

海底空間有効利用のための海底設置型生育システムの実海域実験

The open sea test of a new marine culturing system for the making good use of seafloor space.

古山裕喜* 鷺尾幸久* 大澤弘敬** 平野 央*** 田鎖光雄**** 有川正彦*****

Hiroki Furuyama, Yukihiwa Washio, Hiroyuki Osawa, Hitoshi Hirano, Mitsuo Tagusari, Masahiko Arikawa

The activities in coastal areas facing to Japan Sea as Yamagata Prefecture, are limited by stormy weather in winter. We aimed to utilize the seafloor, where it is relatively calm even in rough sea. We were developing a new marine culturing system which is set on the seafloor. For the demonstration this system, we chose the Japanese rock oyster "Iwagaki". We constructed two prototype devices for preliminary test. We also designed and constructed a barge to install and retrieve the devices. Equipment to measure the physical condition (wave height, current) and biological conditions (water temperature, salinity, dissolved oxygen) was set on the prototype seafloor platform.

Keywords : marine culturing, Japan sea, seafloor, prototype

1. はじめに

日本海特有の季節風による高波高は、日本海沿岸の産業活動を著しく制限してきた。荒天時に静穏な海面を確保することは、特に平坦な海岸線を有する地域においては、技術的、経済的に困難な問題となっていた。そこで、冬期の高波浪時においても海底は静穏であることに着目し、これまで未利用の静穏な海底を有効に利用することを目的に、日本海の沿岸浅海部に生息するイワガキを対象とした、海底に長期間安定に設置できる海底設置型成育システムの開発・設計を行った。また、そのシステムに海底環境モニタリングシステムを搭載し、海底部の物理環境データ（波高、流速）および化学環境データ（水温、塩分および溶存酸素量）の計測を行うとともに、海底設置型生育システムの冬期間における安定性の検証を行った。

2. 波高と流速

海底設置型生育システムの実験海域である水深43mの海面において発生する波浪を砕波しない浅海波と仮定すると、生育システム周辺の流速はその波の周期と波高を仮定することによって次の式で表現することが出来る。

$$\omega^2 / g = K \tan Kh$$

$$K = 2\pi / \lambda$$

$$\omega = 2\pi / T$$

$$u = \frac{H}{2} \times \frac{\cosh K(h-z)}{\sinh Kh} \times \frac{2\pi}{T}$$

$$v = \frac{H}{2} \times \frac{\sinh K(h-z)}{\sinh Kh} \times \frac{2\pi}{T}$$

ここで、

ω : 周波数

K : 波数

λ : その水深における波長

T : 波の周期

H : 波高

* 海洋科学技術センター海域開発・利用研究部

** 正会員 海洋科学技術センター海域開発・利用研究部

*** 山形県水産試験場 浅海増殖部

**** 山形県企画調整部土地対策課（研究当時）

***** 山形県企画調整部土地対策課

h : 水深 (43m)
 z : 水面から生育システムまでの距離 (41m)
 u : 水平流速
 v : 垂直流速

3. 生育システムの設計重量

生育システム設置海域における波浪の周期を約 12.8 秒、その時の波高を約 13.0 m とすると、前述の式から生育システムに当たる水平流速 u は約 2.00m/sec となる。また、水底の潮流を約 0.6kt (0.3m/sec) と仮定すると生育システムが受ける流速は次の式で与えられる。

$$U = u + u_c$$

ここで、

U : 合成流速

u_c : 海底面における潮流の流速

この流速を持った流れによって生育システムが受ける水平抗力は次の式で推定され、

$$F_d = \frac{1}{2} C_d \cdot \rho \cdot A \cdot U^2$$

ここで、

F_d : 水平抗力

C_d : 抗力係数 (1.12)

ρ : 海水の密度 (104.52kg・sec/m³)

