

冬季波浪の厳しい日本海における海藻着生場としての漁港及び周辺海域の評価と

この海域に適した生産増大技術の開発

Evaluation of The Fishing Port Areas as Seaweed Habitats and
Development of Stock Enhancement for The Seaweed and Commercial Shells along The Exposed Coasts of Sea of
Japan Subject to High Waves in Winter

平野 央*・櫻井 克聡**・粕谷 和寿***・藤田 大介****

Hisashi HIRANO, Katsutoshi SAKURAI, Kazutoshi KASUYA and Daisuke FUJITA

* 山形県水産試験場 浅海増殖部 研究専門員
** 東京海洋大学 海洋生物資源学科 修士課程
*** 山形県水産試験場 浅海増殖部 研究員
**** 東京海洋大学 海洋生物資源学科 准教授

Seaweed vegetation was investigated in and around eight (fishing) ports, particularly at Kobato Fishing port in Tsuruoka city in detail, along the exposed coast of Yamagata Prefecture subject to high waves in winter. Generally, slopes provided with moderate water motion, were dominated by sargassacean canopy, resulting in large biomass. At Kobato Fishing Port, relation between seaweed vegetation and water motion was monitored. Among the three slopes and a rock just outside the port, biomass of seaweed increased from 1075 g/m² to 3200 g/m² according to the increase in velocity from 3 to 20 cm/s. For the extension of seaweed community, transplantation of *Sargassum horneri* adult or juvenile and clearance of fouling organisms were tried at three wharfs at Kobato. Among them, transplantation of *Sargassum horneri* juveniles was most effective and they grew up to 140cm in average total length, forming small-scale beds. The released abalone *Haliotis discus discus* juveniles grew 1.1 to 1.6 times faster within the port than on rocky shore outside of the port.

Key Words: Sea of Japan, fishing port, seaweed vegetation, water motion

1. はじめに

藻場は生産力が高いことに加えて様々な公益的機能があることから、水産業の維持発展のみならず CO₂ の吸収による地球温暖化防止など環境保全上の重要性も認識され¹⁾、漁業者や国民の関心が高まっている。

日本海沿岸では冬季の高波浪が藻場を制限する要因の一つと考えられ、特に山形県のように湾入部の乏しい海域ではその影響は著しく、林冠を形成するような大型褐藻は岩礁の岸側など波浪を避けうる場所に着生する傾向が強い。一方、漁港や消波施設の周辺の静穏域ではこれらの大型褐藻も比較的良く発達している(図-1)が、その生産力は十分活用されていない。

そこで、冬季の高波浪という特徴的な海域条件を有する日本海において漁港や人工施設周辺海域が海藻の着生場として果たす役割を明らかにするために、山形県の漁港周辺における海藻の分布と季節変化及び生育環境を調べたほか、漁港周辺の静穏域に適する低コストの海藻・有用貝類の増大技術を開発することを目的として、本研究を行った。



図-1 日本海の高波浪と静穏域の藻場

2. 調査方法

2.1 漁港周辺における海藻群落の特性評価

(1) 小波渡漁港における海藻群落と海域環境

山形県鶴岡市小波渡漁港内の船揚げ場(=斜路)3区域(A~C)と港外の天然岩礁域(D)及び漁港から800m離れた天然岩礁域(E)で調査を実施した(図-2, 図-3)。海藻調査は、2008年7月から2009年6月までの冬季を除く期間に海藻の採り取り調査を5回実施した。A~Dでは岸

* * * * : 現所属 山形県内水面水産試験場

沖方向に1~2本の調査ラインを設置し、斜路の沖側縁辺部を起点として、汀線に向けて1~2mごとに方形枠(25×25cm)内の海藻の定量採集を行なった(図-4)。EではA~Dとほぼ同水深で4定点について定量採集を行なった。

