

青森ほたて生産・販売実証事業（大型貝長距離輸送技術開発試験）

工藤 敏博*・吉田 達・小谷 健二・小倉 大二郎・川村 要

目 的

北九州地方では大型活ホタテガイに対する強い引き合いがあるが、青森県から輸送する場合、トラックによる長距離活貝輸送がネックとなっていた。このため、ホタテガイをへい死させることなくトラックで北九州地方へ輸送し、北九州地方での蓄養水槽に収容後も一定期間生残させることができる輸送技術の開発を行うための試験を実施した。

材料と方法

1 試験の条件設定について

実際に事業が行われた際に想定される輸送時間等の条件について、関係者から聞き取りを行い、下記のとおり設定した。

(1)大型活ホタテガイ

1kg に約 5 枚（180～220g/枚）の大きさで、付着物を除去してから数日間水槽等で養生した養殖 2～3 年貝とした。

(2)トラックでの輸送時間

青森県から北九州地方までの輸送時間を 30 時間とした。

(3)北九州地方での蓄養期間

北九州地方の蓄養槽にホタテガイを収容した後、蓄養する期間を 1 週間（168 時間）とした。

(4)輸送時の振動の影響について

聞き取りでは、最新式の活魚のトラックはエアサスを装備しており、ほとんど輸送時に振動の影響が無いとのことであったため、本試験では考慮しないこととした。

(5)軟体部指数等

軟体部指数＝軟体部重量÷全重量×100 として算出し、各試験での結果の比較・判定に用いた。また、貝柱指数＝貝柱重量÷軟体部重量×100、中腸腺指数＝中腸腺柱重量÷軟体部重量×100 として算出した。

2 トラックでの長距離輸送時の適正条件を把握するための試験

(1)水温別収容密度試験

トラックによる長距離活貝輸送時の効率的な水温、収容密度を把握するため実施した。

第 1 回目の試験は、平成 23 年 2 月 9 日から 2 月 14 日にかけて実施した。平内町東田沢の漁業者から購入して平内町漁協の蓄養槽で数日間蓄養していた養殖貝を平成 23 年 2 月 9 日に気温 10℃の恒温室内に置いた容量 100 ℓ の水槽（以下輸送水槽とする）3 面に 10℃の調温ろ過海水 20 ℓ を入れた後、海水重量の 20%、30%、50%に相当する重量を収容して止水・通気（ユニホースを用い、6.2ℓ /分通気）で 30 時間飼育した。また、トラック輸送時に通気が停止したことを想定して、上記の 20%重量収容と同じものを 1 水槽設置し、止水・無通気として 30 時間飼育した。これらは、定期的に DO、pH を測定するとともに、へい死貝を計数し、収容密度別生残率を調査した。

これらの貝を蓄養槽に移した後の生残率の推移を調べるため、2 月 10 日から 2 月 14 日にかけて、10℃及

*青森県東青地域県民局地域農林水産部青森地方水産業改良普及所

び 20℃の調温ろ過海水をかけ流しにした容量 250 ℓ の水槽にこれらの生貝を各 10 枚ずつ収容して定期的にへい死貝を計数した。

第 2 回目の試験は、平成 23 年 2 月 15 日から 2 月 23 日にかけて実施したが、輸送水槽の水温を 15℃とした以外は第 1 回目試験とほぼ同様の設定内容とした。

また、第 3 回目の試験は、平成 23 年 3 月 1 日から 3 月 2 日にかけて実施したが、輸送水槽の水温を 20℃とし、海水の 20% 重量収容の無通気飼育のみ実施した。

(2) 通気及び酸素供給比較試験

トラックによる長距離活貝輸送の際に空気と酸素のどちらを供給した方が効率的かを調査した。

試験は平成 23 年 3 月 8 日から 3 月 16 日にかけて実施した。平内町東田沢の漁業者から購入して平内町漁協の蓄養槽で数日間蓄養していた養殖貝を用い、平成 23 年 3 月 8 日に気温 15℃の恒温室内に置いた容量 100 ℓ の水槽 3 面に 15℃の調温ろ過海水 20 ℓ を入れた後、それぞれ海水の 30% に相当する重量を収容し、止水で 6.2ℓ /分で通気をした区、0.5ℓ /分で酸素を供給した区、2.0ℓ /分で酸素を供給した区の 3 つを設定し、30 時間飼育した（通気及び酸素はユニホースを用いて供給）。これらは、定期的に DO、pH を測定するとともに、へい死貝を計数した。

また、3 月 9 日にこれらを取り上げた後、20℃の調温ろ過海水をかけ流しにした容量 250 ℓ の水槽に収容して 3 月 16 日まで飼育を行い、生残率等を調査した。

(3) 輸送時の積み重ね影響試験

トラックによる長距離活貝輸送の際に、輸送水槽内でホタテガイをどの程度積み重ねた場合に影響があるか把握するため試験を実施した。

縦 43×横 33×深さ 27cm の籠に、8 枚×10 段を収容したものと 8 枚×5 段収容したものを 120 ℓ の海水を入れた容量 200 ℓ の水槽に収容し、気温 10℃の恒温室内で止水・通気として 30 時間飼育した。これらのホタテガイは取り上げた後、水温 10℃の海水をかけ流しながら 7 日飼育を行い、生残率等を調査した。なお、貝にはあらかじめ段毎にマーキングをし、へい死した貝が何段目のものだったかを調査した。

3 トラック到着後の蓄養に関する適正条件を把握するための試験

(1) 水温耐性試験

大型活ホタテガイの高水温耐性を調べ、北九州地方の蓄養水槽で水温調節をせずにホタテガイを蓄養できる時期を特定するため実施した。

第 1 回目の試験は、5 月 24 日から 5 月 31 日まで実施した。5 月 20 日に平内町浦田の漁業者から購入して平内町漁協の蓄養槽で 4 日間蓄養していた養殖貝を 5 月 24 日に当所に運搬し、容量 250 ℓ の水槽 4 面にそれぞれ 30 個体収容した。これらは無加温ろ過海水（平均水温 11℃）及び 20℃、23℃、25℃の調温ろ過海水を毎時 3 回転程度となるよう給水しながら、無給餌で 5 月 31 日まで飼育し、定期的に貝を観察してへい死貝を計数・除去した。また、試験開始時及び終了時に生貝の殻長、全重量などを測定し、比較した。