A : 流れの方向に対するシステムの投影面積

生育システムは 217kg の水平抗力を受けることが分る。

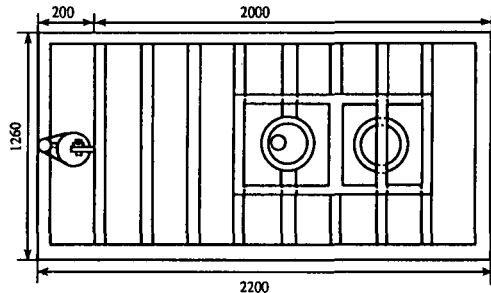
また、水平抗力が分れば、次の式で、生育システムの重量が推定でき、

$$W = F_d / \mu$$

ここで、

W : 生育システムの重量

μ : 底質を砂と仮定した摩擦係数 (0.5)



生育システムの重量は約 1424kg となるが、海底において安定して設置することのできる生育システムの水中重量は余裕を見て、1700kg に設計された。

4. 海底設置型生育システム

図 1 に海底設置型生育システムの概略図を示す。長さ 2.00m、幅 1.26m、高さ 1.15m の 2 種類の水中重量の異なる生育システムが製作された。両システムともイワガキを垂直に仕切られた板に付着させ、生育する方式を取っている。これは、イワガキの市場性を考慮した場合、イワガ

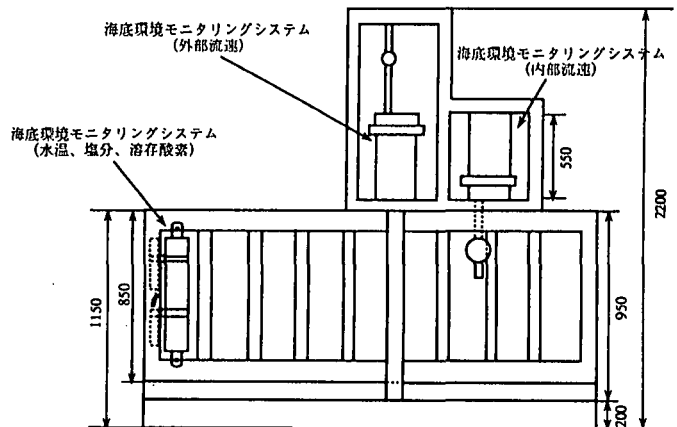


図 1 海底設置型成育システム概略図

キがイワガキ同士の固まりになると、市場性が落ちるとの観点からと、板を水平においた場合は海底の砂が荒天時の波浪による水流によって巻き上げられ、イワガキが砂によって窒息死するのを防止するためである。両システムとも材質は鋼製でA型と呼ばれるシステムが水中重量約1700kg、B型と呼ばれるシステムは操作性重視の観点から、水中重量が約500kgに設計されている。また、A型システムには海底環境モニタリングシステムを搭載し、海底の物理環境データ（波高、流速）および化学環境データ（水温、塩分、溶存酸素量）を計測することができる仕組みになっている。

5. 設置揚収用台船「ゆら号」

前にも述べたが、A型海底設置型生育システムの水中重量1700kgになるため、通常の小型船舶（漁船）では収穫の際の海底設置型生育システムの揚収は困難となる。そこで、揚収・設置専用の作業台船が製作され「ゆら号」と命名された。図2に「ゆら号」の一般配置図を示す。「ゆら号」は長12m、幅5m、深さ1.1m、喫水0.6mのFRP製の台船であり、最大約3tonの重量を吊り上げられる油圧駆動の雑用クレーンと巻き上げ重量約4tonのワーピングウインチを装備しているが、主機関を持たないため、動力船としての小型船舶の登録は不要である。この船は小型の漁船によって曳航され、実験海域まで移動し、海底設置型生育システムの揚収・設置作業を行う。

