

# ホタテガイ成貝の籠養殖へい死対策試験（養殖工程と養殖籠の検討）

小泉慎太郎・吉田達

## 目 的

ホタテガイ籠養殖について、養殖工程と養殖籠の違いによるホタテガイ成育状況を比較し、ホタテガイ成貝のへい死を軽減できる生産方法について検討する。

## 材料と方法

試験期間中の養殖工程と実施年月日を図 1 に示した。使用した養殖籠について、パールネットはラッセル網地、丸籠は蛙又網地で、段数は共に 10 段とし、10 段目には約 2kg のコンクリート錘を取り付けた。

2018 年 7 月 25 日に久栗坂実験漁場（以下、久栗坂）の養殖施設（漁場水深 45m、幹綱深度 30m）、同年 8 月 2 日に川内実験漁場（以下、川内）の養殖施設（漁場水深 33m、幹綱深度 23m）において、目合 2 分のパールネットに 50 枚/段で稚貝採取した。

同年 9 月 20 日に川内、9 月 25 日に久栗坂で、稚貝採取後のパールネットから稚貝を取り出し、自動選別機（むつ家電特機、ミニ選 MS100）の目合 7 分の選別板に残った稚貝を用いて、目合 3 分のパールネットに 15 枚/段で稚貝分散し、幹綱深度 15m の養殖施設に垂下した。

最善法の試験区として、2019 年 5 月 14 日に久栗坂、5 月 29 日に川内で、稚貝分散後のパールネットから貝を取り出し、外見上異常がある貝や小型の貝を取り除いた後、目合 7 分の丸籠に 10 枚/段で入れ替え、久栗坂は幹綱深度 30m、川内は幹綱深度 23m の養殖施設に垂下した（以下、最善法元籠）。その後、同年 10 月 17 日に川内、10 月 18 日に久栗坂で、最善法元籠から貝を取り出し、久栗坂は自動選別機の目合 9 cm、川内は目合 8 cm の選別板に残った貝を用いて、目合 7 分の丸籠に 10 枚/段で入れ替え、幹綱深度 15m の養殖施設に垂下した（以下、最善法丸籠）。

次善法の試験区として、2019 年 10 月 17 日に川内、10 月 18 日に久栗坂で、2018 年 9 月に稚貝分散後、2019 年 5 月に久栗坂は 15m から 30m に、川内は 15m から 23m に幹綱深度を変更して垂下していた稚貝分散後のパールネット（以下、次善法元籠）から貝を取り出し、最善法丸籠と同様に選別した貝を用いて、目合 7 分の丸籠に 10 枚/段で入れ替え、幹綱深度 15m の養殖施設に垂下した（以下、次善法丸籠）。久栗坂では同日、同様に選別した貝を用いて、目合 3 分のパールネット 2 連に 1、4、7、10 段目が 4 枚/段、2、5、8 段目が 5 枚/段、3、6、9 段目が 6 枚/段になるように入れ替え、貝がパールネットから流出しないよう口を縫った後、幹綱深度 15m の養殖施設に垂下した（以下、次善法パールネット）。

ホタテガイの成育状況を調査するため、2019 年 10 月 17 日に川内、10 月 18 日に久栗坂で、最善法元籠 1 連、次善法元籠 1 連から貝を取り出し、生死貝数を計数してへい死率を求めた他、無作為に抽出した生貝 30 個体の殻長、全重量、軟体部重量を測定した。なお、次善法元籠のへい死率については、稚貝分散直後にへい死した死貝を除外して算出した。また、異常貝の有無を確認して異常貝出現率（以下、異常貝率）を求めた。

また、最善法丸籠及び次善法丸籠については 2019 年 12 月 9 日、2020 年 2 月 3 日、同年 5 月 7 日にそれぞれ 1 連ずつ、次善法パールネットについては 2020 年 5 月 7 日に 2 連回収し、2019 年 10 月測定時の項目に加え、生殖腺重量を測定し、 $\text{生殖腺重量} \div \text{軟体部重量} \times 100$  により生殖腺指数を算出した。