第 2 回目の試験は、6 月 7 日から 6 月 14 日まで実施した。当所の久栗坂実験漁場で養殖している貝を 6 月 2 日に付着物の除去を行った後、当所の栈橋で 5 日間蓄養し、6 月 7 日に容量 250 ℓ の水槽 3 面にそれぞれ 30 個体収容した。これらは無加温ろ過海水（平均水温 16℃）及び 24℃、27℃の調温ろ過海水を給水しながら第 1 回目と同様の方法で試験を実施した。

(2)水温差影響試験

トラック到着後、蓄養水槽にホタテガイを収容する際の温度差の影響について調査するため試験を実施した。

試験は平成 23 年 2 月 28 日から 3 月 7 日まで実施した。平内町東田沢の漁業者から購入して平内町漁協の蓄養槽で数日間蓄養していた養殖貝を平成 23 年 2 月 28 日に当所に運搬し、縦 46cm×横 32cm×深さ 16cm の野菜籠 4 個にそれぞれ 20 個体ずつ収容した。これらの野菜籠は、5℃、10℃、20℃の調温ろ過海水をかけ流した容量 250 ℓ の 3 水槽を用い、①期間中 10℃の水槽に収容したもの、②期間中 20℃の水槽に収容したもの、③毎日午前 8 時 30 分～午後 5 時までを 5℃の水槽に収容し午後 5 時～翌日午前 8 時 30 分は 20℃の水槽に収容したもの、④毎日午前 8 時 30 分～午後 5 時までを 10℃の水槽に収容し午後 5 時～翌日午前 8 時 30 分は 20℃の水槽に収容したものの 4 試験区を設定し、定期的に貝を観察してへい死貝を計数・除去した。また、試験開始時及び終了時に生貝の殻長、全重量などを測定し、比較した。

(3)籠収容密度別蓄養試験

活貝を蓄養水槽に収容する場合、容易に取り上げることができるように水槽に直播するのではなく、籠に入れてから水槽で蓄養するのが一般的である。ここでは、効率的に蓄養をするために、水槽内に収容する籠にホタテガイをどの程度まで重ねて収容しても影響がないのかを調査した。

試験は 6 月 21 日から 6 月 28 日まで実施した。6 月 21 日に平内町小湊の漁業者から購入して平内町漁協の蓄養槽で数日間蓄養していた養殖貝を縦 46cm×横 32cm×深さ 16cm の野菜籠に 8 個体収容したもの（1 段）、16 個体収容したもの（2 段重ね）、32 個体収容したもの（4 段重ね）を容量 250 ℓ の水槽に収容し、無加温ろ過海水（平均水温 18℃）及び 23℃の調温ろ過海水をかけ流して 6 月 28 日まで無給餌で飼育し、定期的に貝を観察してへい死貝を計数・除去した。また、試験開始時及び終了時に生貝の殻長、全重量などを測定し、比較した。

結 果

1 トラックでの長距離輸送時の適正条件を把握するための試験

(1)水温別収容密度試験

表 1 に第 1 回目試験に用いたホタテガイの測定結果を、表 2 に輸送水槽での生残状況を、表 3 に輸送水槽から蓄養水槽へ移動した後の生残状況を示した。

輸送水槽を 10℃とした第 1 回目試験では、水量の 20%、30%、50%重量のホタテガイを収容しても 30 時間後にへい死はほとんど確認されず、無通気としたものもすべて生残していた。その後これらを 10℃及び 20℃の海水で約 90 時間蓄養して生残状況を観察したところ、10℃で 20%、30%重量収容区を蓄養したものは全て生残していたが、10℃で 50%重量収容区及び無通気区と 20℃で 20%、30%、50%重量収容区では 80～90%の生残率となり、20℃で無通気区は 30%と低い生残率であった。

図 1 に輸送水槽内の DO の推移を示したが、試験開始時はいずれの区も 9.1mg/ℓ であったものが 20%重量収容区ではほぼ 8.7 mg/ℓ、30%及び 50%重量収容区ではほぼ 8.0mg/ℓ 前後で推移した。無通気区は試験開始直後から急激に減少する傾向が見られ、3 時間後には約 1.0mg/ℓ となり、その後は 0.5mg/ℓ 前後で推移した。

図 2 に輸送水槽内の pH の推移を示した。試験開始時 30 時間後に 20%、30%、50%重量収容区は 8.0 であったが、無通気区は試験開始直後から低下する傾向が見られ、試験終了時には 7.4 となった。

表1 第1回水温別収容密度試験で用いたホタテガイの測定結果(n=30)

殻長 (mm)	全重量 (g)	軟体部重量 (g)	軟体部指数 (%)	異常貝出現 率(%)
113.6 ±3.5	179.7 ±15.6	76.6 ±8.4	42.6 ±2.3	3.3

※ ±後の数値は標準偏差

表2 第1回水温別収容密度試験における輸送水槽(水温10℃)での生残状況

試験区	開始時		終了時(30時間後)	
	収容枚数(枚)	収容重量(kg)	生残枚数(枚)	生残率(%)
20%収容	21	3.875	20	95.2
30%収容	33	5.990	33	100
50%収容	53	9.800	53	100
20%無通気	22	3.895	22	100

表3 第1回水温別収容密度試験における蓄養後の生残率の推移

蓄養時間	蓄養水温10℃				蓄養水温20℃			
	20%収容	30%収容	50%収容	20%無通気	20%収容	30%収容	50%収容	20%無通気
0(開始時)	100	100	100	100	100	100	100	100
17.8	100	100	100	100	100	100	100	100
72.5	100	100	80	90	90	100	90	50
89.8(終了時)	100	100	80	90	90	90	90	30

