

南伊豆海域におけるイセエビ標識放流 再捕結果の検討—Ⅱ 分散

長谷川雅俊^{*1}・成生正彦^{*2}

イセエビの種苗放流や漁獲管理を進める上である地先海域に分布する群の分散を知ることが重要である。南伊豆海域における標識放流再捕結果をとりまとめ、イセエビの時空間的な動きについて検討した。1973～2004年まで伊豆半島16地先で303群、76,402尾のイセエビの標識放流が行われた(再捕数は6,644尾)。放流群毎に、秋・春漁期区分による再捕地別の再捕数を整理し、放流地での再捕割合や再捕範囲をまとめた。また、群の分散を量的に検討するために分散指数1(DI1)、2(DI2)を提唱した。放流地での再捕割合は2地先を除き53.6～95.6%と高かった。再捕範囲は0～120.6kmであった。伊豆半島先端部では再捕範囲や放流地での再捕割合から、伊豆半島両岸北部の地先と比べ滞留する割合が小さかった。伊豆半島先端部ではDI1から、西への分散傾向が大きかった。時間経過を考慮するとDI2からI令(漁獲制限体長13cm以下)からII令に達する夏季に分散が広がり、それがIII令の秋季まで維持される傾向があった。

キーワード：イセエビ、標識放流、分散、南伊豆海域

イセエビ *Panulirus japonicus* は、日本の黒潮流域に面する沿岸岩礁域における漁業の有用種の一つであり、全国で年間600～1,800トンが漁獲されている¹⁾。イセエビ研究の一環として移動などの生態究明のために標識放流が行われており、それは和歌山県、三重県での研究から始まった²⁾。

著者等は前報²⁾において静岡県水産技術研究所伊豆分場と独立行政法人水産総合研究センター南伊豆栽培漁業センター(現独立行政法人水産総合研究センター増養殖研究所南伊豆庁舎、以下南伊豆栽培漁業センターと記す)により行われたイセエビの標識放流について、放流群ごとの再捕率、再捕日数、移動距離などを報告した。

標識放流調査では、放流群の再捕地の分布からその群の分散について推定することができる。分散の特性を明らかにすることはイセエビの種苗放流の効果が及ぶ範囲や放流適地、漁獲管理施策を適用する漁場範囲を検討する上で有用である。そこで、本報では、前報²⁾と同一の資料を用い、イセエビ放流群が時空間的にどのように広がったかという

観点で再捕結果をとりまとめ、南伊豆海域におけるイセエビの分散について検討した。

材料および方法

1. 標識放流

1973年から2004年までに田子、仁科、岩地、雲見、妻良、中木、石廊崎、大瀬、下流、小稲、田牛、吉佐美、須崎、白浜、稲取、北川の16ヶ所(図1)で行った303群、76,402尾の標識放流²⁾の再捕結果を解析に供した。標識放流されたのは主にプエルルス着底以後I令に相当する体長13cm以下(頭胸甲長45mm以下)の個体で、全体の92%を占めた。放流サイズ、標識方法などの詳細は前報²⁾を参照されたい。

2. 再捕尾数の集計と補正

再捕については関係漁協に報告を依頼して確認した(以下、報告調査と記す)。また、石廊崎において1994年から2002年まで、下流において2001・2002年、妻良において2002年には南伊豆栽培漁業センターの職員がイセエビ水揚

2012年1月10日受理

静岡県水産技術研究所伊豆分場研究報告第153号

本論文の概要は平成22年度日本水産学会春季大会において発表した。

^{*1} 静岡県水産技術研究所資源海洋科

^{*2} 独立行政法人水産総合研究センター増養殖研究所南伊豆庁舎

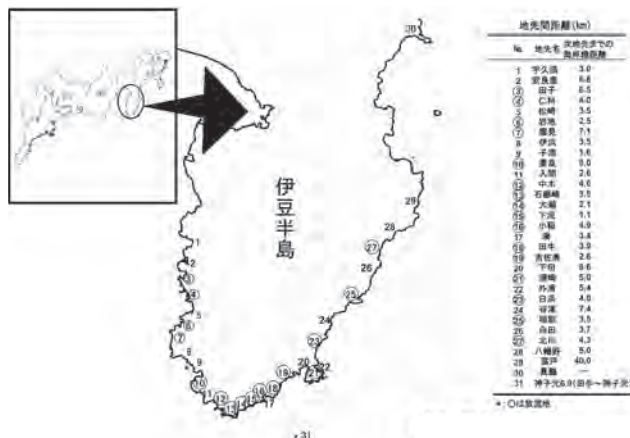


図1 放流試験海域

現場に出向いて再捕個体の調査を行った(以下直接調査と記す)。

報告調査での再捕率には発見率と報告率が影響するが、直接調査では報告率は1.0とみなされるから再捕率には発見率のみが影響する。したがって、直接調査の再捕率は報告調査のそれを超えることが想定されるので、両者の結果を共通に使うために補正を行った。補正には、春に放流した群と秋に放流した群に分けた上で、現地で放流、再捕された尾数のみを使用した。

報告調査と直接調査は実施年度がずれていて、それぞれの群数も違い厳密な比較はし難いが、両者の精度間の関係は常に一定と仮定して、直接調査時に確認された調査地先放流エビの再捕率を報告調査時に確認された調査地先放流エビの再捕率で割り、比を求めた。その比で直接調査の再捕数を除し、補正再捕数として用いた。この補正はその地先放流群のみならず、他地先で放流され直接調査を行った地先で再捕された個体の再捕率にも及ぶので、そのような再捕個体についても補正を行った。