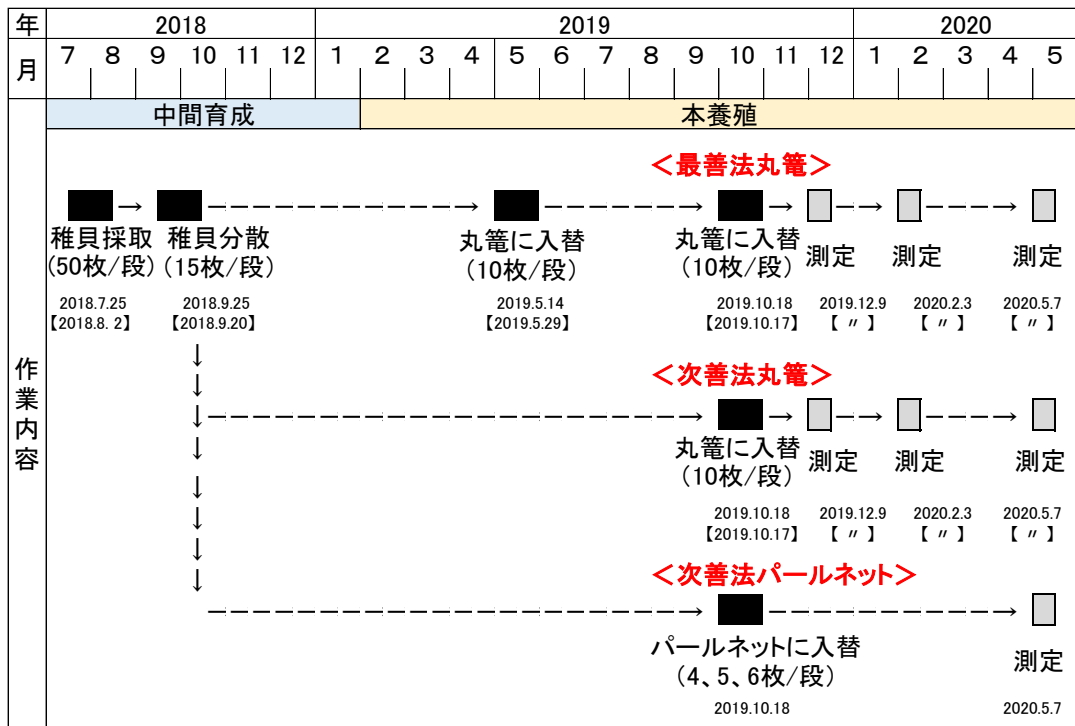


図 1. 各試験区の養殖工程と実施年月日（年月日は久栗坂、【】内の年月日は川内）

## 結果と考察

### 1. 2019年10月入替時の元籠

2019年10月入替時における元籠の測定結果を表1、図2に示した。久栗坂最善法、久栗坂次善法、川内最善法、川内次善法のへい死率はそれぞれ0.0%、8.8%、1.0%、3.4%であり、両地区において最善法より次善法の方が高かった。異常貝率はそれぞれ10.0%、16.7%、10.0%、6.7%であり、久栗坂では最善法より次善法、川内では次善法より最善法の方が高かった。殻長はそれぞれ107.2mm、106.6mm、93.9mm、89.2mm、全重量は126.6g、120.7g、79.6g、67.1gであり、川内では次善法より最善法が有意に大きい値だった。軟体部重量はそれぞれ53.2g、49.5g、28.7g、26.7gだった。次善法より最善法でへい死率が低く、殻長、全重量及び軟体部重量が大きい値となった要因として、最善法は2019年5月に①死貝、外見上異常がある貝、小型の貝を取り除いてから新しい籠に入れ替えたこと、②籠内の収容密度を低くしたこと、③目合がパールネットより大きい丸籠に入れ替えたことで付着物による網地の目詰まりを軽減し、籠内の潮通しが改善されたことなどが挙げられる。

表 1. 2019年10月入替時における元籠のホタテガイ測定結果

測定年月日	地区名	試験区	籠の種類	へい死率*1 (%)	異常貝率 (%)	殻長(mm)		全重量(g)		軟体部重量(g)	
						平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
2019年10月18日	久栗坂	最善法	丸籠	0.0	10.0	107.2	5.8	126.6	14.9	53.2	7.6
			次善法	パールネット	8.8	16.7	106.6	6.0	120.7	18.8	49.5
2019年10月17日	川内	最善法	丸籠	1.0	10.0	93.9	4.2	79.6	10.5	28.7	3.9
			次善法	パールネット	3.4	6.7	89.2	4.6	67.1	18.8	26.7

