

相模湾における養殖イワガキの成長

渡邊芳明・石黒雄一・中川研

Growth of cultured Iwagaki Oysters (*Crassostrea nippona*) in Sagami Bay

Yoshiaki WATANABE*, Yuichi ISHIGURO**, and Ken NAKAGAWA*

緒言

イワガキ*Crassostrea nippona*は陸奥湾から九州、日本海側にも多く分布し¹⁾、相模湾においても生息が確認されている^{2, 3)}。殻高は20cm以上になり、殻は厚く、右殻殻表には檜皮状の薄板が密生している^{4, 5)}。マガキが潮間帯に生息するのに対し、イワガキはそれより深い岩礁に着生して生息しており⁶⁾、日本海沿岸を中心に養殖が行われている^{7, 8)}。冬が旬のマガキに対して、夏でもグリコゲンの含有率が高く美味しいため「夏牡蠣」の異名があり、食通の間で人気がある⁶⁾。相模湾における貝類養殖は、統計上は現れていないものの⁹⁾、関東地方を中心に需要が拡大していること¹⁰⁾、マガキと漁獲時期が異なること、希少価値があることなどから¹¹⁾、新たな養殖対象種として有望であると考えられる。そこで、イワガキ人工種苗を用い、2つの方式による養殖試験を実施し、得られた成長等の基礎知見をもとに相模湾におけるイワガキ養殖の可能性について検討した。

方法

イワガキ養殖は、延縄式養殖⁶⁾と呼ばれる方式で実施した。延縄式養殖は、幹縄に種苗を吊り下げて養殖する方式で、種苗の吊り下げ方法により、ロープ垂下方式、籠垂下方式などがある¹⁰⁾。今回は、神奈川県水産技術センター相模湾試験場（以下、当场という）が神奈川県小田原市江之浦漁港沖で管理している流速観測ブイを固定する幹縄を使用して、ロープ垂下方式と籠垂下方式の2種類の方法で養殖試験を実施した。また、同場所における調査期間中の水深5m、10m、20mの水温について自動測定機を用いて、24時間間隔で測定した。養殖試験実施場所を図1に、養殖施設の概要を図2に示す。