以上のように得た再捕数のデータを放流群ごとに再捕地別に集計し、解析の目的に応じて放流した漁期あるいは再捕した漁期ごとに細分化して取りまとめた。なお、漁期は春漁期(1～5月)と秋漁期(9～12月)の2つに分類した。

3. 分散

分散の解析には、放流群ごとの、再捕地別漁期別の再捕数を用いた。

放流地外への分散の程度を把握するため、放流地ごとに全放流数に対する放流地での再捕数の割合を算出した。

標識エビの分散の方向を示す指標として、放流群ごとに次式により分散指数1(Dispersion Index 1: 以下、DI1とする)を求めた。これは再捕エビの分布の重心に相当する。

$$DI1 = \sum_j d_{ij} x_{ij} / X_i$$

ここで d_{ij} : i 放流群の放流地から各再捕地 j までの距離(km), X_i : i 放流群の全再捕数, x_{ij} : i 放流群の各再捕地 j での再捕

数である。

なお、放流地から海に向かって左側の再捕地までの海岸距離は正の値で、右側の再捕地までの海岸距離は負の値で示した。再捕地毎の漁獲努力量の違いについては補正していない。

また、DI1 の 95% 信頼区間を次式により推定した³⁾。

$$DI1 \pm 1.96\sigma / \sqrt{n}$$

ここで、度数分布表の標準偏差の算出にならない、

$$\sigma = \sqrt{\sum_j \{x_{ij}(d_{ij} - DI1)^2 / X_i\}}$$

とされた。95% 信頼区間に 0 が含まれない場合に、再捕エビの分布の重心が有意に放流地から移動したと判断した。

DI1 では、再捕までの経過時間を考慮していない。そこで、各放流群について再捕地別再捕漁期別に、分散指数2(Dispersion Index 2: 以下、DI2 とする)を次式により算出し、時間経過による再捕範囲の広がりを検討した。

$$DI2_t = \sum_j |d_{ij}| x_{ijt} / X_{it}$$

ここで $|d_{ij}|$: i 放流群の放流地から各再捕地 j までの距離の絶対値(km), X_{it} : i 放流群の t 再捕漁期における全再捕数, x_{ijt} : i 放流群の t 再捕漁期における各再捕地 j での再捕数である。再捕漁期は秋放流を基準とし、放流年の秋再捕から翌年春までの再捕を 0 年目とした。以下、同様に放流翌年の秋再捕から翌々年春までの再捕を 1 年目とした。

DI2 の値により分散の強さ、t+1 期再捕漁期の DI2 と t 期再捕漁期の DI2 の差により前漁期からの分散の変化を知ることができる。DI1 との違いは左右の方向性を考慮していないことである。

結 果

1. 再捕尾数の補正

石廊崎、妻良、下流における放流群の、報告調査と直接調査による再捕結果を表1に示した。

妻良の春群について直接調査は、報告調査の2.5倍の再捕率となり、石廊崎の秋放流については11.9倍、春放流では3.1倍、下流の春放流では3.6倍となった。これを用いて各地先の補正した再捕数を整理した(表2)。

2. 各地放流群の再捕経過

各地の放流群の再捕年次別補正再捕数を表3に示した。32年間に16の地先から、延べ303群、76,402個体が標識放流され、6,644尾(うち164尾は、再捕時、再捕場所が不明)が再捕された²⁾。全体を通しての再捕率は8.7%であり、再捕率の高い地区は、石廊崎17.0%、北川15.0%、下流13.0%であった。

表1 再捕結果の調査方法による差の補正

放流地	放流漁期	調査方法	放流群数	放流年* (年)	放流尾数	再捕 尾数**	再捕率 (%)	比(直接 調査/報 告調査)
妻良	春	報告調査	10	92~01	1,293	84	6.5	
		直接調査	1	02	1,033	166	16.1	2.5
	秋	報告調査	8	77~93	1,663	22	1.3	
石廊崎	春	報告調査	3	94~96	4,600	724	15.7	11.9
		報告調査	10	74~93	1,349	82	6.1	
	秋	報告調査	9	94~02	10,082	1,921	19.1	3.1
下流	春	報告調査	4	74~84	192	6	3.1	
		直接調査	5	01~04	3,272	368	11.2	3.6

*:各年の群は前報²⁾の表3を参照

*:現地で放流、再捕された個体のみ

表2 放流群の再捕地別再捕数の補正例
石廊崎放流群 01S 2001年6月4日放流
放流尾数 1439 個体

補正前の数値											
放流後 漁期	妻良	入間	中木	石廊崎	大瀬	下流	小稲	田牛	八幡野	計	
0 秋											
1 秋	2	4	8	237	15		1	1		268	
2 秋				54						54	
3 秋				8						8	
計	3	6	8	273	15		2	1	1	309	
補正後の数値											
放流後 漁期	妻良	入間	中木	石廊崎	大瀬	下流	小稲	田牛	八幡野	計	
0 秋											
1 秋	2	4	8	76.5 ¹⁾	15		1	1		107	
2 秋	0.4 ²⁾	2		7.7 ¹⁾		0.3 ³⁾				10	
3 秋				2.9 ¹⁾		1.3 ¹⁾				3	
計	2.4	6	8	88.1	15	0.6	1	1	1	123	

+1 石廊崎の補正比3.1(表1参照)