\*1 次善法のへい死率は、稚貝分散直後にへい死した死貝を除外

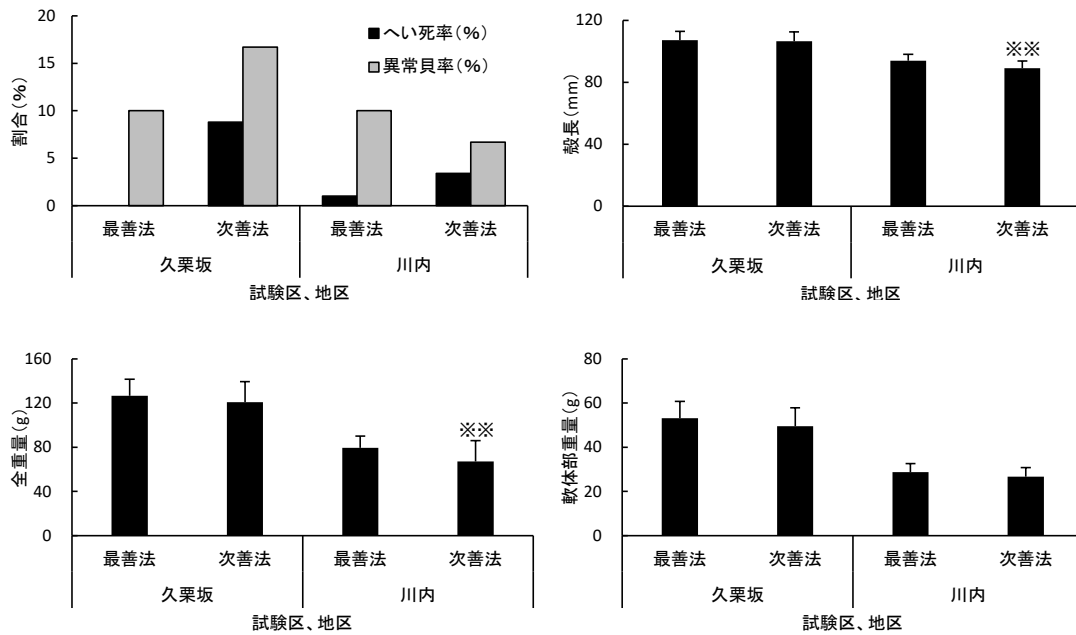


図 2. 2019 年 10 月入替時における元籠のへい死率、異常貝率、殻長、全重量、軟体部重量（殻長、全重量、軟体部重量のバーは標準偏差、川内最善法と比較して\*\*\*は P<0.01 で有意差あり）

## 2. 最善法と次善法の比較

2019 年 12 月、2020 年 2 月、5 月測定時における最善法丸籠と次善法丸籠の測定結果を表 2、図 3 に示した。へい死率及び異常貝率は、久栗坂では最善法より次善法で高い傾向が見られ、川内では差が見られなかった。なお、異常貝の中には、2019 年 9～10 月を中心に 11 月初めまでサンカクフジツボが大量にホタテガイに付着した影響で発現した異常貝<sup>1)</sup>が見られた。殻長、全重量、軟体部重量及び生殖腺重量は、両地区において次善法より最善法で大きい傾向が見られ、要因は前述のとおり、2019 年 5 月の入替作業の有無が関係していると考えられる。生殖腺指数は、最善法と次善法で大きな差は見られなかった。

表 2. 2019 年 12 月、2020 年 2 月、5 月測定時におけるホタテガイ測定結果（最善法丸籠と次善法丸籠）

測定年月日	地区名	試験区	へい死率 (%)	異常貝率*1 (%)	殻長(mm)		全重量(g)		軟体部重量(g)		生殖腺重量(g)		生殖腺指数 (%)
					平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	
2019年12月9日	久栗坂	最善法	1.0	20.0(10.0)	113.3	5.1	166.4	18.4	76.0	8.5	8.7	1.8	11.4
		次善法	6.0	56.7(10.0)	108.7	5.1	152.2	18.1	71.1	11.0	7.1	1.5	10.0
	川内	最善法	2.1	6.7(0.0)	100.5	4.5	108.7	12.7	50.4	11.1	5.5	1.9	10.9
		次善法	0.0	10.0(0.0)	95.7	4.4	95.0	12.3	44.1	6.6	4.7	1.7	10.7
2020年2月3日	久栗坂	最善法	3.0	6.7(6.7)	122.6	5.7	206.9	27.7	93.8	14.3	23.2	6.4	24.7
		次善法	11.0	76.7(3.3)	118.1	7.1	182.3	25.1	84.2	15.4	19.2	5.9	22.8
	川内	最善法	6.0	3.3(0.0)	112.6	4.1	143.6	14.9	67.8	7.5	16.9	3.2	24.9
		次善法	2.0	10.0(0.0)	106.2	6.8	129.0	20.4	63.1	11.4	15.2	4.2	24.1
2020年5月7日	久栗坂	最善法	30.9	23.3(10.0)	126.8	6.8	235.8	36.4	110.2	21.7	9.8	2.4	8.9
		次善法	21.6	6.7(0.0)	122.7	6.9	212.5	27.6	103.6	15.1	7.7	2.1	7.5
	川内	最善法	6.2	33.3(0.0)	116.2	4.7	168.4	19.3	74.2	9.3	6.3	1.3	8.5
		次善法	2.1	10.0(0.0)	117.7	6.0	166.4	21.3	79.9	10.8	5.5	1.3	6.9