生育環境のうち、海水流動条件については、2009年2月、5月、7月及び9月に7~15日間、流向・流速計をAとBでは斜路沖側縁辺部に、Dでは岩礁に1台ずつ固定し観測を行なった(図-4)。サンプリング間隔は0.5秒、1バースト(連続観測期間)のサンプル個数は600個、バースト間隔は120分とした。さらに、同じ時期に流速観測用石膏半球をA~Dに1基ずつ固定して、設置期間中の石膏の減量により平均流速データを得た。光条件については、2009年の7月、8月、10月、11月に照度ロガーをA、B、Cの海中の中層(海面から40~60cm)に固定し(図-4)、3~28日間のデータを得た。

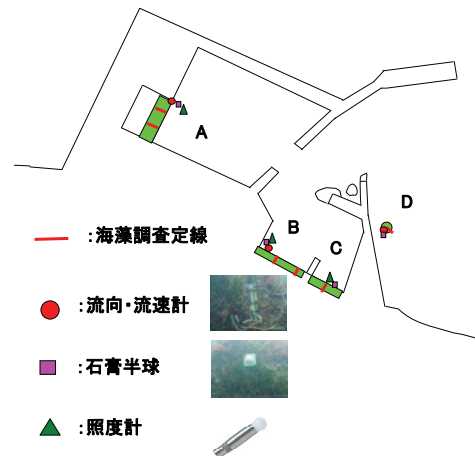
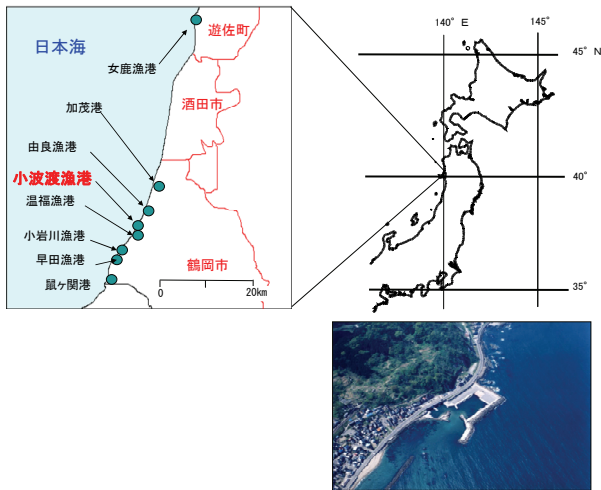


図-4 海藻と環境条件の調査を実施した地点

(2) 沿岸8港の海藻群落と海域環境

海藻の繁茂期にあたる2008年6月に沿岸8漁港・港湾(女鹿、加茂、由良、小波渡、温福、小岩川、早田及び鼠ヶ関、図-2)において広域的な海藻分布を調査した。各港内の斜路(水深1~1.5m)において方形枠(25×25cm)を用いた定量採集を行なった。

さらに、各港の開口方向、湾入度、港外の消波施設の有無などを地図や現地地で調査するとともに、2010年3月5~12日に各港の水深1m内外の場所に1~2基の流速観測用石膏半球を設置して平均流速データを得た。



(小波渡漁港 写真提供: 山形県庄内総合支庁水産課)