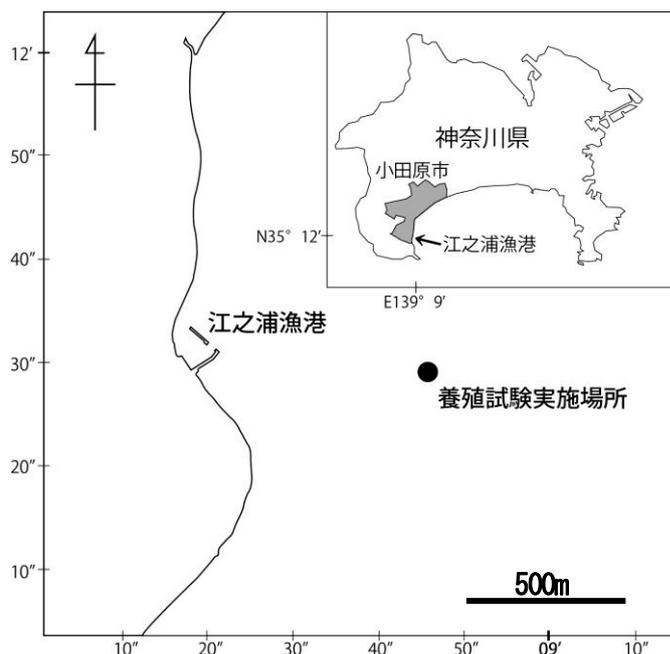


図1 養殖試験実施場所

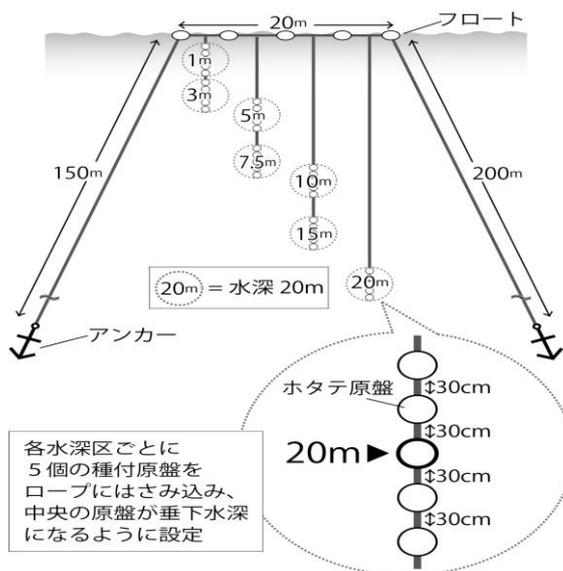


図2 養殖施設の概要

ロープ垂下方式

・調査期間

2009年10月15日から2011年9月25日まで（712日間）

・試料

（社）岩手県栽培漁業協会が種苗生産したイワガキ人工種苗を試料とした。イワガキ稚貝はホタテ貝（以下、原盤という）に付着しており（図3）、イワガキの殻高（平均値±標準偏差）は、 13.8 ± 4.0 mmであった。



図3 イワガキ稚貝が付着したホタテ貝

殻高¹²⁾ (mm)の測定を実施するとともに、イワガキの生残数を計数した（図5）。養殖開始から450日後の2011年1月7日にB垂下区を撤去し、B垂下区のうち、垂下水深1m、10m及び20m区のイワガキの殻高、全重量及び軟体部重量(g)を測定した。また、2011年9月26日及び10月11日にA垂下区を籠垂下方式に移行する際に籠に収容しなかったイワガキについて、殻高、全重量及び軟体部重量を測定した。



図5 成長したイワガキの殻高測定

・試験区

試験区は、垂下水深の違いによるイワガキの成長を比較するため、垂下水深を1、3、5、7.5、10、15、20m区の7区に設定した。各区の設定方法は、5個の原盤を30cm間隔でロープ（直径8mm）に挟み込み（図4）、5個の中央の原盤が垂下水深になるように幹縄から垂下した。ロープは、1、3m区で1本、5、7.5m区で1本、10、15m区で1本、20m区で1本使用した（A垂下区）。また、同様の設定により1、3、5、10、20m区についても1セット垂下した（B垂下区）。



図4 原盤をロープに挟んだ様子

籠垂下方式

・調査期間

2011年9月26日から2012年8月28日（337日間）

・試料

2011年9月26日及び10月11日にA垂下区の原盤からイワガキを分離したものを試料とした。

・試験区

分離したイワガキのうち、ロープ垂下方式の1m区と3m区から無作為に抽出したイワガキ15個を1つの籠に収容したものを籠垂下方式の1m区とし、5m区と7.5m区についても同様の方法により籠垂下方式の5m区とした。また、ロープ垂下方式の10m区と15m区は変更作業前の垂下ロープの破断によりイワガキが流失したことから、新たな垂下区の設定ができなかった。ロープ垂下方式の20m区については、原盤から外したイワガキ15個を無作為に抽出したものを籠に収容し、籠垂下方式の20m区とした。結果、籠垂下方式では、垂下水深を1、5、20m区の3区の設定とした（図6）。

・成長測定

垂下したイワガキは、1ヶ月に1回程度、船上に引き上げ、付着物の除去を行った後、電子ノギスを使用し、



図6 イワガキを籠に收容した様子

・成長測定

ロープ垂下方式と同様に1ヶ月に1回程度、殻高の測定を行った。養殖開始から1,049日後の2012年8月28日にイワガキを全量取り上げ、殻高、全重量及び軟体部重量を測定し、養殖試験を終了した。

結果

試験期間中の水深5m、10m、20mの月ごとの水温を図7に示した。水温は、24時間間隔で計測した数値を月平均した。欠測期間は、測定機のメンテナンス等があったことによる。