単位・%

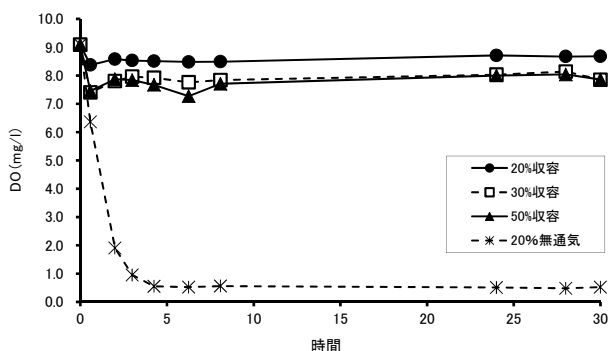


図1 第1回水温別収容密度試験におけるDOの推移

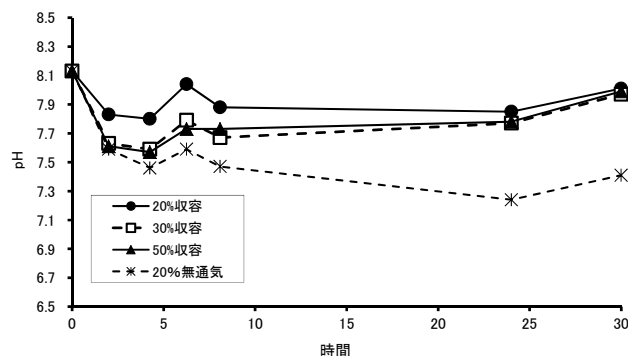


図2 第1回水温別収容密度試験におけるpHの推移

表4に第2回目試験における輸送水槽での生残状況を、表5に輸送水槽から蓄養水槽へ移動した後の生残状況を示した。

輸送水槽を15℃とした第2回目試験では、水量の20%、30%、50%重量のホタテガイを収容しても30時間後にへい死はほぼ見られなかったが、無通気区では生残率が約70%とやや低い値であった。その後これらを10℃及び20℃の海水で蓄養して生残状況を観察したところ、41.5時間までは10℃では20%、30%、50%重量収容区のいずれもすべて生残していたが、20℃では20%重量の生残率が100%であったのに対し30%重量が90%、50%重量が60%と収容する重量が多いほど低下する傾向が見られた。また、蓄養終了時の生残率を見ると、概ね収容密度が低いほど高い傾向が見られた。

無通気区では蓄養終了時に10℃及び20℃のいずれもすべてへい死していたが、10℃よりも20℃の方が急激にへい死する傾向が見られた。

図3に輸送水槽内のDOの推移を示したが、試験開始時はいずれの区も8.5mg/lであったものが20%及び30%重量収容区ではほぼ7.9mg/l、50%重量収容区ではほぼ7.0mg/l前後で推移した。無通気区は試験開始直後から急激に減少する傾向が見られ、約2時間後には約1.0mg/lとなった。その後、24時間後までは0.5mg/l前後で推移したが、それ以降は若干上昇する傾向が見られ、試験終了時には0.90mg/lとなった。

図4に輸送水槽内のpHの推移を示した。試験開始時30時間後に20%及び30%重量収容区は7.9、

50%重量収容区は 7.7 であったが、無通気区は試験開始直後から低下する傾向が見られ、試験終了時に 7.2 となっていた。

表4 第2回水温別収容密度試験における輸送水槽(水温15℃)での生残状況

試験区	開始時		終了時(30時間後)	
	収容枚数(枚)	収容重量(kg)	生残枚数(枚)	生残率(%)
20%収容	21	4.035	21	100
30%収容	31	5.935	30	96.8
50%収容	53	10.000	51	96.2
20%無通気	22	4.100	16	72.7

表5 第2回水温別収容密度試験における蓄養後の生残率の推移

蓄養時間	蓄養水温10℃				蓄養水温20℃			
	20%収容	30%収容	50%収容	20%無通気	20%収容	30%収容	50%収容	20%無通気
0(開始時)	100	100	100	100	100	100	100	100
17.8	100	100	100	100	100	90	70	25
41.5	100	100	100	63	100	90	60	0
113.8	100	80	70	0	80	80	50	0
137.8	100	60	60	0	70	80	50	0
165.8(終了時)	90	60	50	0	70	80	50	0

単位:%

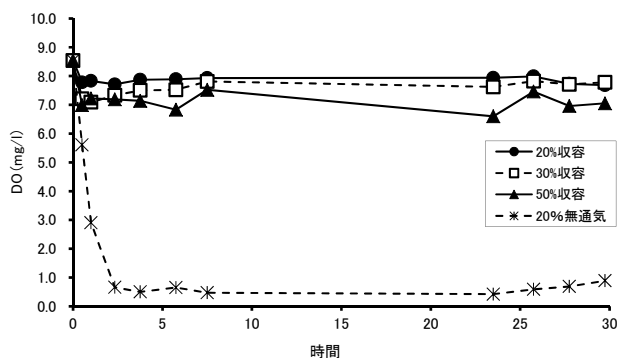


図3 第2回水温別収容密度試験におけるDOの推移

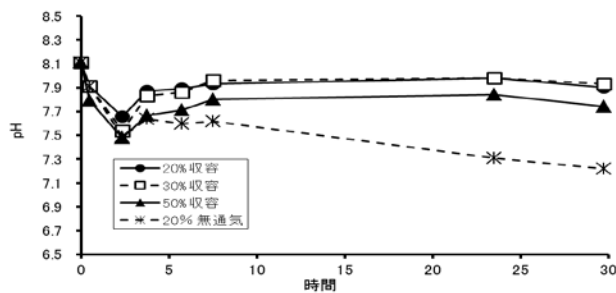


図4 第2回水温別収容密度試験におけるpHの推移

輸送水槽を 20℃とし無通気区のみを設定した第3回試験について、表6に輸送水槽での生残状況を示したが、24時間経過した時点ですべての個体がへい死した。

図5に輸送水槽内のDOの推移を示した。試験開始時には7.6 mg/lであったが、その後急激に減少して1時間後には1.0 mg/lとなり、その後10時間目までは0.4 mg/l前後で推移したが、全数のへい死が確認された24時間後には0.7 mg/lと若干上昇していた。

