. 千葉県木更津市小櫃川河口干潟でハクセンシオマネキ *Uca lactea* の雌雄と幼ガニを確認. 千葉生物誌 62: 79.
- 徳島県 2013. 徳島県版レッドリスト (改訂版). <https://www.pref.tokushima.lg.jp/file/attachment/463493.pdf> (accessed on 11 September 2023)
- 豊田幸詞・関 慎太郎・駒井智幸 2019. 日本産淡水性・汽水性エビ・カニ図鑑, 緑書房, 東京, 338 pp.
- Tsang CTT, Schubart CD, Chu KH, Ng PKL, Tsang LM 2022. Thoracotremata crabs (Decapoda, Brachyura): toward adopting monophyletic superfamilies, invasion history into terrestrial habitats and multiple origins of symbiosis. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 177: 107596
- 和田恵次・横山耕作・多留聖典・海上智央・横岡博之 2022. ゆかし潟 (和歌山県那智勝浦町) の大型底生動物相. 南紀生物 64: 26-31.
- 若林郁夫 2019. 東北および北関東の太平洋岸におけるスナガニ類の生息記録. *Cancer* 28: 37-41.
- 和歌山県 2022. 和歌山県レッドリスト 2022. [https://www.pref.wakayama.lg.jp/prefg/032000/032500/yasei/reddata\\_d/fil/RL2022\\_sonotamusekitsui.pdf](https://www.pref.wakayama.lg.jp/prefg/032000/032500/yasei/reddata_d/fil/RL2022_sonotamusekitsui.pdf) (accessed on 11 September 2023)
- 横岡博之・柚原 剛・田頭亮臣 2015. ヒメヒライソモドキの静岡県における生息地の記録. *Cancer* 24: 39-45.
- 吉田久美・北村佳照・中野俊也 2020. 日本近海における海面水温の十年規模変動. 海の研究 29: 19-36.
- 柚原 剛 2015. 江奈湾の後背湿地に生息するカニ類たち. *Ebuche* 59: 4-5.
- 柚原 剛・相澤敬吾 2016. 東京湾小櫃川河口干潟で確認されたシオマネキ: 軟甲綱十脚目スナガニ科. 千葉生物誌 65: 52-54.
- Yuhara T, Yokooka H 2019. Life history of the sesarmid crab, *Clistocoeloma villosum*, on the southern coast of the Izu Peninsula, central Japan. *Plankton and Benthos Research* 14: 8-13.
- Yuhara T, Ohtsuki H, Urabe J 2023. A simple method for species identification of the ghost crabs using PCR-RFLP. *Plankton and Benthos Research* 18: 106-109.
- 柚原 剛・内野 敬・鈴木孝男 2021. 北上川河口で確認された絶滅危惧種ベンケイガニ. *みちのくベントス* 5: 7-9.
- Yuhara T, Yokooka H, Kanaya G, Tanaka M, Unagami T, Yokoyama K, Taru M 2021. Importance of two river mouths in the southern Izu Peninsula of Japan as habitats for endangered macrobenthic species. *Aquatic Animals* AA2021: AA2021-5.
- Yuhara T, Yokooka H, Taru M 2017. Range extension of the sesarmid crab *Clistocoeloma villosum* along the eastern Pacific coast of the Izu Peninsula, Japan. *Marine Biodiversity Records* 10: 19.