図-2 山形県沿岸と小波渡漁港を含む8港の位置

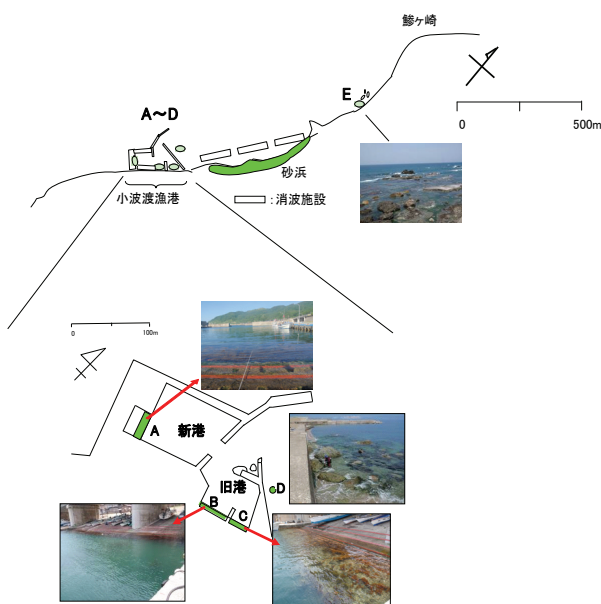


図-3 小波渡漁港の調査地点

2.2 海藻群落及び有用貝類の増大技術

(1) 海藻群落の造成

海藻群落の増大を図るために、港内斜路における付着生物の除去、アカモク(ホンダワラ類)の母藻の設置及び人工種苗の添加試験を実施した。本報告では、人工種苗添加の結果を示す。水産試験場で2008年6月に採苗し育成したアカモクの人工種苗(平均全長1.4cm)を、2008年11月に小波渡漁港内A~Cと港外Dの海底に付着基質ごとボルトで取り付けた(図-5)。付着基質であるFRP製の長方形板(40×4×0.5cm)は各地点に2枚ずつ装着した。2009年1~5月に4回潜水して、各地点で人工種苗の全長測定等を行なった。

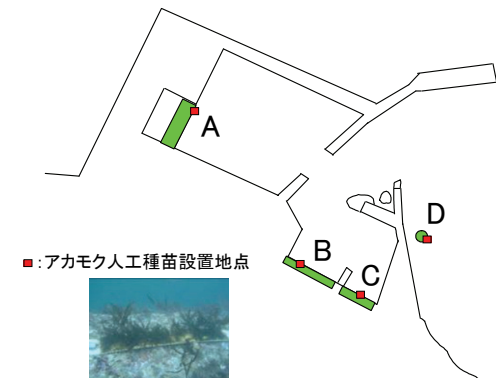


図-5 アカモク人工種苗の設置位置

(2) 有用貝類の増殖

2009年5月に小波渡漁港内の5区域(a~e)と港外の1区域(f)にアワビ人工種苗(平均殻長4.0cm)1,300個を放流した(図-6)。放流密度は0.7~1.9個(/m²)であった。放流した全てのアワビには予め殻上に手芸用ビーズを水中ボンドで装着して標識を施した。追跡調査として、2009年11月に放流区域ごとに30個のアワビを潜水により採集した。

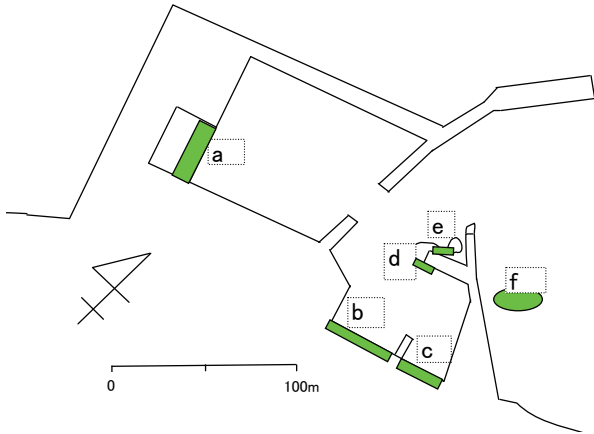


図-6 アワビの放流区域

表-1 採集された海藻の種類数

	A	B	C	D	E
緑藻	5	5	1	3	6
褐藻	15	16	14	11	15
紅藻	16	17	10	11	15
合計	36	38	25	25	36

海藻現存量は、港内ではAが2,000~4,000gで最も多く、Bがこれに次ぎ、Cでは最も少なく2,000g以下であった(図-7)。また、春から夏(2008年7~8月, 2009年4~6月)に多く、夏から秋(2008年8月から10月)に低下する傾向がみられた。ただし、Dでは現存量は港内A~C及びEのように秋に低下することはなく比較的安定していた。