図6に輸送水槽内のpHの推移を示したが、試験開始直後から低下する傾向が見られ、24時間後には7.0となった。

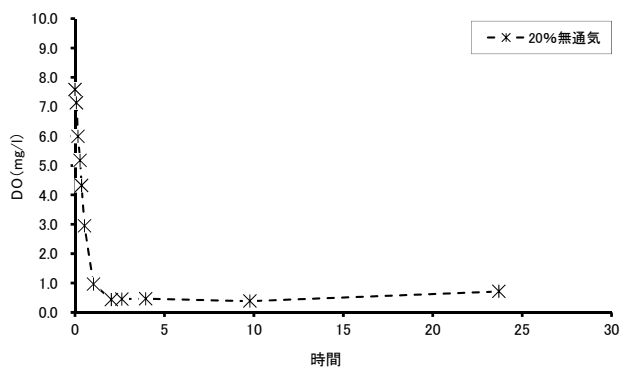


図5 第3回水温別収容密度試験におけるDOの推移

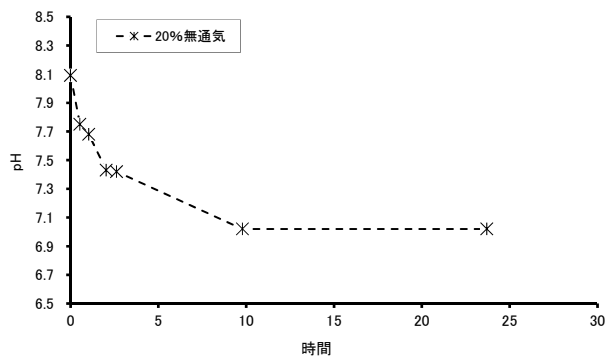


図6 第3回水温別収容密度試験におけるpHの推移

表6 第3回水温別収容密度試験における輸送水槽(水温20℃)での生残状況

試験区	開始時		終了時(24時間で全数へい死)	
	収容枚数(枚)	収容重量(kg)	生残枚数(枚)	生残率(%)
20%無通気	20	4.050	0	0

(2)通気及び酸素供給比較試験

表7に試験に用いたホタテガイの測定結果を、表8に輸送水槽での生残状況を、表9に輸送水槽から蓄養水槽へ移動した後の生残状況を示した。

エア一区、酸素0.5ℓ区及び酸素2.0ℓ区のいずれも輸送水槽内及び蓄養水槽内ではほとんどへい死は見られなかった。

表10に試験終了時のホタテガイの測定結果を示した。軟体部指数を比較するとエア一区と酸素0.5ℓ区の間は統計的に有意な差ではなかったものの、エア一区>酸素0.5ℓ区>酸素2.0ℓ区の順となっていた(他はP<0.01で有意)。

図7に輸送水槽内のDOの推移を示したが、エア一区は7.0 mg/ℓ前後で推移した(酸素供給区はDOメーターでは測定不能)。

図8に輸送水槽内のpHの推移を示したが、いずれの区も時間とともに低下する傾向が見られ、30時間後の値は、エア一区と酸素2.0ℓ区が約7.8、酸素0.5ℓ区が7.4であった。

表7 通気及び酸素供給比較試験で用いたホタテガイの測定結果(n=30)

殻長 (mm)	全重量 (g)	軟体部重量 (g)	軟体部指数 (%)	異常貝出現 率(%)
118.2 ±3.9	196.8 ±18.9	94.1 ±11.4	47.9 ±4.2	0

※ ±後の数値は標準偏差

表8 通気及び酸素供給比較試験における輸送水槽(水温15℃)での生残状況

試験区	開始時		終了時(30時間後)	
	収容枚数(枚)	収容重量(kg)	生残枚数(枚)	生残率(%)
エア一区	30	6.030	30	100
酸素0.5ℓ区	29	6.030	29	100
酸素2.0ℓ区	29	6.020	29	100

表9 通気及び酸素供給比較試験における蓄養後の生残率の推移

蓄養時間	エア一区	酸素0.5ℓ区	酸素2.0ℓ区
0(開始時)	100	100	100
17.6	100	100	100
26.8	100	100	100
41.6	100	100	100
114.6	100	100	100
121.8	100	100	100
137.4	100	100	100
167.9(終了時)	96	100	100

単位:%

表10 通気及び酸素供給比較試験における蓄養終了時のホタテガイ測定結果

試験区	殻長 (mm)	全重量 (g)	軟体部重量 (g)	軟体部指数 (%)
エア一区	117.8 ±4.8	187.4 ±17.9	83.5 ±9.2	44.5 ±2.8
酸素0.5ℓ区	118.6 ±4.6	193.0 ±17.2	84.5 ±7.7	43.8 ±2.5
酸素2.0ℓ区	118.9 ±4.3	192.2 ±16.9	80.4 ±8.3	41.8 ±2.5

※ ±後の数値は標準偏差

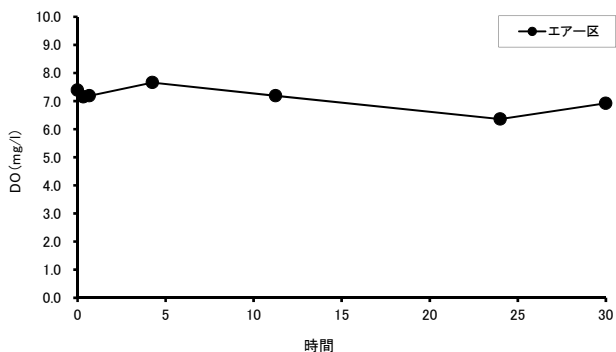


図7 通気及び酸素供給比較試験におけるDOの推移

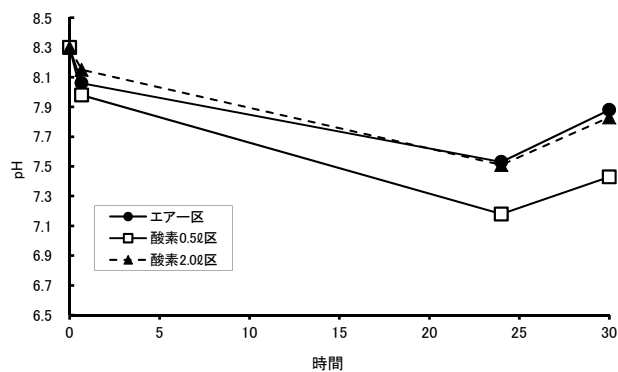


図8 通気及び酸素供給比較試験におけるpHの推移

(3) 輸送時の積み重ね影響試験

試験には平均全長 119.5 ± 6.7 mm、平均重量 201.4 ± 26.6 g のホタテガイを用いた。なお試験開始数時間後から産卵が行われ飼育水が濁ったため、5時間目に調温海水を用いて全換水を行った。