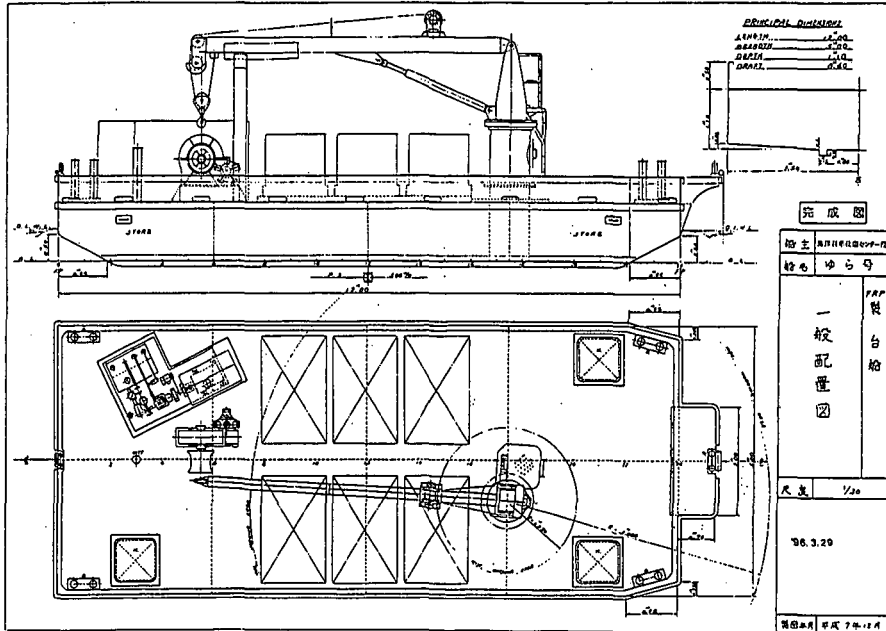


図2 設置揚収台船「ゆら号」

6. 設置・揚収

平成7年10月に海底設置型生育システムの設置作業が行われた。図3に示した、由良沖約2kmの水深約43mの実験海域が山形県漁業協同組合由良支所より提供され、図4に示すようなA型およびB型の海底設置型生育システムが60mの間隔で設置された。これらの海底設置型生育システムはB型システムが動いたり、転倒した場合を考慮して、ブイを付けた直径約30mmのテトロン強力糸クロスロープによって結ばれている。また、それぞれの海底設置型生育システムは同様なクロスロープに中間ブイを付けたものを水面上の閃光灯標と繋げている。閃光灯標は辺りが暗くなると自動的に約5秒の間隔で閃光を発する仕組みになっており、周囲を航行する船舶（主に漁船）に浮標の存在を周知させる様になっている。

揚収作業は翌平成8年の5月に行われ、2基の海底設置型生育システムを台船「ゆら号」上に揚収し、それを陸揚げして、海底環境モニタリングシステムのデータの回収と、イワガキの成長および生残等のデータの回収を行い、その後、1年間のデータを計測するために元の海域に再設置した。