\*1 カッコ内の数値は、サンカクフジツボの付着によって異常貝になった個体の異常貝率

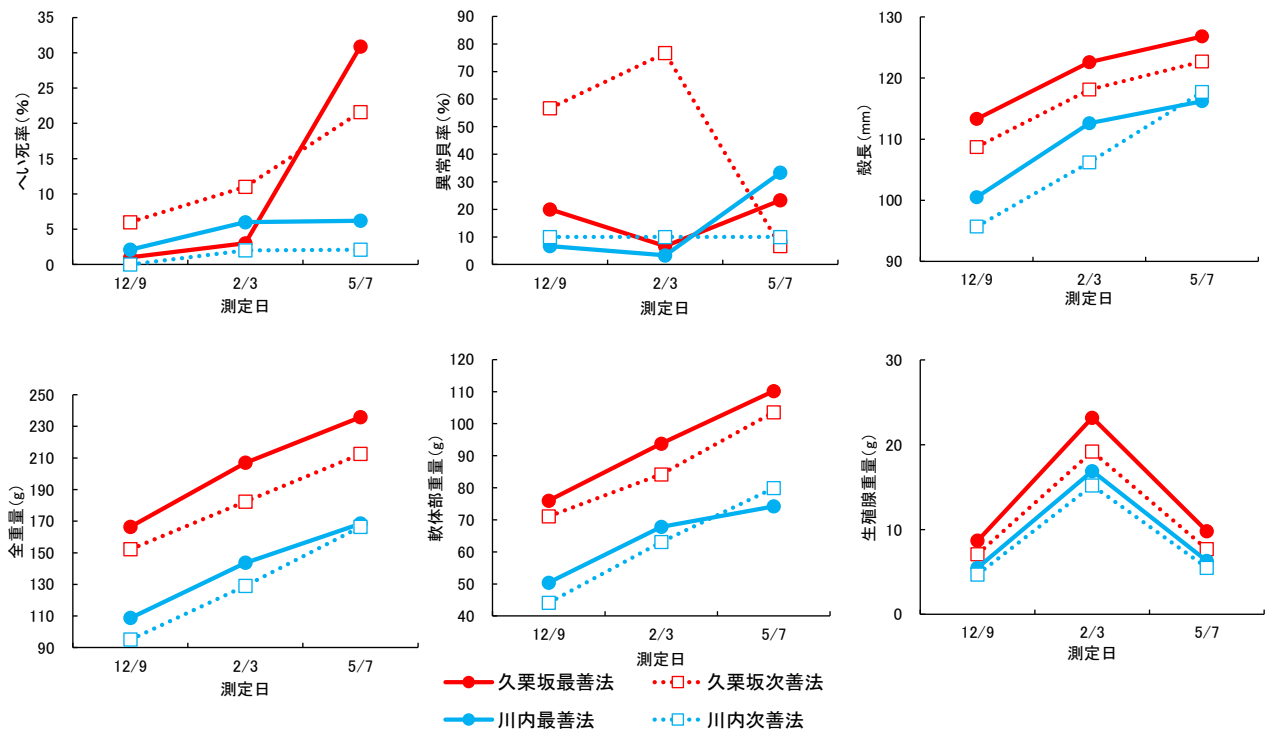


図 3. 2019 年 12 月、2020 年 2 月、5 月測定時におけるへい死率、異常貝率、殻長、全重量、軟体部重量、生殖腺重量の推移

### 3. 丸籠とパールネットの比較

2020 年 5 月測定時における次善法丸籠と次善法パールネットの測定結果を表 3、図 4 に示した。なお、パールネット 4、5 枚/段については、生貝数が 30 個体未満だったため、4 枚/段は 24 個体、5 枚/段は 23 個体測定した。丸籠（10 枚/段）、パールネット（4 枚/段）、パールネット（5 枚/段）、パールネット（6 枚/段）のへい死率はそれぞれ 21.6%、25.0%、23.3%、16.7%であり、4 枚 > 5 枚 > 丸籠 > 6 枚の順に高かった。異常貝率はそれぞれ 6.7%、20.8%、4.3%、16.7%であり、4 枚 > 6 枚 > 丸籠 > 5 枚の順に高かった。異常貝の中には、前述のとおりサンカクフジツボの影響で発現した異常貝が見られた。当初、蛙又網地の丸籠は単繊維のため籠底面における安定度が低く、噛み合わせや籠への擦れの頻度が高くなる<sup>2)</sup>ことで、ラッセル網地のパールネットよりもへい死率、異常貝率が高くなるという想定のもと試験を行ったが、今回の試験ではそのような傾向は見られなかった。殻長はそれぞれ 122.7mm、130.4mm、131.9mm、130.1mm、全重量はそれぞれ 212.5g、233.0g、238.1g、236.1g であり、4、5、6 枚は丸籠より有意に大きい値だった。軟体部重量はそれぞれ 103.6g、111.4g、113.5g、113.1g、生殖腺重量は 7.7g、8.7g、9.2g、9.0g であり、5、6 枚は丸籠より有意に大きい値だった。なお、4、5、6 枚間で、殻長、全重量、軟体部重量、生殖腺重量に有意な差は見られなかった。生殖腺指数はそれぞれ 7.5%、7.8%、8.1%、7.9% であり、大きな差は見られなかった。