表 11 に輸送水槽内での段別へい死状況を示したが、いずれの区のいずれの段もへい死貝はほとんど見られなかった。

表 12 に蓄養時の段別へい死状況を示したが、5段重ね区、10段重ね区とも24.5時間目まではほとんどへい死貝は確認されなかった。しかし88.8時間目からへい死貝が確認されるようになり、試験終了時の総へい死貝数は5段重ね区で6枚(へい死率15%)、10段重ね区では20枚(へい死率25%)となっており、段数別のへい死貝は5段重ね区では下から1及び2段目のみに、10段重ね区では下から1~6段目に集中していた。

図 9 に輸送水槽内の DO の推移を示したが、試験終了時に5段重ね区は 8.1 mg/l、10段重ね区は 7.6 mg/l とホタテガイに悪い影響を与える値ではなかった。

表11 輸送時の積み重ね影響試験における輸送水槽での段別へい死状況(30時間飼育後)

へい死枚数(1段収容数8枚)														
5段重ね区					10段重ね区									
下から1段目	2段目	3段目	4段目	5段目	下から1段目	2段目	3段目	4段目	5段目	6段目	7段目	8段目	9段目	10段目
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表12 輸送時の積み重ね影響試験における蓄養後の段別へい死状況

確認時間	へい死枚数(1段収容数8枚)														
	5段重ね区					10段重ね区									
	下から1段目	2段目	3段目	4段目	5段目	下から1段目	2段目	3段目	4段目	5段目	6段目	7段目	8段目	9段目	10段目
0(開始時)															
17.0	1												1		
24.5															
88.8	2					2	2		1	3	1			1	
95.5										1					
117.0						1	1	1		1	1			1	
137.5						1									
144.0			1												
161.0	1	1				1									
合計	4	2	0	0	0	5	3	1	1	5	2	0	1	0	2

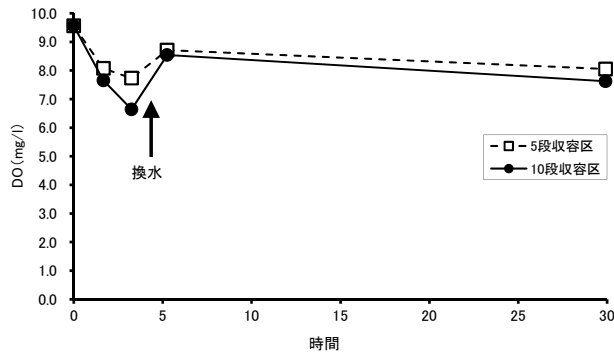


図9 輸送時の積み重ね影響試験におけるDOの推移

2 トラック到着後の蓄養に関する適正条件を把握するための試験

(1) 水温耐性試験

表 13 に第 1 回目試験に用いたホタテガイの測定結果を、図 10 に水温の推移を、図 11 に DO の推移を示した。ろ過区の水温は、10.2~13.0℃の範囲にあり（平均 11.4℃）、経過日数に伴い若干上昇する傾向が見られたが、20℃、23℃、25℃区はいずれも試験開始から終了までほぼ設定した水温で推移した。また、DO もいずれの区もほぼ一定の値で推移し、試験終了時にはろ過区が 9.7 mg/l と最も高い値であったが、最も低かった 23℃区でも 7.6 mg/l とホタテガイに悪い影響を与えるほどの値ではなかった。

表13 第1回水温耐性試験で用いたホタテガイの測定結果(n=30)

殻長 (mm)	全重量 (g)	軟体部重量 (g)	貝柱重量 (g)	中腸腺重量 (g)
123.8 ±5.2	212.8 ±22.6	93.4 ±13.6	32.8 ±7.7	7.2 ±1.3

※ ±後の数値は標準偏差

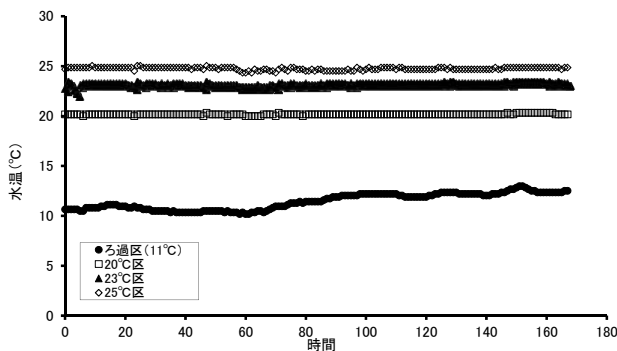


図10 第1回高水温耐性試験における飼育水温の推移

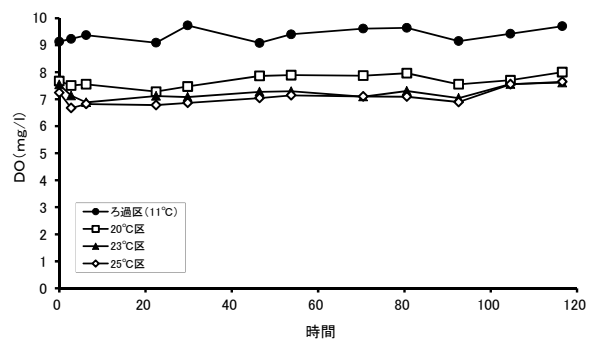


図11 第1回高水温耐性試験におけるDOの推移

図 12 に生残率の推移を示した。ろ過区~23℃区では、試験終了時までの間、かみ合わせ等による水温の影響ではないと考えられる若干のへい死貝がみられたただであったが、25℃区では 22 時間目に急激なへい死が見られ、その後 94 時間目まで継続してへい死が確認されたが、それ以降はへい死貝は確認されなくなり、最終的な生残率は 16.7%であった。

表 14 に試験終了時に生残していたホタテガイの測定結果を示したが、軟体部指数を比較すると、

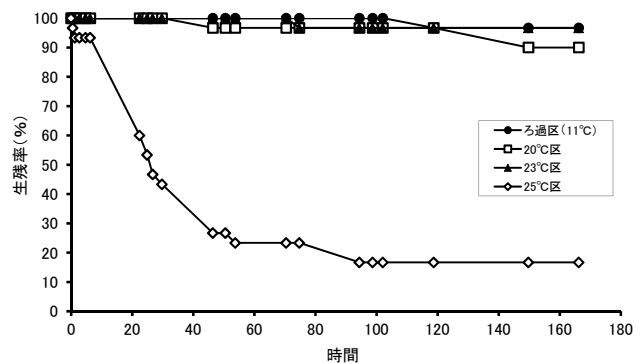


図12 第1回高水温耐性試験における生残率の推移

ろ過区は有意 ($P < 0.01$) に 20~25℃区より大きい値であった。また、20~25℃区の間で軟体部指数を比較すると統計的に有意な差ではなかったものの、20℃区 > 23℃区 > 25℃区の順となっており、中腸腺指数でも同様の傾向が見られた。