+2 妻良の補正比2.5(表1参照)

+3 下流の補正比3.6(表1参照)

表3 放流地別の再捕経過 (補正前と補正後)

放流地		補正前																		
		田子	仁科	岩地	雲見	妻良	中木	石廊崎	大瀬	下流	小稲	田牛	吉佐美	須崎	白浜	稲取	北川	合計		
放流	回数	4	9	10	4	26	27	30	52	13	10	46	3	28	33	7	1	303		
	尾数(尾)	869	895	1101	754	6312	5192	17688	8448	3828	1782	13782	207	7187	5789	2528	40	76402		
	当年	0	2	6	0	26	88	111	214	22	4	70	0	35	173	23	1	775		
	1年	53	30	12	17	369	219	2407	412	438	69	329	9	165	165	97	4	4795		
	2年	20	13	0	5	74	49	378	48	24	13	60		4	18	13	1	720		
	3年	2	2	0		17	9	82	12	7	1	14		1	4	3		154		
	4年	1		1		2	2	16	3			8		0		3		35		
	5年	0						4	0			4		2				10		
	6年	0						0	1			2						3		
再捕数	7年	0						0				1						1		
	8年	0						1				1						2		
	9年	1																1		
	不明*	20	1	3	5		18	2	41	7		7	12	3	22	5		146		
	合計尾数(尾)	97	48	22	27	488	385	3001	731	499	87	494	21	210	382	144	6	6642		
	再捕割合(%)	11.2	5.4	2.0	3.6	7.7	7.4	17.0	8.7	13.0	4.9	3.6	10.1	2.9	6.6	5.7	15.0	8.7		
	放流地		補正後																	
			田子	仁科	岩地	雲見	妻良	中木	石廊崎	大瀬	下流	小稲	田牛	吉佐美	須崎	白浜	稲取	北川	合計	
再捕数	当年	0	2	6	0	26	88	14.8	214	22	4	70	0	35	173	23	1	678.8		
	1年	53	30	12	17	294.0	200.5	829.6	385.9	170.8	54.7	326.4	9	165	165	97	4	2813.9		
	2年	20	13	0	5	55.6	44.7	143.8	46	9.8	13	60		4	18	13	1	446.9		
	3年	2	2	0		11	10	35.3	12	1.9	0.3	14		1	4	3		96.5		
	4年	1		1		0.8	0.7	6.5	3	0.3		6		0		3		22.3		
	5年	0						0.9	0			4		2				6.9		
	6年	0						0	1			2						3		
	7年	0						0				1						1		
	8年	0						1				1						2		
再捕割合	9年	1																1		
	不明*	20	1	3	5		18	2	41	7		7	12	3	22	5		146		
	合計尾数(尾)	97	48	22	27	387.4	361.9	1033.9	702.9	211.8	72.0	491.4	21	210	382	144	6	4218.3		
	再捕割合(%)	11.2	5.4	2.0	3.6	6.1	7.0	5.8	8.3	5.5	4.0	3.6	10.1	2.9	6.6	5.7	15.0	5.5		

*不明は再捕年月日は判明しているが再捕場所が不明

補正した値では、全体の再捕数は4,218尾、再捕率5.5%となった。再捕率の高い地区は、北川15.0%、田子11.2%、吉佐美10.1%となった。

3. 分散

放流地先の範囲は、田子から北川までの106.3kmであり、再捕された範囲は、宇久須から神奈川県真鶴までの162.1kmであった。

地先ごとの放流群の地先別再捕数と再捕割合を表4に示した。また、地先ごとの放流群の再捕地別再捕割合を図2に示した。

再捕範囲が比較的広い放流群は白浜(68.4km)、妻良(73.9km)、石廊崎(78.6km)、大瀬(78.8km)、下流(95.8km)、田牛(120.6km)であり、伊豆半島の先端に近い放流群が多かった。一方、再捕範囲が狭かったのは北川(放流地のみ再捕)、稲取(10.9km)、仁科(16.5km)、田子(19.8km)、岩地(23.6km)と、より北側で放流された群であった。再捕範囲

が中程度であったのは、中木(36.6km)、小稲(42.4km)、吉佐美(44.1km)、雲見(44.9km)、須崎(56.5km)であった。

放流地での再捕割合は、北川(100%)、妻良(95.6%)、稲取(95.0%)、田子(94.4%)、須崎(94.0%)、田牛(88.1%)、仁科(87.2%)、白浜(87.0%)で高かった。一方、伊豆半島の先端に近い中木(78.9%)、石廊崎(76.2%)、大瀬(68.3%)、下流(55.1%)、小稲(53.6%)のほか、岩地(75.0%)、雲見(59.1%)では放流地での滞留が比較的少なかった。吉佐美(0%)では放流地での再捕がなかった。

放流地別の放流漁期別のDI1とその95%信頼区間を表5、図3に示した。なお、北川は放流地での再捕しなかったため、95%信頼区間は計算できなかった。秋春放流群をあわせたDI1は、-5.10(小稲)から14.67(吉佐美)までの値を示した。雲見、吉佐美、白浜では、分散の方向が放流地から有意に左向きに偏っており、伊豆半島の先端部に位置する中木、石廊崎、大瀬、下流、小稲、田牛では有意に

表4 放流個体の地先別再捕状況

[illegible]