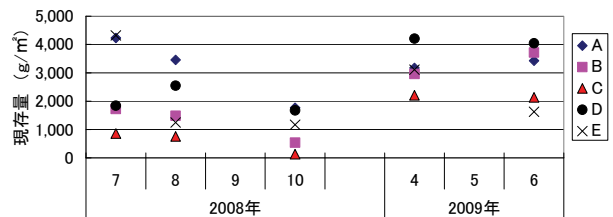


図-7 海藻現存量の季節変化

3. 調査結果

3.1 漁港周辺における海藻群落の特性評価

(1) 小波渡漁港における海藻群落と海域環境

小波渡漁港区域のA~Dで出現した海藻は合計25~38種で、内訳は緑藻1~5種、褐藻11~16種、紅藻10~17種、一般岩礁域のEでは合計36種で、内訳は緑藻6種、褐藻15種、紅藻15種であった(表-1)。漁港区域内では場所による種数の違いがあるものの、漁港区域(全体)と一般岩礁域とで種数の差は見られなかった。

現存量の季節変化と海藻種の関連を知るために、大型海藻を含む褐藻について上位3種の現存量を、図-8に示す。褐藻の多くはホンダワラ類で、港内A~Cでは上位種が毎回交代し、Aでは4月、BとCでは10月に現存量が最低となった。これに対して、港外のDでは波浪に強い^{2,3)}エゾノネジモクやヨレモクが周年生育しており、これが、図-7で見られたようにDで海藻現存量が比較的安定していた理由と考えられた。

流向・流速計により観測した絶対流速^{*)}(平均値)の推移を月ごとに図-9(左)に示す。港内のAとBでは秒速4~14cmであったが、港外のDでは秒速12~32cmと高い値を示した。次に、最大流速^{*)}の推移を図-9(右)に示す。

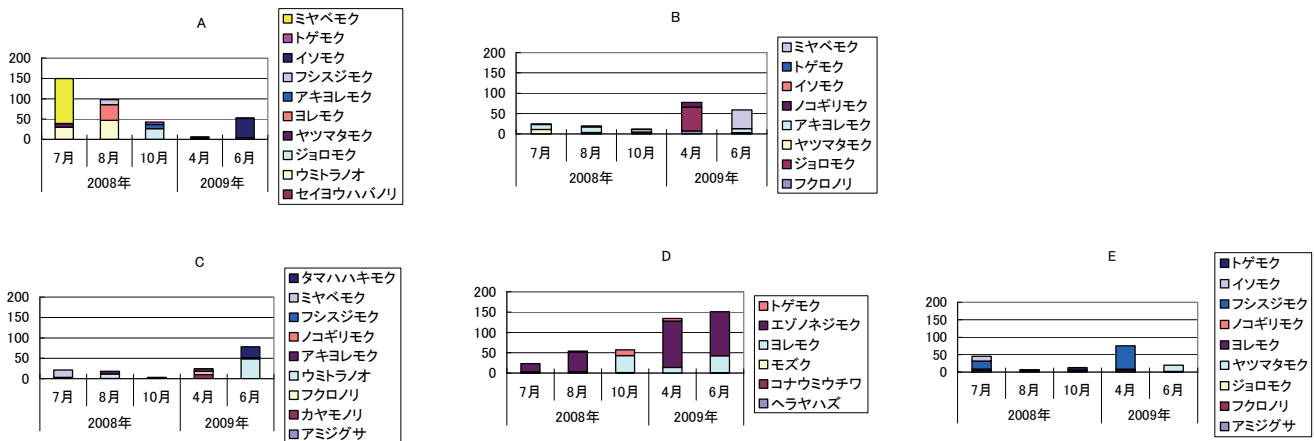


図-8 上位3種海藻(褐藻)現存量の季節変化

港内のAとBでは大きな差は無く秒速17~60cmであったが、港外のDでは最低でも秒速42cmで、冬季の2月には秒速125cmと著しく高かった。先述したように、港外のDでは波浪に強いホンダワラ類（エゾノネジモク、ヨレモク）が周年高密度に生育しており、特にエゾノネジモクはDのみに分布していた。漁港の外に位置し波浪や流動条件の厳しい場所でも、少なくとも最大流速が秒速42~125cm程度であれば、波浪に強いホンダワラ類を主体とする安定した植生が形成されることがわかった。

