

「ロープ式藻場」による垂直構造物への環境機能付加手法に関する 基礎的実験及び考察

中西 敬¹・中村由行²・川井浩史³
勝海 務⁴・斉藤安立⁵・山田桂介⁶

港湾や漁港の外郭施設の多くには垂直構造が採用されている。これらの施設は、防災及び港湾機能確保の両面から経済成長を支えてきたが、一方で環境面の様々な課題を生んだ。今後、港湾事業のグリーン化が進められる中、これらの垂直構造物をいかに環境機能を有するものに改良できるかが重要な課題といえる。本研究では、全長 4,433 m の垂直構造である西宮沖防波堤において「ロープ式藻場」を用いた藻場造成の基礎的な実験を行った。実験の結果、垂直面に若干の傾斜を有する基盤を付加することによって、海藻が生育可能になることが明らかになった。垂直構造物が防災面での機能に加え、環境面でも大きな価値を生むポテンシャルを有することが検証できた。

1. はじめに

港湾や漁港の外郭施設は、機能性、施工性、経済性を優先して設計されてきた結果、多くの施設に垂直構造が採用されている。これらの施設は、防災及び港湾機能確保の両面から経済成長を支えてきたといえる。その一方で、生物の生息場としての海岸線の多様性低下、海水交換の低下による水質・底質の悪化など、環境面の様々な課題を生んだ。今後、港湾事業のグリーン化が進められる中、これらの垂直構造物をいかに環境機能を有するものに改良できるかが重要な課題といえよう。

本研究では、環境配慮の方針を「生物の生息空間の創出」、「水質浄化機能の向上」と設定し、両機能を有する「藻場」を環境機能付加の手段として選定した。その上で西宮沖防波堤（以下、防波堤と記す）（図-1）を対象に、「ロープ式藻場」により、藻場造成に関する基礎的な実験を行った。なお、防波堤は、西宮市地先の水深約 12 m の捨石マウンド上に設置された幅約 9 m、延長 4,433 m の国内で 2 番目に長い防波堤で、全延長に亘り垂直構造で単一の断面となっている（図-2）。

2. 実験方法

防波堤内外（南北）の 6 地点において（図-1）、L.W. $-0.5\text{ m} \sim -6.0\text{ m}$ の 8 水深帯（ -0.5 m , -1.0 m , -1.5 m , -2.0 m , -3.0 m , -4.0 m , -5.0 m , -6.0 m ）に生育基盤となるロープを設置し、海藻種苗を植え付け、その生長と制限要因となる環境条件に関するモニタリングを行った。

実験に用いた海藻は、大阪湾での自生状況並びに、近接する尼崎港内で行われた、11 種の海藻を用いた生育実験結果に基づき、最も生育の可能性が高いと判断されたワカメを選定した。ワカメの種苗は、淡路島で配偶体を着生させた種系を用いた。