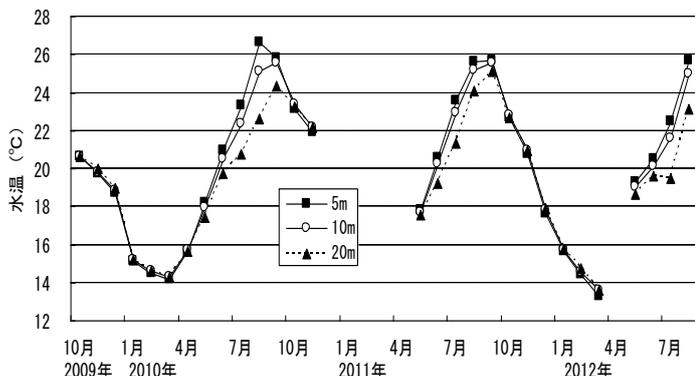
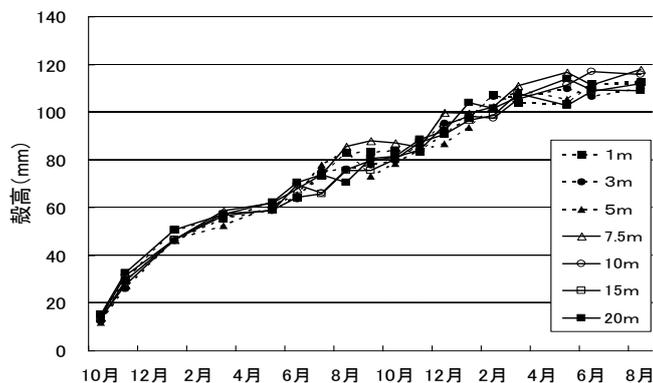


図7 調査期間中の水深5m、10m、20mの水温の推移

ロープ垂下方式

ロープ垂下方式によるA垂下区の垂下水深区ごとの殻高の推移を図8に示した。籠垂下方式へ変更する前の2011年8月5日には、最も浅い垂下水深1m区と最も深い20m区について、殻高に有意差は認められなかった (t-検定、 $p > 0.05$)。全垂下区の殻高 (平均値±標準偏差) は、養殖開始時の2009年10月15日は13.8±4.0 mmであったものが、2011年8月5日には、112.6±10.2 mmに成長した。



2009年 2010年 2011年
図8 ロープ垂下方式による垂下水深区ごとの殻高の推移 (A垂下区)

養殖開始から450日後の2011年1月7日に測定したB垂下区の垂下水深1m、10m及び20m区の殻高、全重量及び軟体部重量を図9に示した。殻高、全重量及び軟体部重量のそれぞれについて、分散分析を行ったところ、殻高及び全重量については、垂下水深の違いによる有意差は認められなかったが ($p > 0.05$)、軟体部重量については、有意差が認められた ($p < 0.05$)。そこで軟体部重量について、垂下水深間の平均の差を検定したところ¹³⁾、1m区と20m区間及び10m区と20m区間で有意差が認められ、1m区及び10m区の軟体部重量 (平均値±標準偏差) が $31.0 \pm 5.8g$ 及び $26.4 \pm 9.4g$ であるのに対し、20m区が $17.1 \pm 3.1g$ となり、20m区の軟体部重量が1m区と10m区に対し有意に小さかった ($p < 0.05$)。

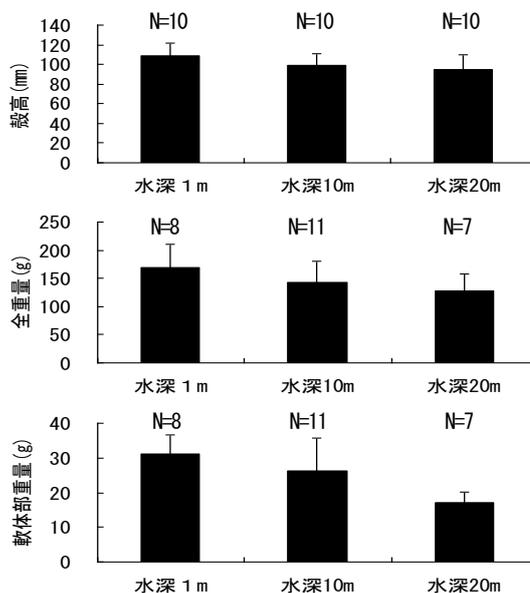


図9 ロープ垂下方式による養殖開始450日後 (2011/1/7) の垂下水深区ごとの殻高、全重量及び軟体部重量 (B垂下区) (注 エラーバーは標準偏差)