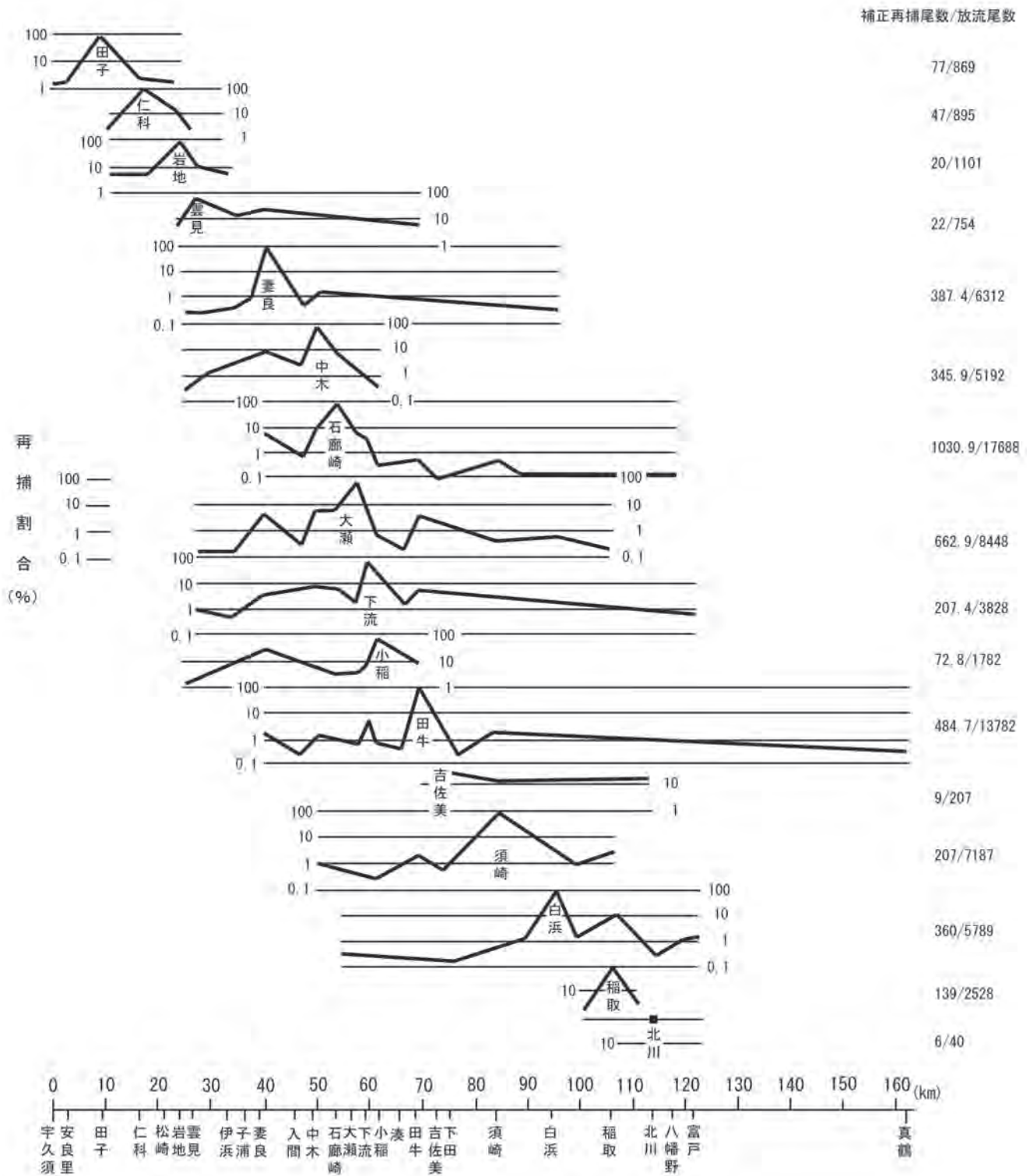


図2 各地放流群別の地先再捕割合

表5 放流地別放流群別分散指数1

放流漁期 放流地	通年		秋		春	
	分散指数1	95%信頼区間	分散指数1	95%信頼区間	分散指数1	95%信頼区間
田子	-0.02	(-0.43~0.40)	-2.46	(-6.62~1.71)	0.12	(-0.23~0.47)
仁科	0.71	(-0.06~1.48)	1.29	(0.25~2.33)	-0.40	(-1.17~0.36)
岩地	0.48	(-1.86~2.83)	0.48	(-1.86~2.83)	-	-
雲見	4.83	(1.11~8.56)	5.44	(-3.33~14.20)	4.49	(1.65~7.32)
妻良	0.17	(-0.14~0.48)	0.31	(-0.16~0.78)	-0.04	(-0.36~0.27)
中木	-0.57	(-1.01~-0.13)	-0.56	(-1.04~-0.08)	-0.61	(-1.60~0.38)
石廊崎	-0.70	(-1.00~-0.40)	-3.13	(-4.13~-2.13)	-0.12	(-0.39~0.16)
大瀬	-0.98	(-1.42~-0.54)	-1.11	(-1.67~-0.55)	-0.78	(-1.48~-0.08)
下流	-1.32	(-2.35~-0.28)	0.78	(-0.60~0.95)	-1.66	(-2.82~-0.49)
小稲	-5.10	(-7.31~-2.89)	-5.11	(-7.47~-2.76)	-5.04	(-11.07~1.00)
田牛	-0.69	(-1.23~-0.14)	-0.53	(-1.08~0.02)	-0.81	(-1.67~0.06)
吉佐美	14.67	(4.25~25.08)	14.67	(4.25~25.08)	-	-
須崎	-0.11	(-0.81~0.59)	-0.07	(-0.95~0.82)	-0.15	(-1.24~0.94)
白浜	1.11	(0.58~1.64)	0.77	(0.21~1.34)	1.88	(0.73~3.02)
稲取	0.02	(-0.17~0.20)	0.10	(0.09~0.11)	-0.21	(-0.31~-0.11)
北川	0.00	-	0.00	-	-	-