- * 絶対流速：瞬間の流速ベクトルの大きさ(流速値)
(<http://cse.fra.affrc.go.jp/matasan/Plaster> より)
- ** 最大流速：1バースト内の最大の流速値

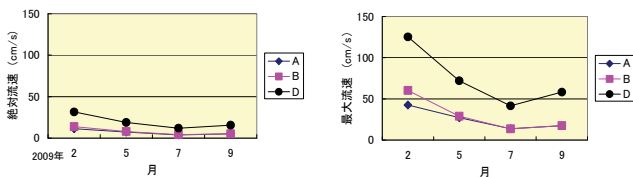


図-9 絶対流速（左）と最大流速（右）の推移

絶対流速及び海藻現存量（いずれも年間平均値）の関係を図-10に示す。なお、流向・流速計を設置していないCでは石膏半球で観測した流速データを準用した。流速が秒速3~20cmの範囲では流速値が高くなるほど、海藻の現存量も多くなる傾向が認められた。同じ港内区域で流速に殆ど差がないAとBに関して、AはBと比べて海藻の現存量が多いが、この理由としては流速以外の2つの要因が考えられた。1つは光条件であり、もう1つは基質面積である。

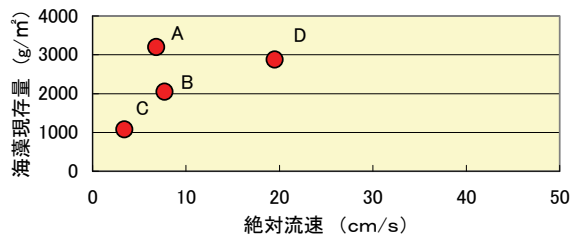


図-10 絶対流速と海藻現存量の関係

2009年の7月から11月にかけての光条件データを図-11に示す。Aは港内で最も光条件が良好で、次いでC、Bの順であった。これは、BとCでは道路の橋脚などの陰になって太陽光が遮られるが、海岸線から突き出た場所に位置するAではその影響が少ないためと考えられる。

次に、港内の調査海域A~Cの斜路の傾斜断面図を図-12に示す。Aは海底面の傾斜が13%と他の海域よりも緩く末端水深も深いことから幅広い水深帯を有し、B、Cとは海底地形が異なっていた。Aでは同じ水深帯であっても海底面積はBとCよりも広いが、例えばウミトラノオ（ホンダワラ類）のように一定の水深帯に限って生育する海

藻種にとってAは有利な環境条件を備えていると考えられた。以上、Aにおいては流速以外に光条件と傾斜と関連した基質面積が海藻現存量の多い理由になっていると推測される。