藻場造成方法として、簡易に設置・撤去できること、海上交通の支障とならないこと等から、「ロープ式藻場」

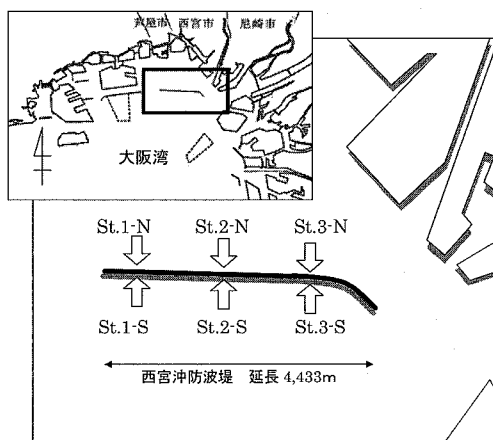


図-1 西宮防波堤の位置と実験箇所

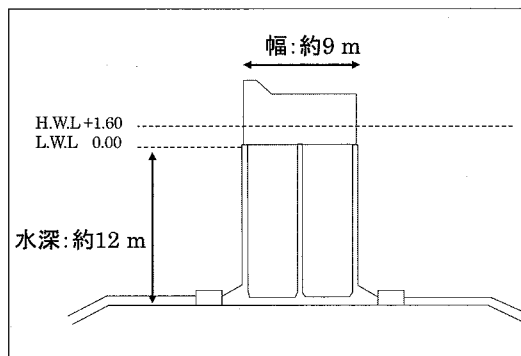


図-2 西宮防波堤の断面形状

1 正会員 博(工) 総合科学(海)海域環境部長
2 正会員 工博 (独法)港湾空港技術研究所海洋・水工部沿岸環境領域
長
3 理博 神戸大学内海域環境教育研究センター教授
4 国土交通省近畿地方整備局神戸港湾事務所所長
5 国土交通省近畿地方整備局海洋環境・技術課長
6 (財)港湾空間高度化環境研究センター

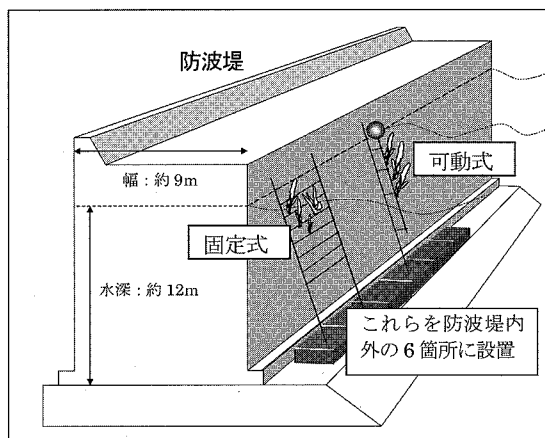


図-3 実験施設の概要

と称するロープを用いた仮設式藻場造成手法を採用した。ロープ式藻場はロープを梯子状に設置した固定式のものと、ロープにブイを取り付け干満に連動し、ガイドに沿って上下することによって常に水深を一定に保つ可動式とした(図-3)。

一般的にワカメは、春に成熟した孢子葉から放出された遊走子が基盤に着生し、配偶体の状態で夏を越す。秋になると配偶体が成熟・受精し孢子体となり、水温が低下するに従い生長を始める(図-4)。本研究では、このような生活史を踏まえ、平成16年12月に配偶体が着生した種糸を生育基盤となる固定式・可動式ロープに設置した。その後、平成17年6月まで、毎月、発芽・生長株数と各株の葉長を計測し、孢子葉が成熟し遊走子の放出を確認した後、全量を刈り取った。

実験期間中は、多項目水質計等を用いて、2週間に1

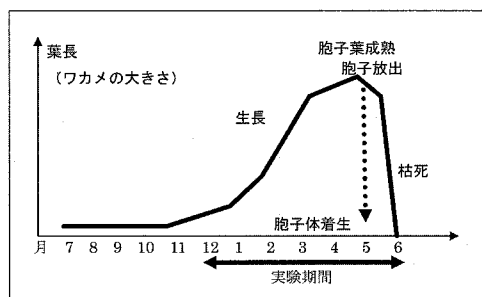


図-4 ワカメ生長の模式

回環境条件を計測した。計測項目は、水温、塩分、DO、濁度、水中光量、クロロフィルaである。

3. 実験結果

1月、3月、5月の地点別、水深別ワカメの生長状況(葉長)は図-5~7に示すとおりとなった。1月には防波堤南北で葉長に顕著な差が生じている。また、東西方向で比較すると、東側の淀川河口に近いSt3-Sで生長が良好であった。3月になると北側でも葉長が伸び始めたが、その水深帯は-0.5m~-1.5mであり、南側の生育水深帯-0.5m~-4.0mに比べ狭い範囲であった。東西方向ではSt3-Nの生長が他に比べ劣る傾向が見られた。その後北側のワカメは生長を続け、5月になるとSt1-Nの-1.0m層のワカメが南側と同程度までに生長した。一方、南側のSt1-S、St2-Sでは葉長が短くなり始め、-0.5m~-1.0m層ではその傾向が顕著で、流出するものも見られた。東西方向では、3月と同様、St3-Nの生長が他に比べ劣る傾向が見られ、南側では逆に、St3-Sが他に比べ勝っていた。