-: データなし、計算不能

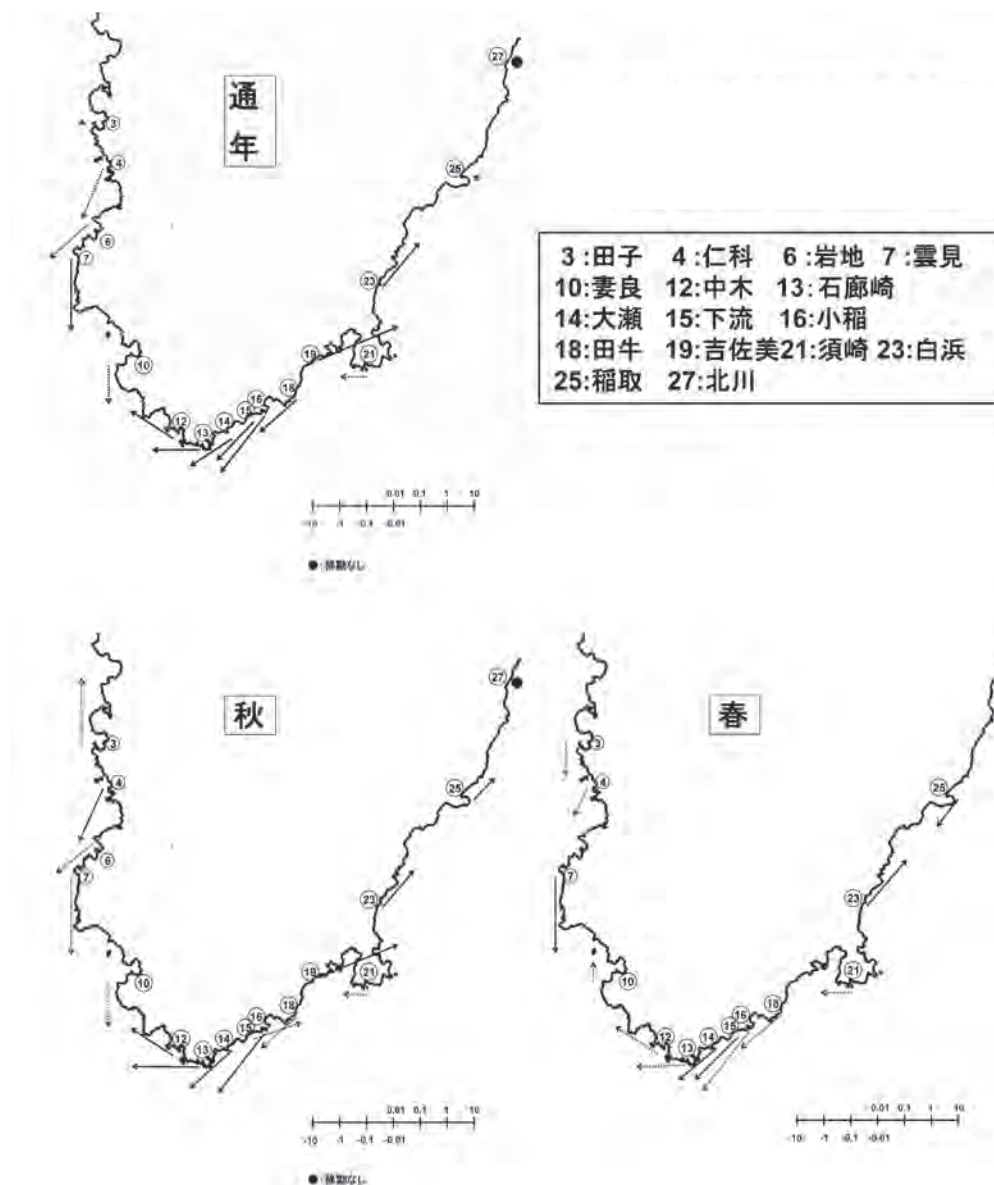


図3 放流地別放流群別の分散指数1

矢印の長さは分散指数1の大きさを示す。実線は危険率5%で有意な分散指数1を示す。

右向きに偏っていた。秋放流群の DI1 は、 -5.11 (小稲) から 14.67 (吉佐美) までの値を示した。仁科、吉佐美、白浜、稲取では、分散の方向が放流地から有意に左向きに偏っており、伊豆半島の先端部に位置する中木、石廊崎、大瀬、小稲では有意に右向きに偏っていた。春放流群の DI1 は、 -5.04 (小稲) から 4.49 (雲見) までの値を示した。雲見、白浜では、分散の方向が放流地から有意に左向きに偏っており、伊豆半島の先端部に位置する大瀬、下流と稲取では有意に右向きに偏っていた。