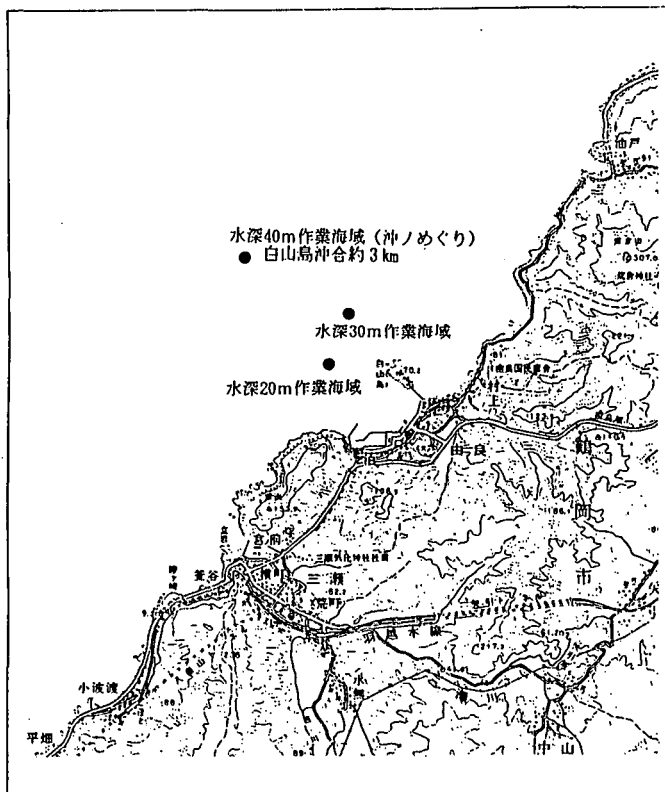


図3 海底設置型生育システム実験海域

7. 計測データ

7. 1. 物理環境データ

図5に1年間に計測された平均波高を示し、図6にはそれに対応した流速を示した。これを見ると、平均波高の中では最大で約6mのものが主に冬期において頻繁に出現しており、平均流速もそれに対応して最大で0.35m/sec(約0.7kt)が発生していることが分る。両者の相関を見るために、平均波高ベースで平均流速をプロットしたものが図7であるが、約100個のデータをとって平均値としているため、あまり良い相関関係が現れていない。そこで、一例として、12月25日午前7時に観測された波高と流速のサンプリングデータの相関を示したものが図8であり、この図より波高とその波によって生ずる流速とに相関関係があることが分る。

次に、装置がその流れに対して安定を保つことができたかについて調べてみた結果が図9および図10である。図9は海底環境モニタリングシステムの方角を記録したもので、最初設置した時には、297度の方角を示していたが、11月10日に294度と方位に約3度の変化のあることが分る。図10でこの変化を見てみると、最初設置した時に記録された水深が約42.1mであったが、徐々に沈下し、やはり11月10日ころに約42.6mに落ちついている。このことから、今回設計した海底設置型生育システムは、波浪によって発生する流れに対して、洗掘等の影響も無く、ほぼ安定して海底に留まることが可能であったことが推定される。ただし、図9に見られる、12月6日、25日、1月1日、4日、10日の方位変化のデータについては、その変化した時間が短いことから、高波浪によって実際に海底設置型生育システムが動いた可能性と、計測系のノイズによる可能性の2つが考えられる。