表 3. 2020 年 5 月測定時におけるホタテガイ測定結果（次善法丸籠と次善法パールネット）

測定年月日	地区名	試験区	へい死率 (%)	異常貝率*1 (%)	殻長 (mm)		全重量 (g)		軟体部重量 (g)		生殖腺重量 (g)		生殖腺指数 (%)
					平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	
2020年5月7日	久栗坂	丸籠 (10枚/段)	21.6	6.7(0.0)	122.7	6.9	212.5	27.6	103.6	15.1	7.7	2.1	7.5
		パールネット (4枚/段)	25.0	20.8(4.2)	130.4	8.3	233.0	36.8	111.4	19.2	8.7	2.3	7.8
		パールネット (5枚/段)	23.3	4.3(0.0)	131.9	7.8	238.1	32.3	113.5	17.3	9.2	2.0	8.1
		パールネット (6枚/段)	16.7	16.7(3.3)	130.1	8.4	236.1	34.4	113.1	18.7	9.0	2.5	7.9

\*1 カッコ内の数値は、サンカクフジツボの付着によって異常貝になった個体の異常貝率

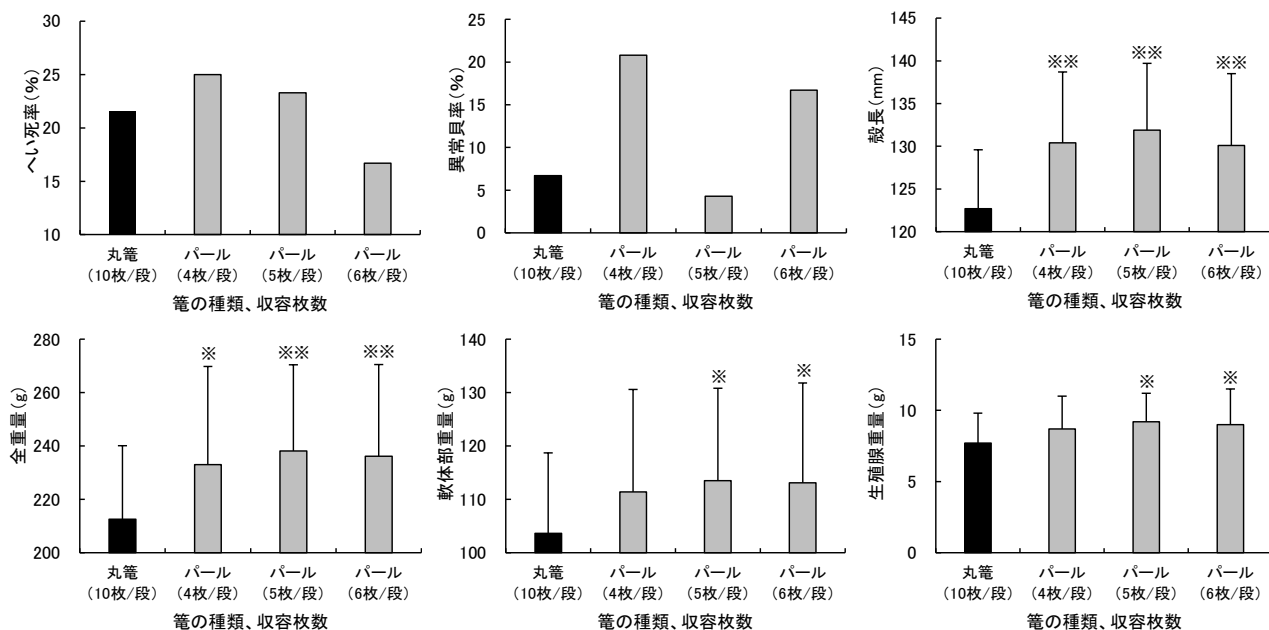


図4. 2020年5月測定時におけるへい死率、異常貝率、殻長、全重量、軟体部重量、生殖腺重量（殻長、全重量、軟体部重量、生殖腺重量のバーは標準偏差、丸籠と比較して\*\*はP<0.01、\*はP<0.05で有意差あり）

ここで、試験区毎の籠内の収容密度を評価するため、2019年10月測定時（入替時）と2020年5月測定時（試験終了時）における籠底面積に対するホタテガイ生貝総面積の占有率（以下、占有率）等を表4に示した。なお、丸籠底面の直径を50cm、パールネット底面の一边の長さを35cmとして籠底面積を算出した他、平均殻長を直径とする円の面積×生貝数によってホタテガイ生貝総面積を算出した。2019年10月測定時の占有率は、丸籠（10枚/段）、パールネット（4枚/段）、パールネット（5枚/段）、パールネット（6枚/段）でそれぞれ31.8%、20.4%、25.5%、30.6%であり、丸籠>6枚>5枚>4枚の順に高く、収容枚数が多いほど高かった。2020年5月測定時の占有率はそれぞれ45.8%、32.7%、42.7%、54.2%であり、6枚>丸籠>5枚>4枚の順に高かった。へい死率はそれぞれ21.6%、25.0%、23.3%、16.7%であり、4枚>5枚>丸籠>6枚の順に高かった。