伊豆半島の先端(田牛～中木)では、右向きに偏っている地区が多かったが、秋、春放流群ともに右向きに偏っていたのは大瀬のみで、中木、石廊崎、小稲は秋放流群のみ右向きに偏っていた。下流は春放流群のみ右向きに偏っていた。田牛では秋、春放流群それぞれでは有意ではなかったが、共通してみると右向きに偏っていた。東岸(吉佐美～北川)では白浜で秋、春放流群ともに左向きに偏っていた。吉佐美は秋放流群のみであったが、DI1 は 14.67 と特異な値だった。稲取では秋放流群は左向きに偏っていたが、春放流群は右向きに偏っていた。西岸(妻良～田子)では雲見で秋春放流群をあわせた DI1 は左向きに偏っていたが、秋放流群では有意ではなく、春放流群で左向きに偏っていた。

伊豆半島の先端では分散の方向は右向きがほとんどで、西岸では左向きがほとんどであったが、東岸は傾向が見えなかった(図3)。

4. 時間経過にともなう分布の変化(分散)

放流地毎に秋放流群と春放流群の時間経過に伴う再捕状況を検討し、一例として石廊崎秋放流群の結果を表6に示した。石廊崎秋放流群の再捕結果は、放流0年目の春までは下流、小稲という放流地から7km以内の場所で再捕が1尾ずつあったが、中心は放流地の石廊崎での再捕であった。放流1年目の秋には妻良から田牛まで再捕範囲が広がり、DI2はそれまでの1.3、0から6.3に増加した。その後、放流2年目の秋まで妻良から須崎までで再捕があり、DI2は4.8、3.5と高かった。放流2年目春以降は放流地である石廊崎を中心とした再捕で、DI2も0、2.5と小さくなった。

放流地別季別 DI2 の変化を表7に示した。前報²⁾で放流後3年目(本報の DI2 の再捕漁期ではおおよそ2年目までとなる)までで総再捕尾数の99%が再捕されたことを示した。そこで、サンプル数が多い再捕漁期2年目までの再捕漁期別の平均値に基づくと、0年目の DI2 は1以下で小さく、1年目の秋に大きくなった。その後、2年目の秋までは DI2 は2以上と大きい、2年目の春には0.7と小さくなった。平均的には0年目の春漁期から1年目の秋漁期の間の夏季に分散が広がり、それが2年目の秋漁期まで維持される傾向があった。2年目春以降の再捕は放流地での再捕が多い

ので、2年目の春には DI2 は小さくなった。

図4に再捕漁期間で連続して DI2 が計算できた場合の DI2 の差を求め、再捕漁期間に対して図示した。差が正の時、再捕範囲が広がること、すなわち分散が広がることを表しており、差が負の時、再捕範囲が狭まること、すなわち分散が狭まることを表している。DI2 の平均値は夏季をはさむ漁期間(春漁期から秋漁期の間)で増加し、冬季をはさむ漁期間(秋漁期から春漁期の間)で減少する傾向があった。これは春漁期に比べ秋漁期で分散が広がる傾向を、秋漁期に比べ春漁期で分散が狭まる傾向を示している。特に再捕漁期0年目の春漁期と1年目の秋漁期との差は負の値がなく、分散が広がる傾向が強いことを窺わせる。

考 察

本研究では、伊豆半島南部海域で1973年から2004年まで行われた放流303群、76,402尾、再捕数6,644尾のイセエビ標識放流結果を分散に焦点をあてて取りまとめた。

増殖場造成指針イセエビ編⁴⁾は1982年までの日本におけるイセエビの標識放流報告を集約している。その整理の中で最大規模の標識放流実験は1980年から1982年にかけて千葉県外房北部で行われた放流数10,123尾、再捕数440尾の標識放流であった。本研究の放流再捕規模はこれを凌駕しているとともに、本研究のような大規模な標識放流再捕結果を解析して、放流群の分散について検討した研究は過去にはない。

分散指数: 本研究では再捕結果を分散という観点から量的に検討するために、新たに分散指数を導入した。この指数では移動距離の検討では排除されてしまうようなあいまいさが付きまとうデータ(例えば、再捕漁場は不明だが、再捕地は特定できる等)も検討に使えることができ、より多くのデータで分散を検討することができる。

DI1 は分散の方向性の強さを示し、DI2 は時間経過を考慮した分散の変化を知ることができる。DI1、2とも移動距離の一種の平均値であるので、通常の統計的手法を適用できるとともに、後述するように他の標識放流再捕結果との比較に用いることができるという利点がある。

以上のように分散指数は分散の程度については量的な端緒を開いたが、一方、以下のような課題が残っている。再捕率に影響する要因である漁獲努力の補正を行っていないことのほか、放流漁場、再捕漁場をそれぞれ放流地、再捕地に集約したことによるバイアスも想定できる。