表14 第1回水温耐性試験終了時のホタテガイ測定結果

試験区	殻長 (mm)	全重量 (g)	軟体部重量 (g)	貝柱重量 (g)	中腸腺重量 (g)	軟体部指数 (%)	貝柱指数 (%)	中腸腺指数 (%)
ろ過区	126.8 ± 6.1	220.7 ± 25.6	102.0 ± 14.4	36.3 ± 7.3	6.6 ± 1.0	46.2 ± 3.6	35.4 ± 4.0	6.5 ± 0.7
20℃区	125.2 ± 5.7	218.5 ± 26.5	94.6 ± 13.6	33.8 ± 6.0	5.9 ± 1.1	43.3 ± 3.5	35.6 ± 3.0	6.3 ± 0.6
23℃区	124.1 ± 5.5	221.9 ± 27.8	93.5 ± 12.0	35.0 ± 6.4	5.8 ± 0.9	42.1 ± 2.6	37.4 ± 4.0	6.2 ± 0.7
25℃区	125.6 ± 6.9	234.3 ± 24.6	95.5 ± 15.9	35.1 ± 7.5	5.4 ± 1.0	40.7 ± 4.6	36.6 ± 2.7	5.7 ± 1.0

※ 土後の数値は標準偏差 ろ過区の水温は平均11.4℃(10.2~13.0℃)

表 15 に第 2 回目試験に用いたホタテガイの測定結果を、図 13 に水温の推移を、図 14 に DO の推移を示した。ろ過区の水温は、14.2~17.7℃の範囲にあり（平均 15.9℃）、経過日数に伴い若干上昇する傾向が見られたが、24℃、27℃区はいずれもほぼ設定した水温で推移した。また、DO もいずれの区もほぼ一定の値で推移し、最も低かった 27℃区（7 時間で試験終了）でも 6.0 mg/l とホタテガイに悪い影響を与えるほどの値ではなかった。

表15 第2回水温耐性試験で用いたホタテガイの測定結果(n=30)

殻長 (mm)	全重量 (g)	軟体部重量 (g)	貝柱重量 (g)	中腸腺重量 (g)
125.3 ± 5.7	220.5 ± 23.8	99.3 ± 12.1	37.1 ± 5.7	7.4 ± 1.1

※ 土後の数値は標準偏差

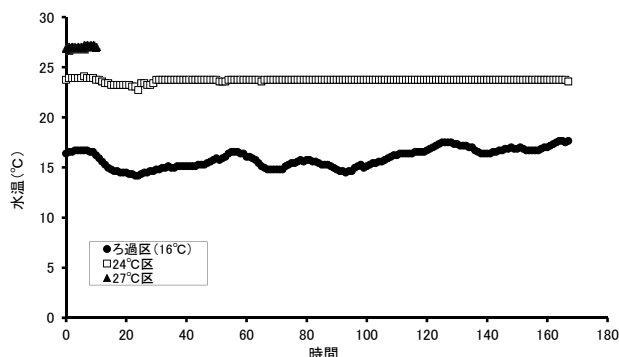


図13 第2回高水温耐性試験における飼育水温の推移

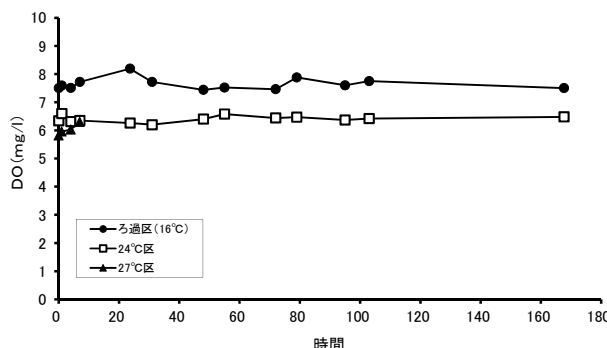


図14 第2回高水温耐性試験におけるDOの推移

図 15 に生残率の推移を示した。ろ過区及び 24℃区では、試験終了時の生残率はそれぞれ 100%及び 93.3%であったが、27℃区では試験開始 2 時間目からへい死が始まり、その後急激なへい死が見られ、9 時間目には全数がへい死した。

表 16 に試験終了時に生残していたホタテガイの測定結果を示したが、軟体部指数を比較すると、統計的に有意な差ではなかったものの、ろ過区 > 24℃区と、中腸腺指数を比較すると有意 ($P < 0.05$) にろ過区 > 24℃区となっており、第 1

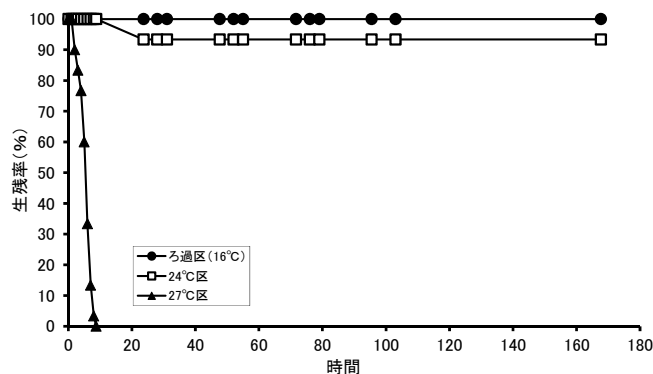


図15 第2回高水温耐性試験における生残率の推移

回目試験と同様に水温が低い方がいずれも高い値を示す傾向が見られた。

表16 第2回水温耐性試験終了時のホタテガイ測定結果

試験区	殻長 (mm)	全重量 (g)	軟体部重量 (g)	貝柱重量 (g)	中腸腺重量 (g)	軟体部指数 (%)	貝柱指数 (%)	中腸腺指数 (%)
ろ過区	126.4 ±5.3	224.5 ±25.0	93.0 ±11.8	35.7 ±6.5	6.1 ±1.0	41.5 ±3.2	38.2 ±3.1	6.6 ±0.8
24℃区	126.6 ±6.9	217.7 ±30.0	88.2 ±13.0	35.5 ±6.1	5.5 ±1.1	40.5 ±2.2	40.2 ±3.0	6.2 ±0.7
27℃区	-	-	-	-	-	-	-	-