また、この時点での垂下水深1m、10m及び20m区について、全重量(x)と軟体部重量(y)の関係を図10に示した。1m区、10m及び20m区の両者の関係は、それぞれ $y = 0.0812x + 15.953$, $r^2 = 0.5751$ ($p < 0.05$)

$$y=0.2083x-3.0192, r^2= 0.8841 (p<0.05)$$

$$y=0.0744x+7.6376, r^2= 0.5404 (p<0.05)$$

で示され、回帰係数の検定を分散分析で行ったところ、全ての回帰係数は有意性があつた。

生残数については、養殖を開始した2009年10月15日の原盤1枚あたりに付着していたイワガキ稚貝数は、11.8個であつたものが、2011年8月5日には9.6個となり、生残率は、81.4%であつた。

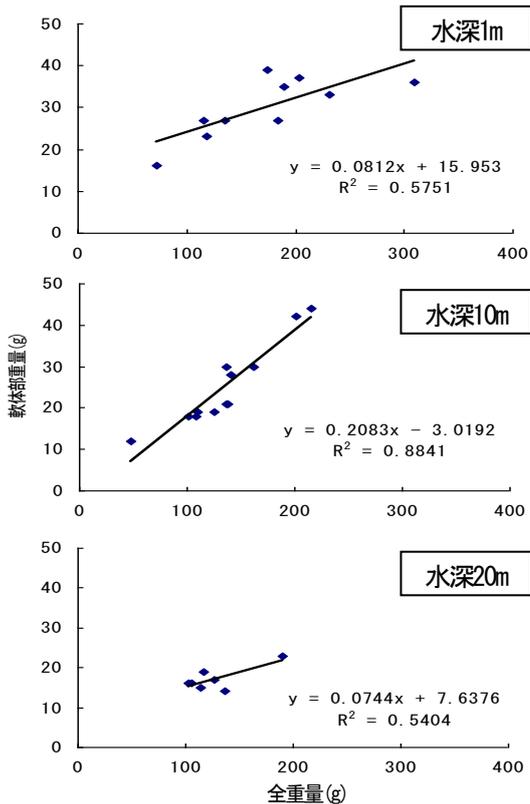


図10 ロープ垂下方式による養殖開始450日後 (2011/1/7) の垂下水深区ごとの全重量と軟体部重量の関係 (B垂下区)

籠垂下方式

籠垂下方式開始時 (2011年9月26日及び10月11日) のイワガキの殻高、全重量及び軟体部重量 (平均値±標準偏差) 及び試験終了時 (2012年8月28日) のイワガキの殻高、全重量及び軟体部重量を表1に示した。全重量及び軟体部重量は、養殖試験終了時にはいずれの垂下区についても増加しており、最も増加していたのは1m区の軟体部重量であり、約2.3倍の増加が見られた。

表1 籠垂下方式の開始及び終了時の垂下区ごとの殻高、全重量及び軟体部重量

| 測定日 | 垂下水深(m) | 殻高(mm) | 全重量(g) | 軟体部重量(g) |
|-----|---------|------------|------------|------------|
| 開始時 | 1 | 113.6±10.2 | 288.6±54.4 | 46.2±16.2 |
| | 5 | 123.6±13.4 | 285.4±60.7 | 57.5±14.5 |
| 終了時 | 20 | 116.4±9.9 | 186.6±32.3 | 36.1±7.0 |
| | 1 | 131.7±12.6 | 409.5±65.4 | 104.1±18.5 |
| | 5 | 139.9±14.8 | 409.0±44.0 | 92.4±14.7 |

籠垂下方式への変更作業終了後の2011年11月1日から2012年8月28日までの籠垂下方式による垂下水深区ごとの殻高の推移を図11に示した。籠垂下方式開始時と終了時の殻高は、垂下水深1m区と5m区で有意差が見られ (p<0.05)、1m区は、開始時の殻高 (平均値±標準偏差) が、113.6±10.2mmであつたものが、終了時には、131.7±12.6mmに成長し、5m区は、123.6±13.4mmであつたものが、139.9±14.8mmに、一方、20m区は、開始時と終了時で有意差がなく、終了時の殻高は122.0±12.0mmであつた (p>0.05)。