南伊豆におけるイセエビの分散: 伊豆半島南部海域のイセエビの分散に関する検討結果を要約すると次のとおりである。

- ①総じて放流地での再捕割合が高かった。
- ②再捕範囲は10.9～120.6kmであった。

表8 太平洋側におけるイセエビ標識放流結果の概要

研究地	研究者	放流年	放流群数	放流尾数	標識方法	再捕尾数	再捕範囲 (km)	現地再捕割合 (%)
房総半島	TAKAGI	1951～1968	36	5,250	第2触角アトキンス法	524	32.0	85.0
房総半島	石田・田中	1975～1980	44	6,620	伏見・松原法	312	36.0	93.0
房総半島	千葉水試	1980～1982	15	9,065	伏見・松原法	440	50.0	86.0
伊豆半島	岡田・加藤	1943	2	1,560	高山法	114	4.6	99.0
紀伊半島	坂本	1974	4	200	第2触角アトキンス法	54	1.6	100.0
紀伊半島	金盛	1978～1985	21	3,034	第2触角アトキンス法 伏見・松原法	726	26.0	99.6
宮崎沿岸	宮崎水試	1979～1980	3	223	伏見・松原法	6	1.8	83.3
高知沿岸	高知水試	1979～1980	3	21	第2触角アトキンス法	0	-	-
高知沿岸	高知水試	1979～1980	5	302	伏見・松原法+第2触角アトキンス法	33	1.7	97.0
高知県中土佐	高知水試		1	179	伏見・松原法	59	4.3	96.6
徳島沿岸	高木 船越 山添	1992～1994	5	1,461	伏見・松原法	202	50.0	96.2
徳島沿岸	石田 小島	1998	9	1,485	伏見・松原法	32	2.5	100.0
御前崎沿岸	静岡水試	1979～1981	12	2,333	伏見・松原法	376	62.0	86.6
伊豆半島	本研究	1973～2004	303	76,402	伏見・松原法	6,644	120.6	77.0

③放流地での再捕割合や再捕範囲から放流地によって分散の程度が異なり、半島先端部では滞留する割合が小さかった。

④放流地によって分散の方向は異なり、伊豆半島先端部では西への分散傾向が大きかった。

⑤時間経過を考慮すると、平均的には再捕漁期0年目の春漁期から1年目の秋漁期の間の夏季に分散が広がり、それが2年目の秋漁期まで維持される傾向があった。

伊豆半島南部のイセエビの分散は、地先間の交流はありながら、総じて地先に滞留する傾向がある。しかし、60km以上の長距離再捕事例もあるので、一部の個体が大きく分散する傾向も無視できない。再捕範囲や放流地での再捕割合からみて伊豆半島先端の群は西岸や東岸の群よりも、分散する傾向が高いことがうかがわれ、DI1の検討からその方向性は西への分散が示唆される。放流群のほとんど(92%)が漁獲制限体長以下であった²⁾ので、DI2の結果で述べている放流0年目はI令に当り、1年目はII令に当たる。従って、DI2の結果から漁獲制限体長13cm以下のI令⁵⁾からII令に達する夏季に分散が広がり、それがIII令の秋季まで維持されることが示唆される。

なお、吉佐美の放流地での再捕がなく、DI1が14.67と他地先と比べて特異である理由は、漁場の磯場が狭く砂地に囲まれエビの収容力が低いと推察される。

岡田・加藤⁶⁾はこの海域でイセエビの標識放流をはじめて実施し、伊豆半島の下流・中木地先での2,278尾の標識放流により、114尾の再捕を得ている。その後、伏見⁵⁾は伏見・松原法²⁾による1973～1975年の標識放流再捕結果から南伊豆海域のイセエビの移動についての仮説を提示した。その仮説では、大瀬と石廊崎のI令群は、I令からII令に達する夏季に地先間にわたる移動・分散を行うこと、移動範囲が稲取・白浜から妻良までに及ぶとしている。本研究の結果、前述したように伊豆半島先端の群は西岸や東岸の群よりも、分散する傾向が高いことがうかがわれ、ま

た、I令からII令に達する夏季に分散が広がることが示唆されたなど、伏見⁵⁾の仮説を支持する結果が得られた。一方、伏見⁵⁾が標識放流を行っていない北川や稲取、田子では、分散する傾向が半島先端部より小さいことが明らかとなった。

他海域との比較：太平洋沿岸の他海域におけるイセエビの標識放流研究は、房総半島^{7～9)}、紀伊半島^{10,11)}、徳島沿岸^{12,13)}、高知沿岸^{14,15)}、宮崎沿岸¹⁶⁾で報告がある。表8に既往の標識放流結果を取り纏めた。再捕範囲が過去の研究では50km以下であるのに対し本研究では120.6kmであり、分散範囲が大きかった。次に放流地での再捕割合が過去の研究では85%以上であるのに対し、本研究では77%であり、ここでも分散範囲が大きかった。これらの特徴は放流規模が他の研究と比べ抜きんで大きいことにより統計的に信頼におけるイセエビ群の分散が把握されたためと考えられる。

TAKAGI⁷⁾は外房中部に位置する小湊内浦湾でのイセエビ標識放流再捕結果の検討のなかで、再捕記録は西偏傾向を示すことを報告している。TAKAGI⁷⁾の表からDI1を計算すると、 $-0.80(95\% \text{ 信頼区間 } -1.12 \sim -0.48)$ となり、西偏傾向が確かめられたが、表6の当海域のDI1と比較すると、顕著に大きい値ではなく、分散の方向や大きさは当海域と同様なものと判断された。しかし、伊豆半島では半島先端部で西偏傾向が示唆されたが、TAKAGI⁷⁾の放流地である小湊は房総半島東部に位置する。伊豆半島東部では稲取の春放流群以外は西偏傾向はないので、その点では伊豆半島と房総半島では分散傾向が異なるといえよう。

本研究では、伊豆半島南部海域のイセエビ群の分散の傾向を明らかにした。野中¹⁷⁾は地先ごとのイセエビの漁獲特性や漁獲物組成から、地先ごとに資源の去来が定まっており、地先ごとの資源の年令組成も固定していることを示し、ある地先のイセエビ資源組成と動きはその場に固有のものであるとしている。野中¹⁷⁾の考えに従えば、本研究で明らかにした伊豆半島南部海域のイセエビ群の分散の傾向は固