※ 土後の数値は標準偏差 ろ過区の水温は平均15.9℃(14.2~17.7℃)、27℃区は9時間で全数へい死

(2) 水温差影響試験

表 17 に試験に用いたホタテガイの測定結果を、図 16 に生残状況を示した。

水温を一定に保った区の試験終了時の生残率を比較すると、10℃一定区は 95.0%、20℃一定区は 75.0%となっており、水温が低い方が高い生残率であった。また、水温を定期的に変化させた区の試験終了時の生残率を比較すると、5℃20℃交互区は 76.2%、10℃20℃交互区は 95.0%となっており、水温差が 10℃の方が15℃の場合よりも高い生残率であった。また、20℃一定区が生残率よりも 10℃20℃交互区の方が高い生残率であった。

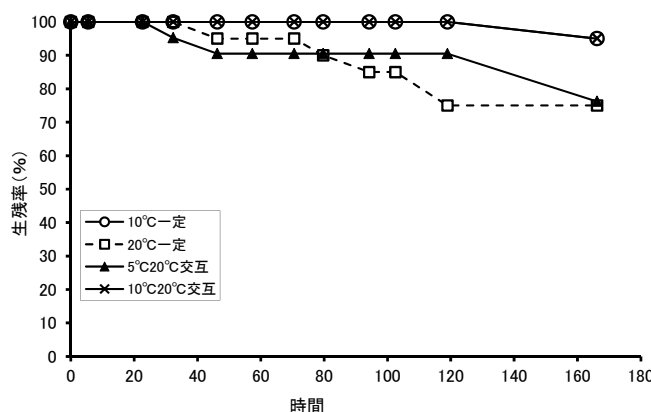


図16 水温差影響試験における生残率の推移

表 18 に試験終了時に生残していたホタテガイの測定結果を示したが、各試験区間で特徴的な差は見られなかった。

表17 水温差影響試験で用いたホタテガイの測定結果 (n=30)

殻長 (mm)	全重量 (g)	軟体部重量 (g)	軟体部指数 (%)	異常貝出現 率(%)
119.3 ±4.0	196.2 ±17.0	96.2 ±8.8	47.6 ±2.9	0

※ 土後の数値は標準偏差

表18 水温差影響試験終了時のホタテガイ測定結果

試験区	殻長 (mm)	全重量 (g)	軟体部重量 (g)	軟体部指数 (%)
10℃一定	119.6 ±4.1	191.4 ±20.7	90.7 ±8.4	47.6 ±4.1
20℃一定	120.3 ±5.9	199.5 ±27.3	93.2 ±13.3	46.7 ±2.6
5℃20℃交互	117.9 ±5.2	190.4 ±14.7	89.6 ±23.8	47.1 ±12.1
10℃20℃交互	119.9 ±5.2	201.2 ±22.7	95.9 ±13.3	47.6 ±2.5

※ 土後の数値は標準偏差

(3) 籠収容密度別蓄養試験

表 19 に試験に用いたホタテガイの測定結果を、図 17 に生残状況を示した。

表19 籠収容密度別蓄養試験で用いたホタテガイの測定結果 (n=30)

殻長 (mm)	全重量 (g)	軟体部重量 (g)	軟体部指数 (%)	異常貝出現 率(%)
118.9 ±5.0	185.8 ±19.8	85.1 ±10.4	45.8 ±2.1	0

※ 土後の数値は標準偏差

ろ過区（16.6～20.2℃。平均水温 18.4℃）では1段、2段、4段のいずれも51時間目まで全くへい死貝は見られず、試験終了時の生残率は1段では生残率は100%、2段及び4段では約90%と高い値であったが、23℃区では1段では26時間目から、2段及び4段では5時間目からへい死貝が見られ、試験終了時の生残率は1段では37.5%、2段では25.0%、4段では12.5%と段数が多いほど低い値であった。

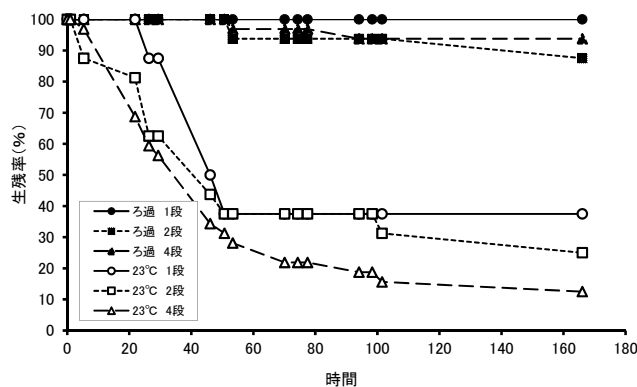


図17 籠収容密度別蓄養試験における生残率の推移

表 20 に試験終了時に生残していたホタテガイ

の測定結果を示したが、ろ過区と 23℃区の軟体部指数を段数毎に比較すると、23℃区が生残枚数が極端に少ないため統計的に有意な差ではなかった段数もあるが、いずれもろ過区の方が大きい値であった。

表20 籠収容密度別蓄養試験終了時のホタテガイ測定結果

試験区	殻長 (mm)	全重量 (g)	軟体部重量 (g)	軟体部指数 (%)
ろ過 1段	119.4 ±2.8	200.1 ±22.5	89.2 ±11.6	44.6 ±3.0
ろ過 2段	122.7 ±5.0	205.5 ±23.1	88.9 ±14.4	43.1 ±2.4
ろ過 4段	122.5 ±4.7	203.6 ±22.9	85.5 ±10.8	42.0 ±2.4
23℃ 1段	117.8 ±6.3	198.8 ±36.9	77.4 ±23.2	38.5 ±5.2
23℃ 2段	119.9 ±4.5	205.6 ±9.4	83.8 ±14.7	40.6 ±5.5
23℃ 4段	119.5 ±8.0	206.6 ±34.9	85.2 ±12.9	41.5 ±4.5

※ 土後の数値は標準偏差 ろ過区の水温は平均18.4℃(16.6～20.2℃)