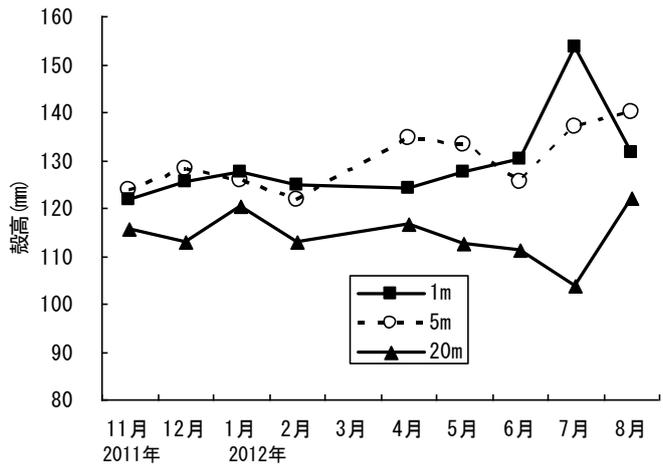


図11 籠垂下方式による垂下水深区ごとの殻高の推移

2012年8月28日に取り上げたイワガキの垂下水深1m、10m及び20m区の殻高、全重量及び軟体部重量を図12に示した。殻高、全重量及び軟体部重量のそれぞれについて、分散分析を行ったところ、有意差が認められたことから、それぞれについて、垂下水深間の平均の差を検定したところ¹³⁾、殻高は、5m区は139.9±14.8mm、20m区は122.0±12.0mmで、5mと20m区間で有意差が認められ (p<0.05)、20m区が有意に小さかつた。全重量は、1m区は409.5±69.4g、5m区は409.0±44.0g、20m区は236.6±57.9gで、1mと20m区間及び5mと20m区間で有意差が認められた (p<0.05)。軟体部重量は、1m区は104.1±18.5g、5m区は92.4±14.7g、20m区は43.2±6.7gで、す

すべての区間で有意差が認められ ($p < 0.05$)、20m区が有意に小さかった。

また、この時点での垂下水深1m、5m及び20m区について、全重量(x)と軟体部重量(y)の関係を図13に示した。1m区、5m区及び20m区の両者の関係は、それぞれ

$$y = 0.1953x + 24.116, r^2 = 0.4779$$

$$y = 0.1761x + 20.378, r^2 = 0.277$$

$$y = 0.0497x + 31.473, r^2 = 0.1848$$

で示され、回帰係数の検定を分散分析で行ったところ、1m区について、回帰係数は有意性があつた ($p < 0.05$)。5m区及び20m区については、回帰係数は有意でなかつた ($p > 0.05$)。

籠に収容した後の生残数は、2011年11月1日に5m区にへい死が1個体及び2012年6月18日に20m区にへい死が1個体認められたのみであり、生残率は、95.6%であつた。

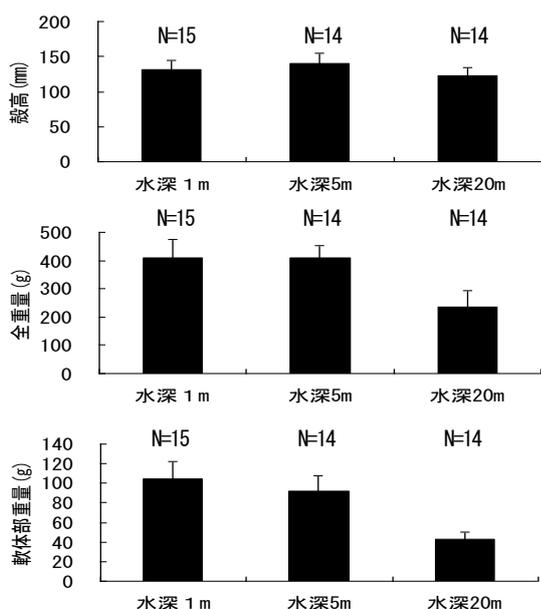


図12 籠垂下方式による養殖終了時(2012/8/28)の垂下水深区ごとの殻高、全重量及び軟体部重量(注 エラーバーは標準偏差)

考察

京都府の事例では、天然イワガキは成長が遅く、漁獲サイズ(殻高約13cm、全重量約400g)になるまで4年以上かかることや、漁獲後の基質には稚貝が付着しにくいといった特性があることから^{10,14}、資源の減少が危惧され、増養殖法の開発が望まれていた。そのため、平成7年~14年にかけて、秋田、山形、京都、鳥