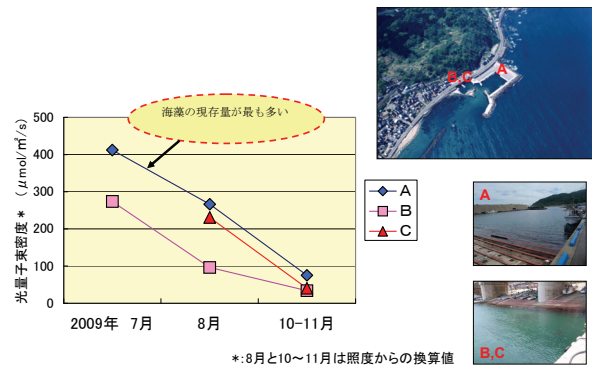


図-11 各調査区域の光条件

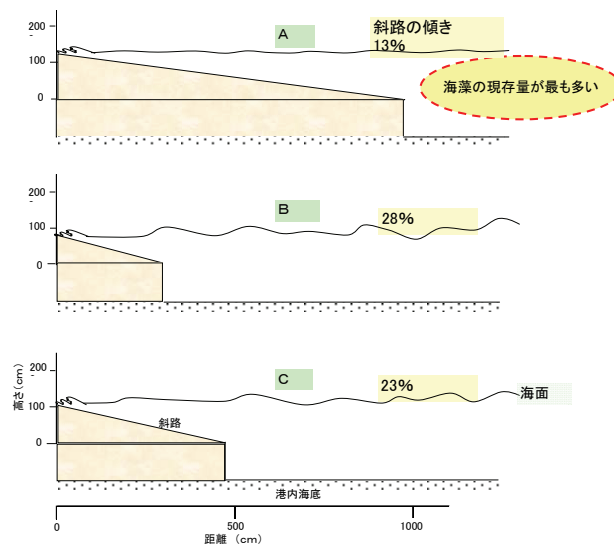


図-12 各調査区域の斜路海底の断面図

(2) 沿岸8港の海藻群落と海域環境

石膏半球で観測した平均流速と各港の開口方向、湾入度、港外の消波施設の有無などのデータより各港の静穏度を「低い」「中位」「高い」に分け（「低い」は平均流速が秒速10cm未満、「中位」は秒速10~20cm、「高い」は秒速20cm以上を基本に港の構造などのデータを加味した）、海藻現存量との関係を図-13に示す。

静穏度が中程度の港では海藻現存量が多くなる傾向がみられた。これは、静穏度が中程度の港では大型海藻であるホンダワラ類が優占しているためである。静穏度が低いあるいは高いグループの港ではアナアオサやツノマタなど小型海藻が優占し現存量が小さくなる傾向にあった。特に、海底湧水が湧出する女鹿漁港ではアナアオサが優占していた。

漁港の底質と特徴的な海藻の出現状況を表-2に示す。底質が砂及び砂泥である小波渡と小岩川の各港には県内

でもイギスと称し利用が盛んなカズノイバラや海草アマモ、底質が砂利や転石である由良、早田及び温福の各港では有用種のツルモとイシモズクがみられた。イシモズクの分布は港内において適度の海水流動が確保されていることを示しており、日本海における小規模港の有用海藻育成場としての活用が期待される。

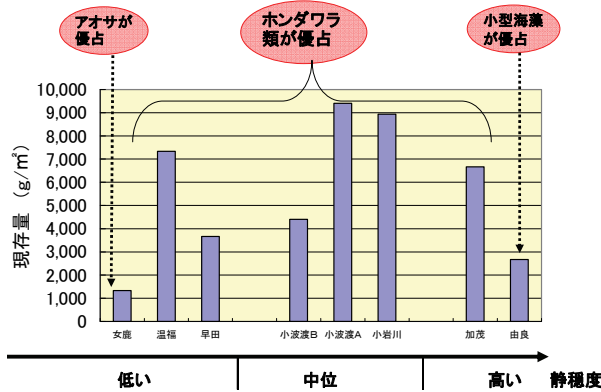


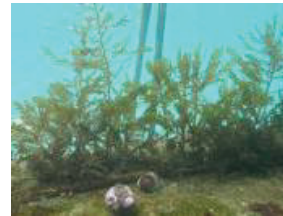
図-13 港の静穏度と海藻現存量の関係

表-2 8 漁港の底質と特徴的な海藻（草）類

砂、砂泥	砂利	砂利、転石	砂、転石
小波渡(アマモ)	由良(ツルモ、イシモズク)	温福(イシモズク)	女鹿(アオサ)
小岩川(アマモ)	早田(ツルモ、イシモズク)		加茂 鼠ヶ関