2020年5月測定時における占有率とへい死率の関係を図5、占有率と殻長の関係を図6に示した。占有率とへい死率には強い負の相関が見られ、占有率が高くなるほどへい死率が低くなる傾向が見られた。一般的に、ホタテガイは過密養殖により、成長不良や異常貝、へい死の増加に繋がる<sup>3)</sup>ことが知られているが、今回の試験では反対の傾向が見られた。なお、占有率と殻長には相関が見られなかった。

表4. 2019年10月測定時及び2020年5月測定時における占有率等

試験区	籠底面積 (cm <sup>2</sup> )	2019年10月測定時				2020年5月測定時				へい死率 (%)
		殻長 (mm)	生貝数 (枚/段)	生貝総面積 (cm <sup>2</sup> )	占有率 (%)	殻長 (mm)	生貝数 (枚/段)	生貝総面積 (cm <sup>2</sup> )	占有率 (%)	
丸籠 (10枚/段)	1962.5	89.2	10.0	624.6	31.8	122.7	7.6	898.2	45.8	21.6
パールネット (4枚/段)	1225.0	89.2	4.0	249.8	20.4	130.4	3.0	400.4	32.7	25.0
パールネット (5枚/段)	1225.0	89.2	5.0	312.3	25.5	131.9	3.8	523.5	42.7	23.3
パールネット (6枚/段)	1225.0	89.2	6.0	374.8	30.6	130.1	5.0	664.3	54.2	16.7

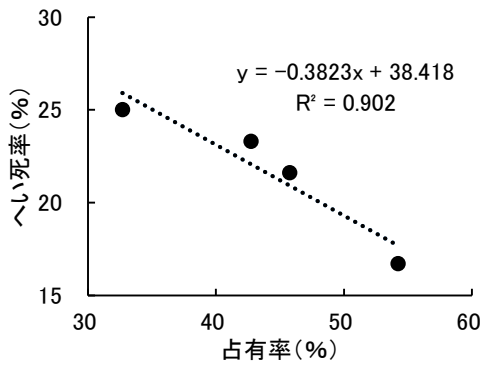


図 5. 2020 年 5 月測定時における占有率とへい死率

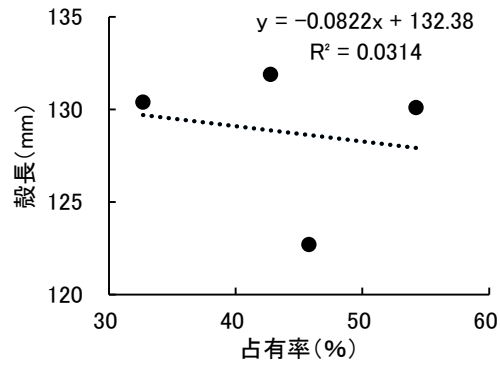


図 6. 2020 年 5 月測定時における占有率と殻長

試験区毎の生産量を比較するため、2020 年 5 月試験終了時のへい死率と全重量から求めた 10 段籠 1 連あたりの水揚げ重量を図 7 に示した。丸籠（10 枚/段）、パールネット（4 枚/段）、パールネット（5 枚/段）、パールネット（6 枚/段）の水揚げ重量はそれぞれ 16.6kg、7.0kg、9.0kg、11.8kg となり、丸籠 > 6 枚 > 5 枚 > 4 枚の順に重く、収容枚数が多いほど重かった。

	2019年10月 入替時	入替後の へい死率	2020年5月 試験終了時	2020年5月 全重量	籠1連あたりの 水揚げ重量
丸籠(10枚/段)	100枚	21.6%	78枚	× 212.5g =	16.6kg
パールネット(4枚/段)	40枚	25.0%	30枚	× 233.0g =	7.0kg
パールネット(5枚/段)	50枚	23.3%	38枚	× 238.1g =	9.0kg
パールネット(6枚/段)	60枚	16.7%	50枚	× 236.1g =	11.8kg

図 7. 籠 1 連あたりの水揚げ重量

次に、次善法元籠 1 連から生産できる水揚げ重量を比較するため、2019 年 10 月入替時の稚貝分散直後の死貝を含むへい死率（入替前のへい死率）、2020 年 5 月試験終了時のへい死率（入替後のへい死率）と全重量から求めた次善法元籠 1 連あたりの水揚げ重量を図 8 に示した。丸籠（10 枚/段）、パールネット（4 枚/段）、パールネット（5 枚/段）、パールネット（6 枚/段）の水揚げ重量はそれぞれ 21.9kg、22.8kg、23.8kg、25.7kg となり、6 枚 > 5 枚 > 4 枚 > 丸籠の順に重く、丸籠よりパールネットの方が重かった。