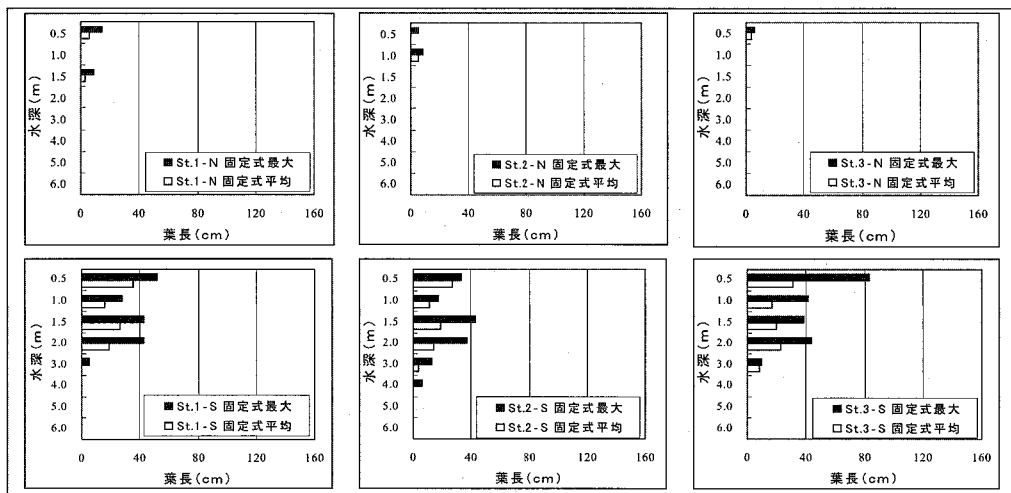


図-5 地点別水深別固定式ロープにおけるワカメの葉長(1月)