考 察

1 トラックでの長距離輸送時の適正条件について

(1) 輸送時の水温及び収容密度について

水温別収容密度試験の結果を見ると、輸送水槽の水温を 10℃及び 15℃として、水量の 20%、30%及び 50%重量のホタテガイを収容しても 30 時間後には、いずれもほぼ全てが生残していた。しかし、これらを蓄養水槽に移動し、90～100 時間蓄養した時点で生残率が 100%であったのは、輸送水槽の水温を 10℃として 20%、30%重量のホタテガイを収容した場合（10℃の海水で蓄養）と輸送水槽の水温を 15℃として 20%重量のホタテガイを収容した場合（10℃の海水で蓄養）のみであった。このことから、効率的に輸送する場合、到着時点でのみホタテガイが生きていれば良いのであれば輸送時の水温を 15℃以下として水量の 50%重量までは運搬できるものと考えられたが、その後ホタテガイを 1 週間程度生かしておくのであれば、輸送時の水温を 10℃以下として収容密度を 30%重量程度に抑えた方が良いものと考えられた。

輸送水槽に 20%重量のホタテガイを収容して無通気とした場合、水槽内の D0 が 1.0mg/ℓ まで低下するまでの時間は、水温が 10℃の場合は約 3 時間後、15℃の場合は約 2 時間後、20℃の場合は約 1 時間後となっており、水温が高いほど酸素消費量が多く、D0 が急激に低下することがわかった。このことから、輸送時の通気等のトラブルを考慮すると、なるべく低い水温で輸送した方が安全であるものと考えられた。

(2) 通気及び酸素の比較について

通気及び酸素供給比較試験の結果から、エアと酸素のどちらでも必要十分な量を供給していれば輸送

時及びその後の蓄養時の生残率に差がないことがわかったが、輸送時に酸素を供給する量が多いほど蓄養後の軟体部指数が低下する（やせる）傾向が見られ、これは過剰な量の酸素がホタテガイの代謝に影響を与えたことが考えられた。このことやコスト面を考えると、輸送の際には酸素を供給せずにエアーを供給した方がよいものと考えられた。

(3) 輸送水槽内でのホタテガイ積み重ね段数について

輸送時の積み重ね影響試験の結果から、到着時点でのみホタテガイが生きていれば良いのであれば、10段に積み重ねて運搬しても良いものと考えられたが、輸送後にホタテガイを1週間程度生かしておくのであれば、5段重ね区の下から3～5段目及び10段重ね区の下から7～10段目でほとんどへい死貝が見られなかったことから、輸送水槽に収容する籠内でホタテガイを重ねる段数を3～4段に留め、必要であれば輸送水槽内に収容する籠数を増やせばよいものと考えられた。

2 トラック到着後の蓄養に関する適正条件について

(1) 蓄養可能な時期の把握について

水温耐性試験の結果から、1枚200g前後の大型ホタテガイが耐えることができる水温は24℃までであり、25℃になるとへい死が始まり、27℃では速やかに全数がへい死することがわかった。

しかし、この結果は水温のみの影響についてであり、これまで述べてきた輸送時の負荷を与えた後に蓄養を行った試験では、蓄養時に20℃を越すとへい死率が高くなることやホタテガイの好適水温は5～20℃とされる¹⁾ことから、事業として北九州地方において天然水温で蓄養を行う場合、安全を見込んで水温20℃以下の時期に実施した方がよいものと考えられた。

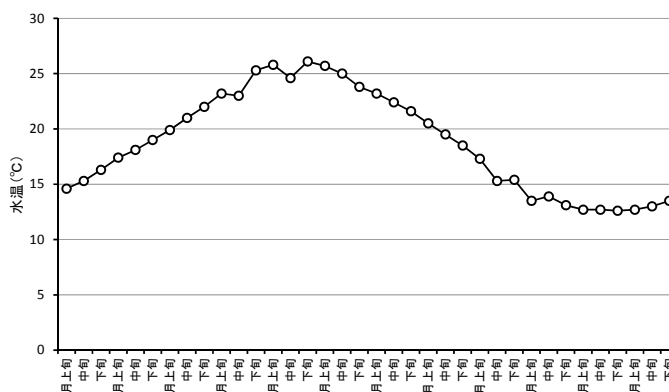


図18 佐賀県鎮西町波戸地先の水温の推移(平成元年～19年平均)

一例として図18に佐賀県鎮西町波戸地先の水温の推移²⁾を示した。これによると蓄養が可能な時期は11月中旬から翌年6月上旬までと考えられるが、2～3月は産卵期にあたるため、水質管理には十分注意を払う必要があるものと考えられた。

(2) 輸送水槽から蓄養水槽へホタテガイを移動する際の水温差の影響について

水温差影響試験では、温度差による影響を明確に再現させるため1週間にわたり毎日5℃と20℃及び10℃と20℃の海水に交互に入れて生残率を比較したが、水温差を10℃とした方が15℃とした方よりも高い値であったことから、輸送水槽から蓄養水槽へ移動する際は5℃から20℃の範囲内であれば水温差を10℃以内とした方がよいものと考えられた。

また、毎日10℃と20℃の海水に交互に入れたものは、10℃で一定に飼育したものと同じく高い生残率であり、20℃で一定に飼育したものより高い値であったことから、この範囲での10℃程度の温度差はあまり生残に影響を及ぼすものではなく、むしろ一定の高い水温で飼育するよりは間欠的に水温を低下させることにより生残率の低下を防ぐことができるものと考えられた。

(3) 蓄養水槽内に収容する籠に重ねることができるホタテガイの段数について

籠収容密度別蓄養試験の結果から、水温が約 18℃の場合、2 日間程度であれば 4 段重ねにしてもへい死させることなく蓄養することができるが、1 週間にわたり全てを生残させるのであれば、1 段とした方が安全であるものと考えられた。なお、水温が 23℃の場合はへい死が多く、蓄養に適していない水温であることが改めて確認された。

引用文献

- 1) 山本護太郎 (1964) 陸奥湾におけるホタテガイ養殖. 水産増養殖叢書 6, 日本水産資源保護協会, pp13.
- 2) 佐賀県玄海水産振興センター (2011) 水産振興センター地先水温. 平成 21 年度佐賀県玄海水産振興センター業務報告, 159.