取、島根各府県による「日本海海域におけるイワガキの養殖手法に関する研究」が実施され、イワガキの垂下養殖技術がほぼ確立されるに至つた¹⁵。今回の試験では、イワガキの垂下養殖技術を相模湾に導入し、養殖方式の検討と成長等の把握を行った。養殖方式については、当場が小田原市江之浦漁港沖に設置している流速ブイの幹縄を使用した延縄式養殖で実施し、養殖開始から712日間はロープ垂下方式で、その後取り上げ

までの337日間は籠垂下方式による養殖試験を行った。

ロープ垂下方式

ロープ垂下方式によるイワガキの殻高の成長を他県と比較すると、京都府が行つた養殖試験で、約2年間で殻高が約110mmに成長した事例⁶⁾と同程度の成長が認め

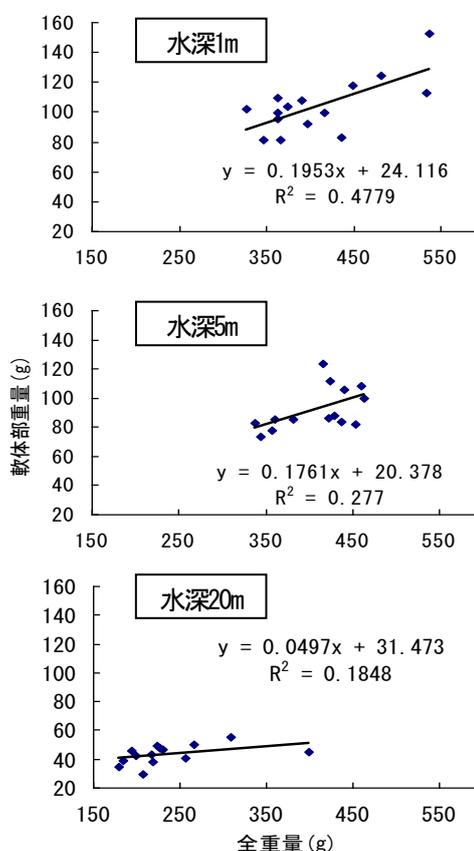


図13 籠垂下方式による養殖終了時(2012/8/28)の垂下水深区ごとの全重量と軟体部重量の関係

められ、また、岩手県が行つた養殖試験で、約2年6ヶ月で殻高が約110mmに成長した事例⁶⁾と比べると、半年程度早い成長が認められた。また、鳥取県で水深15~20mの人工礁に付着した天然イワガキの成長が3歳で殻高約10cm(重さ約200g)であること¹⁰⁾と比較すると、相模湾

でのロープ垂下方式による養殖は天然貝より10ヶ月程度成長が早く、殻高の成長から判断すると、相模湾ではロープ垂下方式でイワガキの養殖は十分可能であることがわかった。垂下水深別の成長を見ると、殻高及び全重量で成長の違いが認められなかった。殻高については、岩手県が垂下水深が浅いほど成長がよいこと¹⁶⁾、また、全重量についても京都府が垂下水深が深くなるほど重量が減少することを報告しており¹⁷⁾、今回の試験結果と異なっている。これについては、改めて試験を行い、成長を確認する必要があると考えられた。軟体部重量については、垂下水深が深い20mでは減少し、これは、京都府¹⁷⁾と同様の結果となった。このことから、相模湾でイワガキ養殖を行う際には、垂下水深は、浅いほうがよいと考えられた。一方で、垂下水深が浅いほど付着物の除去に手間がかかることが報告されており¹⁷⁾、今回の試験でも同様の状況が見られた。これらを考慮すると、ロープ垂下方式では、垂下水深1m区と10m区で軟体部重量の差が認められなかったことから、殻高10cm程度までロープ垂下方式で養殖する場合には、垂下水深は10m程度がよいと考えられた。また、身入りを判断する材料として、各垂下区において、全重量が重ければ軟体部重量は重いという正の相関関係が認められたことから、ロープ垂下方式による養殖方法においては、全重量から身入り状況を判断することが可能と考えられた。