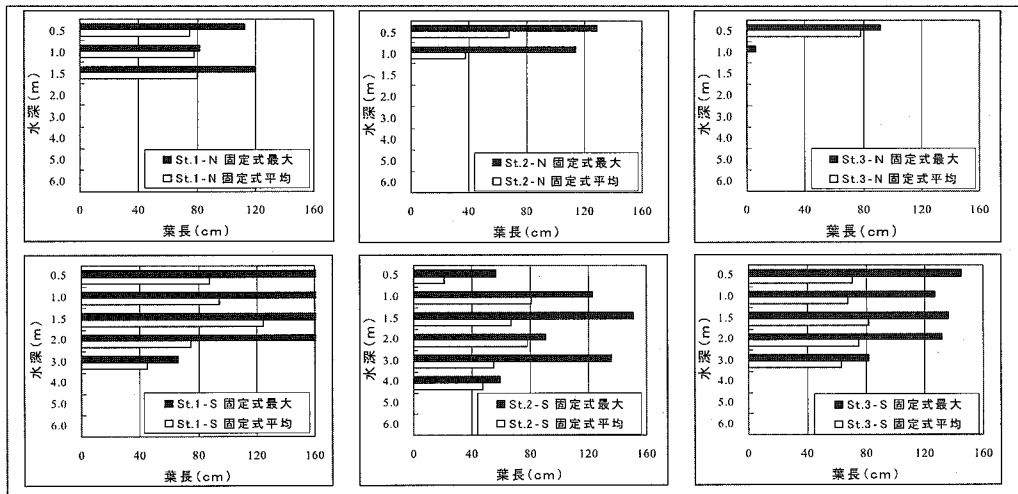


図-6 地点別水深別固定式ロープにおけるワカメの葉長（3月）

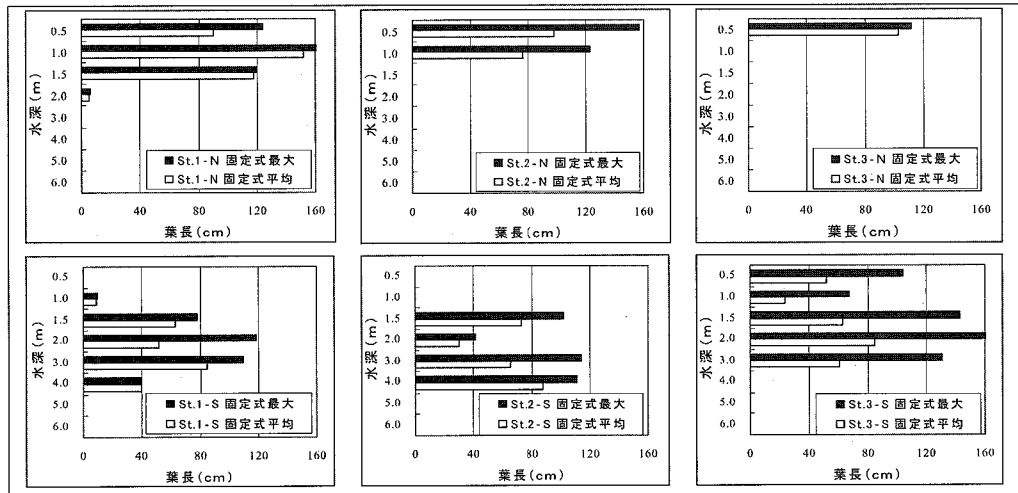


図-7 地点別水深別固定式ロープにおけるワカメの葉長（5月）

このように、元々ワカメが自生していなかった垂直構造物に、人為的に種苗を供給するとともに、若干の傾斜を有する基盤を設置することによって、ワカメが生育することが確認された。また、防波堤の南北、東西方向、さらには、各地点の水深によって、ワカメの生長に大きな差が生じ、その状態を定量的に把握することができた。

なお、藻場が維持されるためには、人為的に供給した海藻が再生産し、次世代へとつながることが不可欠である。現在、引き続いて次世代の発芽・生長に関するモニタリングを行っている。再生産と判断される株数は少ないものの、防波堤の壁面に株の生長が確認されている。

4. 考 察

海藻の生育を制限する要因として、水温、塩分、光量、

波当たり（波浪等による攪乱）、栄養塩が上げられる。

大阪府立水産試験場による浅海定線調査データによると、防波堤周辺海域では、海藻の生長に必要な栄養塩が確保されていると考えられ、ここでは、主に、水温、光量、波当たりについて、ワカメの生長状況との対比を試みた。

（1）光条件と水温

防波堤の緯度、経度並びに元日から通し日数を用いて計算した、実験期間中の太陽の南中高度と形成される日陰の状態は図-8のようになる。同様に求めて求めた大気外全天日射量に、神戸海洋気象台で観測された日射時間を乗じることによって求めた相対的光条件（1月の光環境を1とした）は図-9（上図）のようになる。