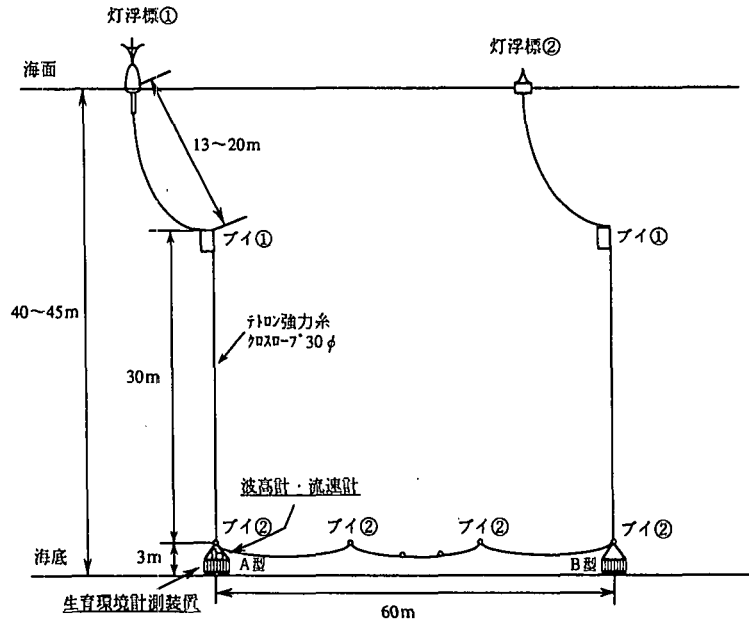


図4 海底設置型生育システム設置概念図

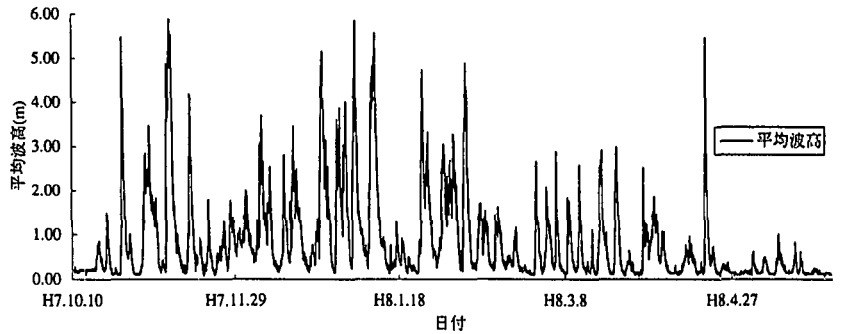


図5 平均波高

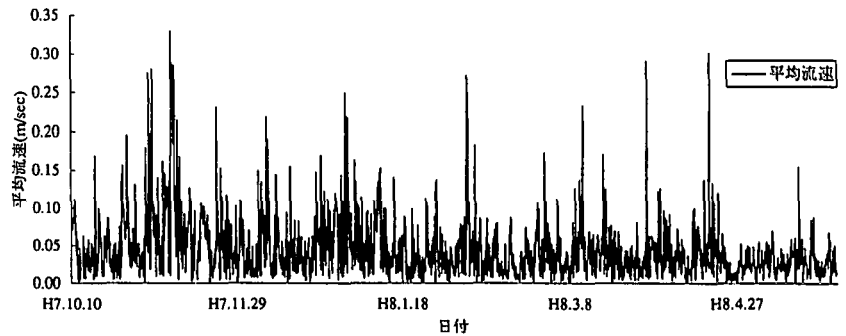


図6 平均流速

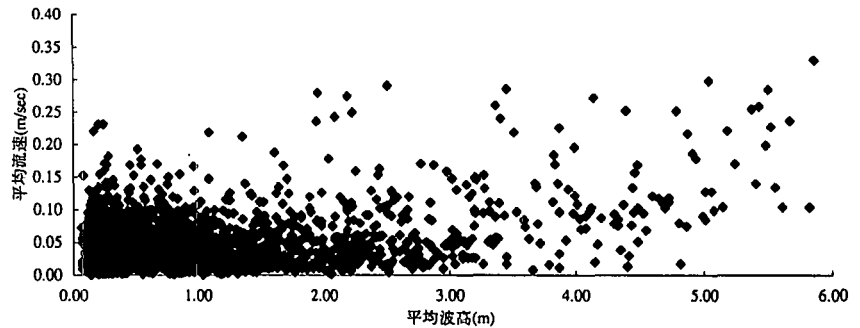


図7 平均波高と平均流速の相関図

7. 2. 化学環境データ

図 11 に水温、塩分および溶存酸素量の年間の変化について示した。この図より、塩分は 32 から 34 の間を絶えず変化しているが、平均すれば約 33.5 となるであろう。水温は夏の間に暖められた海水が、徐々に冷却され、2 月頃に 10 度付近に落ち着き、5 月頃から次第に上昇しはじめているのが分る。溶存酸素量は水温の低下とともに上昇しているが、あまり大きな変化を見ることができない。