	次善法 元籠	入替前の へい死率	2019年10月 入替時	入替後の へい死率	2020年5月 試験終了時	2020年5月 全重量	元籠1連あたりの 水揚げ重量
丸籠(10枚/段)	150枚	12.9%	131枚	21.6%	103枚	× 212.5g =	21.9kg
パールネット(4枚/段)	150枚	12.9%	131枚	25.0%	98枚	× 233.0g =	22.8kg
パールネット(5枚/段)	150枚	12.9%	131枚	23.3%	100枚	× 238.1g =	23.8kg
パールネット(6枚/段)	150枚	12.9%	131枚	16.7%	109枚	× 236.1g =	25.7kg

図 8. 次善法元籠 1 連あたりの水揚げ重量

ここで、本研究から得られた結果を使用して、入替方法の違いによる 1 漁業経営体あたりのホタテガイ水揚げ重量及び水揚げ金額について試算した。試算では、成貝出荷用の次善法元籠（10 段パールネット、15 枚/段）を 1,000 連保有している漁業経営体が、①丸籠（10 枚/段）、②パールネット（4 枚/段）、③パールネット（5 枚/段）、④パールネット（6 枚/段）で入替した場合の 4 つパターンについて比較した。ホタテガイ単価については、青森県漁業協同組合連合会のホタテガイの規格別、基準価格表<sup>4)</sup>に基づき、2020 年

5月測定時のホタテガイ全重量からESA貝、S貝、M貝、L貝の規格別に分けて割合を算出した他、成貝基準価格（D貝）には2020年5月前期入札の実績値133円/kgを使用し、5月にすべての成貝を出荷した場合の水揚重量及び水揚金額について試算した。

2020年5月測定時におけるホタテガイ規格別の割合を図9に示した。パールネットは丸籠に比べ、ESA貝及びS貝の割合が少なく、L貝の割合が多く、大型の貝が多かった。

次に、水揚重量及び水揚金額の試算結果を表5～8、図10、11に示した。丸籠（10枚/段）、パールネット（4枚/段）、パールネット（5枚/段）、パールネット（6枚/段）の1漁業経営体あたりの水揚重量はそれぞれ22トン、23トン、24トン、26トン、水揚金額は393万円、418万円、440万円、474万円となり、6枚>5枚>4枚>丸籠の順に高い値となった。

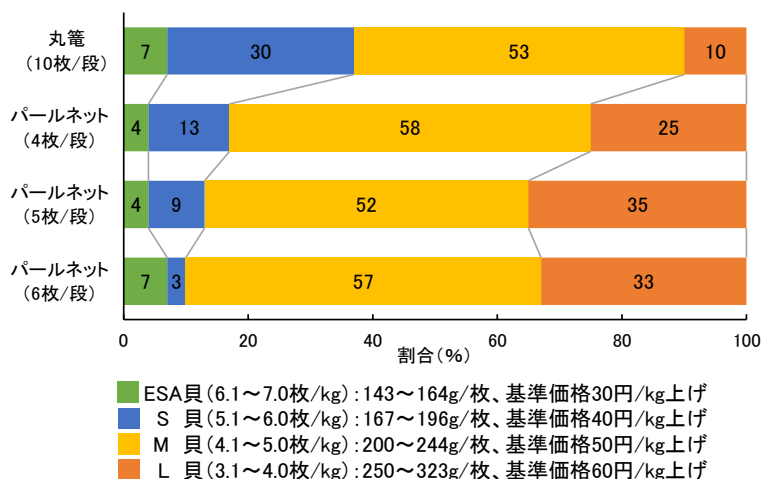


図9. 2020年5月測定時におけるホタテガイ規格別の割合

表5. 丸籠（10枚/段）で入れ替えた場合の試算結果

規格	次善法元籠1連あたり				次善法元籠1,000連あたり	
	単価(円/kg)	割合(%)	水揚重量(kg)	水揚金額(円)	水揚重量(kg)	水揚金額(円)
ESA貝	163	7	1.5	250	1,533	249,879
S貝	173	30	6.6	1,137	6,570	1,136,610
M貝	183	53	11.6	2,124	11,607	2,124,081
L貝	193	10	2.2	423	2,190	422,670
合計		100	21.9	3,933	21,900	3,933,240

表6. パールネット（4枚/段）で入れ替えた場合の試算結果

規格	次善法元籠1連あたり				次善法元籠1,000連あたり	
	単価(円/kg)	割合(%)	水揚重量(kg)	水揚金額(円)	水揚重量(kg)	水揚金額(円)
ESA貝	163	4	0.9	149	912	148,656
S貝	173	13	3.0	513	2,964	512,772
M貝	183	58	13.2	2,420	13,224	2,419,992
L貝	193	25	5.7	1,100	5,700	1,100,100
合計		100	22.8	4,182	22,800	4,181,520