このように、実験期間の前半においては、防波堤北側の広い範囲で日陰が形成され、海中では散乱光がワカメ

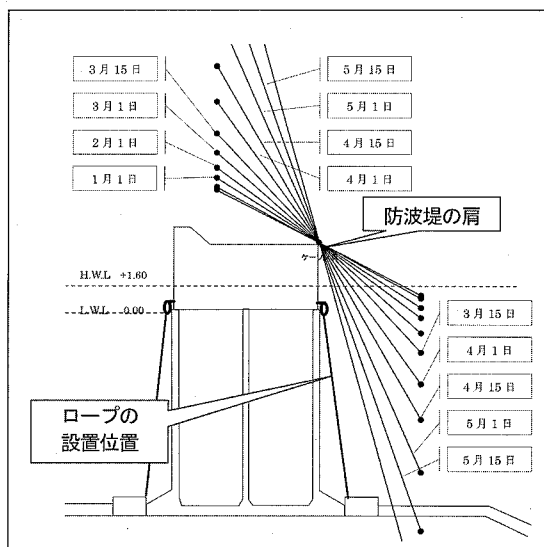


図-8 南中時の太陽高度に基づく防波堤北側での日陰の状況

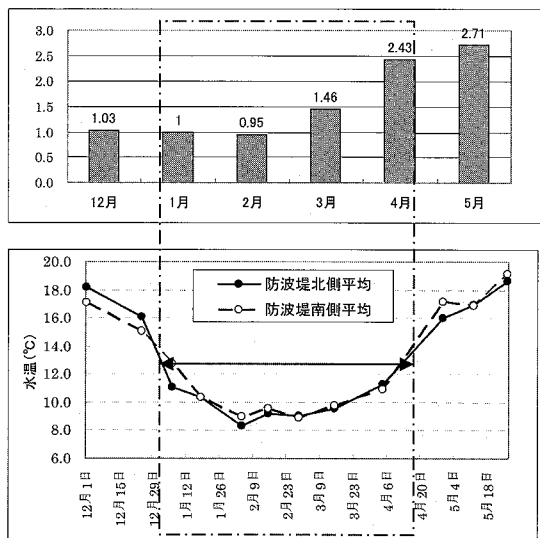


図-9 相対的光条件 (上図) と水温の推移 (下図)

に当るものの、南側に比べ光環境が著しく劣っている。このことが生長を阻害する要因になっていると判断される。また、ワカメの生長に適した水温は 14°C 以下といわれており、現地での測定結果 (図-9 (下図)) から、水温が 14°C 以下の期間では、4月の光環境が最も生長に適していることが分かった。これらのことから、南側では水温が好適範囲にある1月~4月にかけて生長が見られたが、これに対して北側では、太陽高度が高まり日射条件が良好になる3月~4月にかけて、表層での生長が良好になったと判断される。

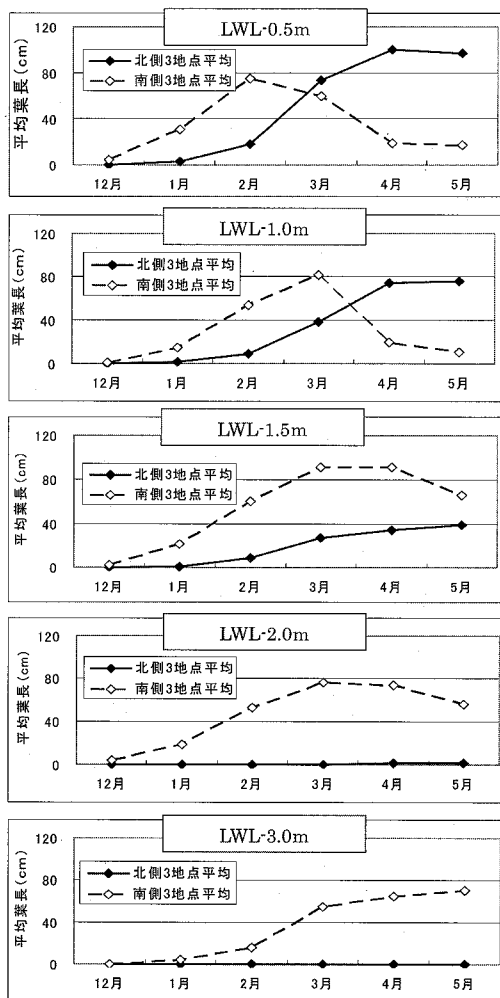


図-10 固定式ロープにおけるワカメの平均葉長の推移

(2) 光条件と波当り

固定式ロープにおける水深別平均葉長の推移は図-10 のようになり、全般的に南側での葉長が北側に比べ良好となった。南側では -3.0m 層までワカメの生長がみられたが、北側では -1.5m 層までとなっている。ただし、 -0.5m 、 -1.0m 層では4月~5月にかけて、北側の葉長が南側の葉長を上回る。このことは、生長が始まった時期の差により、先に成熟したワカメの先枯れが生じているといった生理生態的な現象に加え、先に示した北側での光環境の好転、さらには表層付近での波当りの違いが影響しているものと考えられる。 -1.5m 層以深ではこのように葉長が逆転する現象は見られず、主に光環境がワカメの生長を制限しているものと考えられる。