2008年11月13日（種苗取り付け時）



2009年1月22日 2009年4月1日（小群落を形成）

図-14 移植したアカモク人工種苗の生長の様子

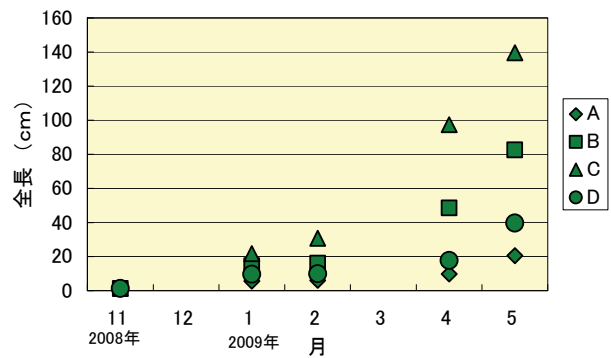


図-15 アカモク人工種苗の全長（平均値）の推移

2.2 港内の海藻群落及び有用貝類の増大技術

(1) 海藻群落の造成

海藻増大試験として実施した港内斜路の付着物除去、アカモクの母藻設置及び人工種苗添加のうち、最も顕著な効果が得られたのはアカモク人工種苗の添加であった。好適な場所では半年で平均全長140cmに達し、港の一部に小群落を形成することができた（図-14、図-15）。

アカモクは、本県沿岸においては波あたりの強い場所には生育せず、港内や消波施設の岸側など静穏な場所に分布が限られている⁴⁾。小波渡漁港でも、波あたりが強い港外のDでは天然のアカモクの分布は全くみられないが、人工種苗を移植すれば、藻体は小型ながら成体まで成長することが本研究でわかった。飼育施設で初冬の11月まで人工管理した高密度な幼体を移植すれば、少なくともDでは11月以降の本格的な冬季波浪環境でも生き残るといふ事例であり、冬季波浪の厳しい日本海沿岸でアカモクの増殖を進める上で貴重な知見と考えられた。

(2) 有用貝類の増殖

放流したアワビは、2009年5月の4.0cm（平均殻長）から9月には5.3cm、11月には6.2cmに成長した（図-16）。11月調査時のアワビの殻長と放流時の殻長から放流後の成長量を個体ごとに求め、これを放流後の日数で除して算出した成長速度は平均121 μ m/日であった（図-17）。本県の天然岩礁域における放流後3ヶ月までのアワビの成長速度として78及び108 μ m/日（何れも海域ごとの平均値⁵⁾）という報告があり、本調査で得られた成長はこれらと比べて1.1～1.6倍速く、小波渡漁港がアワビの放流場として良好な環境であることが示唆された。海藻の分布状況や海水流動条件が類似した他の漁港においても同様の効果が期待できると考えられ、日本海の小規模漁港が持つアワビ放流場所としての潜在的な価値が明らかになった。

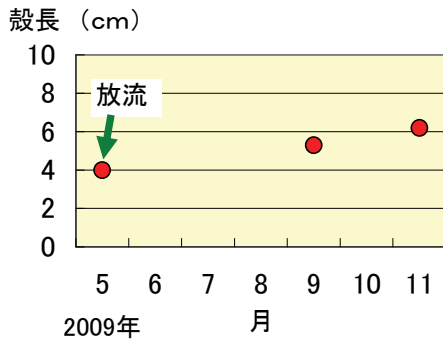
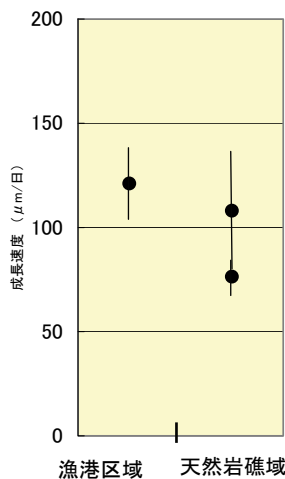


図-16 アワビ殻長の推移 (全放流区域の平均)