籠垂下方式

籠垂下方式に変更した後のイワガキの殻高の成長は、垂下水深1m区と5m区では成長が認められたものの、20m区では成長が認められなかった。殻高の成長は、最も成長がよかった垂下水深5m区について、京都府がロープ垂下方式で行った養殖試験で、2年8ヶ月で殻高が約130mmに成長した事例¹⁰⁾と同様の成長が認められた。あわせて、全区において、前回測定値より殻高が小さくなるような測定結果もあった。このことは、殻高測定時に、貝が籠の一箇所に固まっていることや殻の辺縁部が丸まっている状態も観察されたことから、波浪で籠内の貝が転がり、貝同士の擦れが生じ、殻高の成長が阻害されたことも考えられた。また、ロープ垂下方式では、各垂下区で全重量が重ければ軟体部重量は重いという正の相関関係が認められたが、籠垂下方式では、垂下水深1m区のみ認められたことについても、貝同士の擦れにより全重量が減少したことも考えられ、これが相関関係に影響を及ぼしたことも推測さ

れた。

垂下水深別の成長を見ると、殻高、全重量及び軟体部重量は、水深が浅くなるほど増加する傾向が認められ、垂下水深は1m程度が適当と考えられた。イワガキの成長については、10℃以下では停滞し、20℃前後で最も良いと岩手県が報告している¹⁶⁾。これを本試験の水深別水温と比較してみると、11月から翌年5月までは水深別の水温は20℃以下で差はなかった。6月から10月までは水深別の水温が異なり、垂下水深が深い方がイワガキの成長に適温とされる20℃に近い値を示し、水温条件からは深いほうが成長にはよい条件と考えられた。ところが、実際には、深いほうが成長は悪い結果であり、このことから、垂下水深の違いによる成長の違いは水温ではなく、餌料である植物プランクトン量の影響を受けている可能性が高いと推察された。岩手県が水深が浅いほど餌料となる植物プランクトンが豊富なため、成長度が大きい¹⁶⁾と報告しているが、水深別のプランクトン量については、今後調査が必要と考えられた。また、殻高及び全重量は、擦れの影響も無視できないと考えられ、今後、擦れが生じない籠の試験が必要と考えられた。

全重量及び軟体部重量については、籠垂下方式に変更後、全ての垂下区で増加が認められた。特に軟体部重量は、京都府¹⁰⁾がロープ垂下方式で2年9ヶ月間養殖試験を行った後の軟体部重量が、23~71gの範囲であったのに対し、本試験では、全試験区で43.2~104.1gであった。すなわち、籠垂下方式における殻高は、京都府のロープ垂下方式と同等の成長であったが、軟体部重量の増加は、京都府のそれと比較して明らかに大きい傾向が見られた。このような重量の増加は、養殖方式の変更によると考えられ、ロープ垂下方式を継続したものと、適宜籠垂下方式に移行したものを比較し、籠垂下方式の方が有意に軟体部重量が大きいとした中西らの報告¹⁸⁾と一致するものであった。一方、大分県が養殖開始時から原盤を籠に収容したものとロープ垂下方式の殻高の成長を比較した事例では、籠垂下方式の成長が必ずしも良いわけではなく、地域によって異なると報告されている¹⁹⁾。従って、ロープ垂下方式と籠垂下方式の使い分けとしては、ロープ垂下方式によって、イワガキをある程度の大きさに成長させた後に、籠垂下方式へ移行させる方法が合理的と考えられた。波浪の強い外洋に面した相模湾では、籠垂下方式への変更は、軟体部重量の増加を促すだけでなく、ロープ垂下方式でのイワガキの辺縁部とロープの擦れによるロープの破断を防ぐ点でも有効な手段であると考えら

れた。

以上のことから、相模湾でイワガキを養殖する手法として、ロープ垂下方式で垂下水深10mにより養殖を開始し、殻高が10cm程度で籠垂下方式に移行し、籠垂下方式では、垂下水深1mで養殖を行うことで、高い成長が見込まれると考えられた。しかし、籠垂下方式へ移行する時期及びイワガキの殻高については、より詳細な検討が必要である。