表7. パールネット（5枚/段）で入れ替えた場合の試算結果

規格	次善法元籠1連あたり				次善法元籠1,000連あたり	
	単価(円/kg)	割合(%)	水揚重量(kg)	水揚金額(円)	水揚重量(kg)	水揚金額(円)
ESA貝	163	4	1.0	155	952	155,176
S貝	173	9	2.1	371	2,142	370,566
M貝	183	52	12.4	2,265	12,376	2,264,808
L貝	193	35	8.3	1,608	8,330	1,607,690
合計		100	23.8	4,398	23,800	4,398,240

表 8. パールネット（6 枚/段）で入れ替えた場合の試算結果

規格	次善法元籠1連あたり				次善法元籠1,000連あたり	
	単価(円/kg)	割合(%)	水揚げ重量(kg)	水揚げ金額(円)	水揚げ重量(kg)	水揚げ金額(円)
ESA貝	163	7	1.8	293	1,799	293,237
S貝	173	3	0.8	133	771	133,383
M貝	183	57	14.6	2,681	14,649	2,680,767
L貝	193	33	8.5	1,637	8,481	1,636,833
合計		100	25.7	4,744	25,700	4,744,220

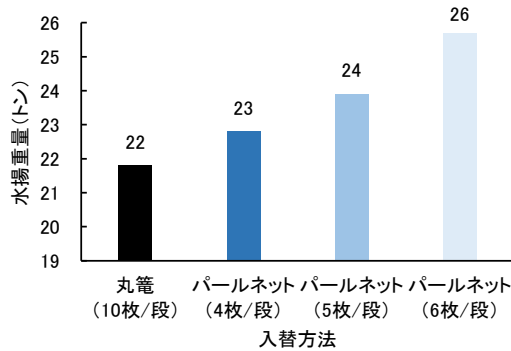


図 10. 1 漁業経営体あたりの水揚げ重量

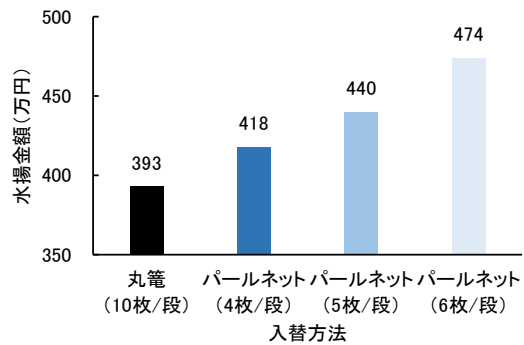


図 11. 1 漁業経営体あたりの水揚げ金額

#### 4. まとめ

以上の結果から、養殖工程については、次善法より最善法でへい死率及び異常貝率が低い傾向が見られ、ホタテガイの成長が良かったことから、大型でへい死しにくい貝を生産するという面では最善法が有効であると考えられる。ただし、最善法は次善法より 1 回多く入替作業を行う必要があることから、作業の労働負担についても考慮する必要がある。今回の試験では、稚貝分散時に最善法用と次善法用のパールネットへの収容枚数を 15 枚/段にしたが、次善法については収容枚数を 10 枚程度/段に少なくすることで、次善法のその後の成長不良、異常貝、へい死の発生を軽減できる可能性があることから、今後検証していく必要がある。

養殖籠については、パールネットと丸籠でへい死率及び異常貝率に明確な傾向は見られなかったものの、パールネットは丸籠よりホタテガイの成長が良いことが確認された。また、パールネットと丸籠でホタテガイの成長が異なる要因は、収容密度が関係しているのではなく、籠の構造の違いによるものと考えられた。元籠数が同一の場合、丸籠よりパールネットに入れ替えた方が、生産できる水揚げ重量及び水揚げ金額が多くなることから、効率的に成貝を生産するためには入替時にパールネットに入れ替えることが有効だと考えられた。パールネットへの収容枚数について、本研究では 6 枚/段が最も水揚げ重量及び水揚げ金額が高い値となった。収容枚数については、4~6 枚/段で成育状況に大きな差が見られなかったことから、今後、収容枚数をさらに多くした試験区を設定することで、適正な収容枚数について検討する必要がある。

#### 文 献

- 1) 吉田達 (2021) 2019 年のサンカクフジツボの付着時期. 令和元年度地方独立行政法人青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告, 350-351.
- 2) 吉田達 (2018) 平成 28 年春季に発生したホタテガイ成貝のへい死. 平成 28 年度地方独立行政法人青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告, 384-389.
- 3) 工藤敏博・小坂善信・木村博豊・吉田雅範・川村要 (2000) ホタテガイ種苗の種苗性評価及び改善に関する研究 (要約). 平成 10 年度青森県水産増殖センター事業報告書, 29, 151-153.
- 4) 青森県漁業協同組合連合会 (2020) 令和元年度版ほたて漁業の概要, 9.