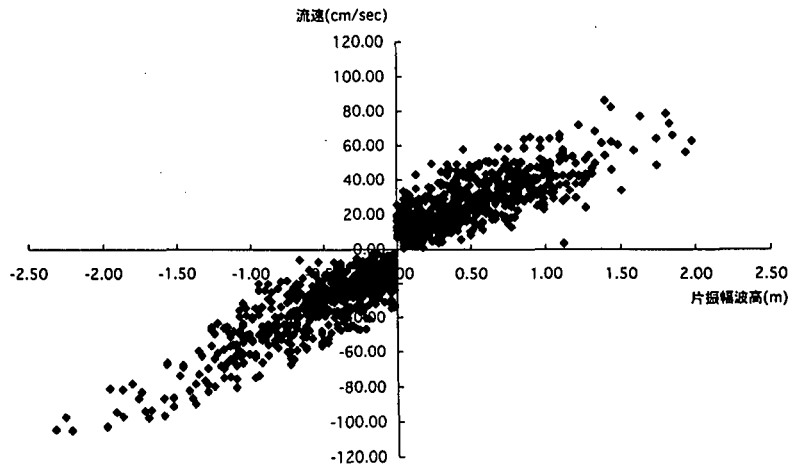


図 8 波高と流速のサンプリングデータの相関図

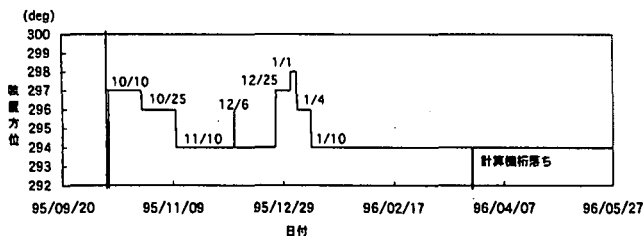


図 9 海底設置型生育システム方位変化

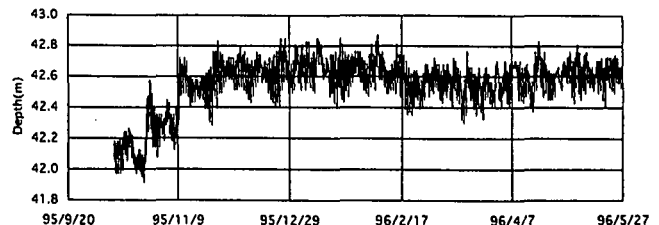


図 10 海底設置型生育システム深度変化

8. 終わりに

海底空間を有効に利用するためにイワガキの海底設置型生育システムを開発し、約 1 年にわたり海底環境のデータを計測した。その結果、冬期における日本海の荒波の中でも海底はある程度静穏な環境であることが分った。

また、海底設置型生育システムは其中で安定しており、システムの中に付着させたイワガキの稚貝に何ら物理的影響を与えることはなかった。ただ 1 つ残念なことは、海底設置型生育システムの中のイワガキの稚貝が他の生物によって食貝され、半分以上が死滅していたことである。この点については、昨年度、改良を加えた海底設置型生育システムを製作し、設置作業を終了したのでその成果が期待される。水深 43m の海底におけるイワガキの生育状態はイワガキの餌となるプランクトンの量がより浅い場所でのそれより少ないため、決して良いとは言えないが、この養殖の利点は養殖の対象となるイワガキに餌を外部から供給しなくてもよいことにあり、利用できる海底の空間さえ確保できれば、毎年でもこのシステムを投入・設置し、それから約 5 年後に成貝として市場に送り出すことができる所にある。このシステムが実用化され、高齢化を迎えつつある漁業の一助とならんことを願っている。

最後に、本研究を進めるにあたり、貴重なご意見を頂いた山形県漁業組合由良支所の方々ならびに実海域実験において多大なるご支援を頂いた仁豊丸の方々に感謝の意を表し、本報告の結びとする。

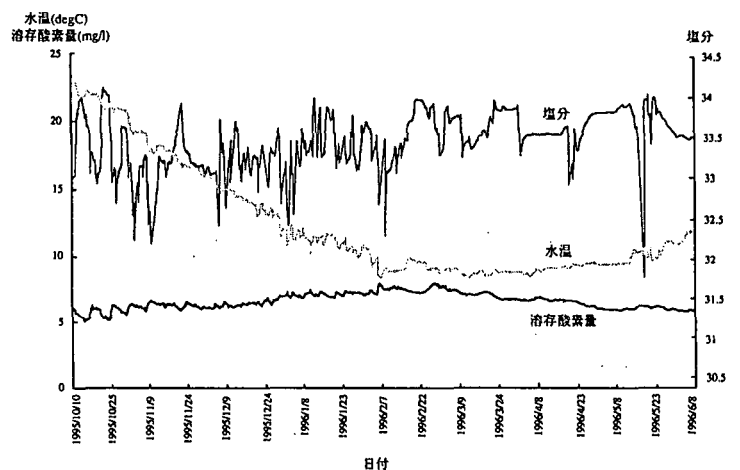


図 11 水温、塩分および溶存酸素量の変化

参考文献

- 1) 元良誠三他：船体と海洋構造物の運動学，成山堂書店，1982
- 2) 堀川清司：[新編]海岸工学，東京大学出版会，1991