今回取り上げたイワガキの一部をサンプルとして、株式会社小田原魚市場に提供し、買受人や料理人の方の意見を聴取したところ、軟体部の大きさが大きすぎるという意見が多く、商品サイズとしては、2年物でよいとの提案があった。今回の試験では、2年の養殖期間で殻付重量が約300gに成長している。京都府では、出荷目標サイズを殻付重量で300gとしており²⁰⁾、相模湾においても、養殖期間は2年、出荷目標サイズを300gとすることで、市場も受け入れやすくなると考えられた。300gサイズであれば、2年間のロープ垂下方式で養殖を完結できる。一方で、さらに籠垂下方式に移行することで、軟体部重量を増量させ、新たな商品価値を生み出すことも可能と考えられた。

今後は、ロープ垂下方式による垂下水深別成長を再度把握することと併せて、ロープ垂下方式から籠垂下方式へ移行する時期及び殻高の大きさ、籠への収容個数による成長の把握、籠内での転がり等を防ぐ構造の検討なども含め、養殖手法の改善試験を実施する必要があると考えられた。

謝辞

今回の調査の実施にあたっては、当场調査船うしおの乗組員の方、露木久土職員、小玉大介職員には多大なご協力をいただきました。神奈川県立生命の星・地球博物館の佐藤武宏主任学芸員には、御助言と有益な資料をいただきました。(株)小田原魚市場鮮魚部近海課下村亮太課長はじめ(株)小田原魚市場関係者の方には、イワガキの商品価値について、貴重な御意見をいただきました。この場を借りてお礼を申し上げます。

引用文献

- 1) 奥谷喬司 (2000) : 日本近海産貝類図鑑, 東海大学出版会, 東京, 925.
- 2) 斎藤実・鈴木博(1974) : 新岬海岸の動物 I, 横浜国立大学理科紀要第二類 生物学・地学, 21, 横

浜, 31-48.

- 3) 神奈川県立博物館(1972) : 神奈川県立博物館自然部門資料目録(3) 貝類標本総合目録, 小田原, 154.
- 4) 松隈明彦 (2004) : 改訂新版 世界文化生物大図鑑 貝類 (奥谷喬司編者), 世界文化社, 東京, 298.
- 5) 多紀保彦・奥谷喬司・近江卓監修(1999) : 食材魚貝大百科, 平凡社, 東京, 42.
- 6) 社団法人日本水産資源保護協会(2003) : わが国の水産業 かき, 東京, 5-9.
- 7) 田中雅幸・藤原正夢 (2005) : 耳吊り方式によるイワガキの養殖手法, 京都府立海洋センター研究報告, 27, 宮津, 31.
- 8) 堀玲子 (2012) : イワガキの大腸菌浄化手法の確立, 島根県水産技術センター研究報告, 4, 浜田, 9.
- 9) 関東農政局神奈川農政事務所(2011) : 平成21~22年第58次 神奈川農林水産統計年報, 横浜, 156.
- 10) 京都府立海洋センター(1999) : 季報 イワガキ養殖, 第62号, 宮津, 1-9.
- 11) 浜口昌巳(2000) : イワガキとマガキの識別方法について, 瀬戸内水研ニュース, 4, 廿日, 1.
- 12) 生物学御研究所 (1971) : 相模湾産貝類, 丸善, 東京, 凡例.
- 13) 山田作太郎、北田修一(2004) : 生物統計学入門, 成山堂書店, 東京, 101-102.
- 14) 京都府立海洋センター(2007) : 季報 イワガキ養殖II 鋼製魚礁を用いた浮体式養殖技術の開発, 92, 宮津, 1.
- 15) 佐藤善徳(2003) : 日本海区水産試験研究 連絡ニュース, 401, 新潟, 1.
- 16) 岩手県水産技術センター (2006) : イワガキ養殖の手引き, 釜石, 2-11.
- 17) 藤原正夢(1998) : イワガキ養殖における開始時最適付着稚貝数と最適養殖水深について, 京都府立海洋センター研究報告, 20, 宮津, 13-19.
- 18) 中西達也(2009) : イワガキ養殖技術開発試験一養殖試験一, 徳島県立農林水産総合技術支援センター水産研究所事業報告書, 鳴門, 92-93.
- 19) 中川彩子・平川千修(2006) : 浅海増養殖に関する研究(5)イワガキ養殖研究, 大分県海洋水産研究センター事業報告, 豊後高田, 183-186.
- 20) 京都府立海洋センター(2006) : 季報 イワガキ養殖作業マニュアル, 87, 宮津, 3.