(縦棒は標準偏差を示す、天然岩礁域のデータは参考文献5)による)

図-17 アワビの成長速度

3. おわりに

冬季に高波浪が続き、しかも海岸線の単調な山形県沿岸では、静穏域を形成する漁港は海藻など生物にとって「冬季のオアシス」のような役割を持つと考え、本研究を実施した。その結果、漁港内外の豊富な海藻群落の存在及びその海水流動条件との関係について知見を得ることができた。本研究では浅い場所が広がる漁港の斜路を中心に調査を行なったが、今後の課題として、岸壁面や舶地海底の海藻分布に関するデータを加えることにより、海藻着生場としての漁港の機能を総合的に明らかにし、日本海における中小規模漁港の水産的活用役に役立てることが望まれる。

山形県においては平成21年度から漁業者が主体となり藻場の保全に取り組む環境生態系保全活動支援事業(水産庁補助事業)が始まっているが、この中で、一般海域に添加するホンダワラ類人工種苗を冬季に漁港内斜路や舶地で中間育成する試みを実施されており、今後このような沿岸藻場増大の「種苗基地」を含めた多面的な漁港の活用に期待がかかる。

謝辞

研究助成として本調査を実施する機会を頂いた、財団法人 漁港漁場漁村技術研究所に深謝いたします。また、各港における調査においてご協力を頂いた山形県漁業協同組合本所及び各支所(吹浦、加茂、由良、豊浦、温海、念殊関)の皆様、調査協力のみならず港での環境機器の設置などに関して多大なご協力を頂いた小波渡地区のアワビ生産組合長佐藤昭蔵氏、浅海漁業者会長河崎圭治氏、漁業者会長鈴木重作氏をはじめ各漁港の漁業者の皆様、さらに、流向・流速計を用いた観測手法に関する指導を頂いた、独立行政法人水産総合研究センター水産工学研究所 水産土木工学部 生物環境グループの桑原久実グループ長に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 伊藤靖・(中野喜央)：藻場における炭素固定機能について、漁港漁場漁村技術研究所 平成18・19年度 調査研究報告, 19, pp. 45-50, 2009.
- 2) 村岡大祐：エゾノネジモク、藻場の海藻と造成技術(能登谷正浩編), 成山堂書店 東京 pp. 75-81, 2003.
- 3) 能登谷正浩：ヨレモク、藻場の海藻と造成技術(能登谷正浩編) 成山堂書店 東京 pp. 27-47, 2003.
- 4) 平野央・粕谷和寿：アカモクの増殖試験, 海区水産業研究部会増養殖研究会 講演要旨集 独立行政法人 水産総合センター 日本海区水産研究所, pp. 35-37, 2008.
- 5) 茂木省三：エゾアワビ 山形県, 放流技術開発事業総括報告書(定着性グループ) 平成7年度~11年度, 水産庁東北区水産研究所, 山形 pp. 1-19, 2000.

関連情報

- 1) 中西敬・新瀬幾恵・(泉田典彦) 漁港構造物に藻場機能を付加するための設計技術ガイドの作成, 漁港漁場漁村技術研究所 平成14・15年度 調査研究報告, 17, pp. 47-51, 2004.
- 2) (伊東伸也)・中西敬・大西晶 今後の生物分布への影響を把握するための潜堤周辺の波高・流れ調査, 漁港漁場漁村技術研究所 平成12年度 調査研究報告, 15, pp. 73-77, 2002.
- 3) (伊東伸也)・中西敬・大西晶 ちょっとした藻場機能を外郭施設に付加するガイドブック, 漁港漁場漁村技術研究所 平成12年度 調査研究報告, 15, pp. 61-66, 2002.
- 4) 伊藤靖・三浦浩・深瀬一之・土肥龍平・横山 純 漁港施設におけるイセエビ稚エビ生息環境の創出, 調査研究論文集 財団法人 漁港漁場漁村技術研究所, 20, pp. 89-93, 2009.