有ということになる。従って、分散の傾向を考慮しながら、種苗放流や漁獲管理などの増殖手段を地域として考えることが必要である。今回の結果からは、伊豆半島の先端部で放流を実施した場合、放流した地先での一定量の回収とともに周辺海域の比較では放流地の左側よりも右側の海域でより高い放流効果が期待できること、半島の西岸や東岸での放流は先端部での放流と比べて放流地先での滞留が期待できることなどが想定され、このようなことを考慮しながら放流海域を検討する必要があるだろう。

本論文の作成にあたり、2機関の総合的な取り纏めにご指導とご教示をいただいた東京水産大学名誉教授野中忠博士と独立行政法人水産総合研究センター東北区水産研究所資源増殖部長(元業務企画部研究開発コーディネーター)桑田博氏に謝意を表す。さらに本論文作成にご理解と適切なご配慮をいただいた静岡県水産技術研究所長(元静岡県水産技術研究所伊豆分場長)鈴木雄策氏と独立行政法人水産総合研究センター日本海区水産研究所能登島庁舎初期餌料グループ長(元南伊豆栽培漁業センター場長)榮健次氏に謝意を表す。最後に図2の作成にあたり御尽力をいただいた独立行政法人水産総合研究センター北海道区水産研究所サケマス孵化場千歳庁舎(前独立行政法人水産総合研究センター業務推進部栽培管理課)清水智仁氏に謝意を表す。

文 献

- 1) 野中忠(1988): イセエビの漁獲量, 水産増殖, 36, 213～220.
- 2) 成生正彦・長谷川雅俊・山田博一(2007): 南伊豆海域におけるイセエビ標識放流再捕結果の検討—I 標識の有効性の検討, 栽培漁業技術開発研究, 35(1), 29～41.
- 3) 藤沢偉作(1981): 楽しく学べる統計教室, 現代数学社, 京都, 239p.
- 4) 全国沿岸漁業振興開発協会編(1988): 第3編イセエビ増殖場造成計画, 沿岸漁場整備開発事業増殖場造成計画指針マダイ・イセエビ編 昭和63年度版, (社)全国沿岸漁業振興開発協会, 197～362.
- 5) 伏見浩(1978): 南伊豆におけるイセエビの生活史—研究上の問題点と今後の課題—, ベントス研究会連絡誌, 15/16, 60～66.
- 6) 岡田弥一郎・加藤光次郎(1946): イセエビの研究(I)1. イセエビの移動について, 資源科学研究所短報1, 1～10.
- 7) Kazunori TAKAGI(1972): Migration of the Tagged Spiny Lobster, *Panulirus japonicus*, On the Southern Boso Peninsula, Chiba Prefecture: A Continuous Experiment, 1951-1968, *La mer*, 10(3), 7～24.
- 8) 千葉県水産試験場(1984): 昭和57・58年度大規模増殖場開発事業調査結果報告書(外房北部地区: イセエビ), 30～38.
- 9) 石田修・田中種雄(1985): 大原地先海域におけるイセエビの移動・成長及び放流効果, 千葉県水産試験場研究報告, 43, 41～47.
- 10) 坂本博規(1974): 勝浦地先におけるイセエビ標識放流調査. 水産土木, 12(2), 27～30.
- 11) 金盛浩吉(1988): 和歌山県紀南海域におけるイセエビの資源生態と漁業管理の研究, 昭和61年度和歌山県水産試験場事業報告, 109～209.
- 12) 石田陽司・小島博(1988): 小型イセエビの標識放流. 昭和63年度徳島県水産試験場報告書, 66～68.
- 13) 高木俊祐・船越進・山添喜教(1994): イセエビ標識放流調査, 平成6年度徳島県水産試験場報告書, 55～66.
- 14) 高知県(1982): 月灘地区, 昭和56年度大規模増殖場造成事業調査総合報告書, 22～26.
- 15) 高知県(1987): 中土佐地区, 昭和61年度大規模増殖場造成事業調査総合報告書, 19～22.
- 16) 宮崎県(1982): 都井地区, 昭和56年度大規模増殖場造成事業調査総合報告書, 36～39.
- 17) 野中忠(1982): 漁獲に表われたイセエビ資源の性状, 静岡県水産試験場研究報告, 16, 31～42.

Mark-recapture experiments on the Japanese spiny lobster, *Panulirus japonicus*, to study their dispersal pattern in the Minami-Izu coastal area

Masatoshi Hasegawa and Masahiko Nariu

Abstract In sea farming and the fishery management practices of the Japanese spiny lobster, it is important to know its dispersal pattern. We collected the mark-recapture data between 1973 and 2004 in the Minami Izu coastal area and examined the space-time variation in dispersal of these lobsters. After the release of each group of lobsters, we arranged the recaptured numbers based on the place of recapture and fishing season. We also determined the ratio of recapture at the place of release and the range of recapture. In addition, we proposed dispersion indices 1 (DI1) and 2 (DI2) to examine the dispersal quantitatively. The ratio of recapture at the place of release was high (53.6–95.6%), except at 2 places. A ratio to stay in the point of the Izu Peninsula from the range of recapture and the ratio of recapture in the release place was smaller than in both sides of the northern part of the Izu Peninsula. These lobsters showed a high tendency to disperse from DI1 to the west at the point of the Izu Peninsula. Based on DI2, dispersal occurred in the summer season in order to molt into the II instar stage, and it tended to be maintained until the fall of the III instar.

Key words: Japanese spiny lobster, mark-recapture experiment, dispersal pattern