一方、可動式ロープにおける水深別平均葉長の推移は

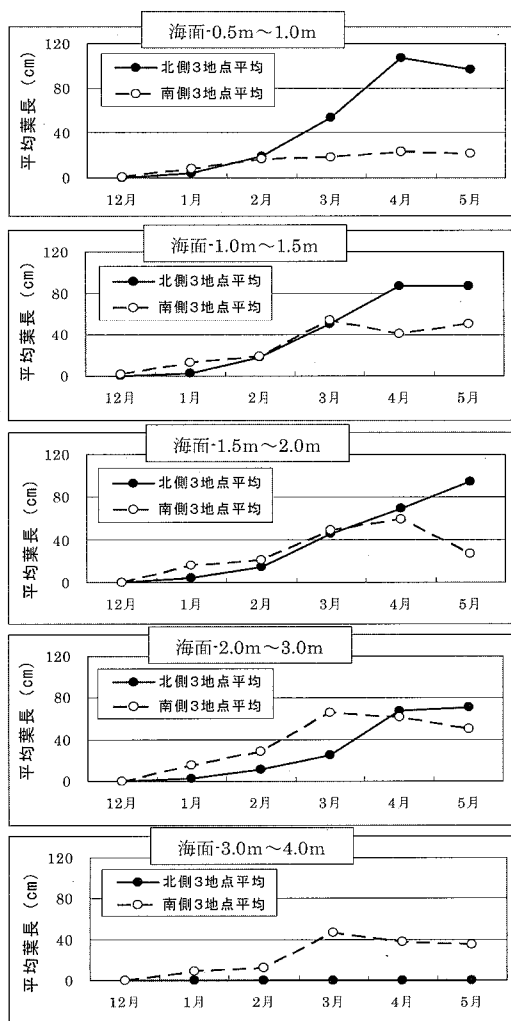


図-11 可動式ロープにおけるワカメの平均葉長の推移

図-11に示すとおりとなった。可動式では固定式とは異なり、 -0.5m 層では北側の葉長が南側に勝り、概ね -2.0m 層まで同様な傾向が見られた。可動式の場合、海藻自体が水面に同調し上下することから、固定式に比べ光環境が良好に保たれる。しかしながら波当りの影響もより強く受けることになり、光条件の有利さよりも波当りの影響が勝る南側の表層付近で、葉長が短くなる現象が現れたと考えられる。

5. おわりに

実験の結果から、垂直構造の外郭施設に若干の工夫を施すことで、防災面の機能に加え、環境面でも大きな価値を生むポテンシャルを有することが確認できた。これまで環境面ではマイナスの評価を受けてきた空間が、プラスの効果を生む可能性があるという結果は、今後港湾事業のグリーン化を進める上で有用な情報となった。

港湾等において藻場造成事業を行う際には、本手法を用いて事前の簡易実験を行うことにより、それぞれの海域条件に適した藻場造成水深帯を明らかにし、環境配慮の設計に反映することができる。

海藻を取上げ利用することは、海と陸を一体に捉えた物質循環系を創ることである。今後はより安価でより効率的な藻場造成手法の検討が必要であるとともに、刈り取った海藻を有効利用するための仕組みづくりが課題である。

謝辞：本論は国土交通省近畿地方整備局神戸港湾事務所による「既存防波堤活用方策検討調査」の結果をまとめたものであることを付記するとともに、同調査検討会委員各位並びに調査に協力いただいた関係者各位に謝意を表する。

参考文献

- 大阪府立水産試験場事業報告(1995~2004)：浅海定線調査。
- 川井浩史(2001)：神戸の海藻～神戸・淡路地域の海藻～，財団法人神戸市体育協会，pp. 22-66。
- 栗原康編著(1988)：河口・沿岸域の生態学とエコテクノロジー，東海大学出版会，pp. 238-240。
- 神戸海洋气象台：気象統計情報，気象観測月統計表，http://www.kobe-jma.go.jp/Shiryuu/Geppyou/Geppyou_index.html，参照 2005-12-10。
- 財団法人港湾空間高度化センター港湾・海域環境研究所(1998)：港湾構造物と海藻草類の共生マニュアル，p. 13。
- 財団法人国際エメックスセンター(2004)：閉鎖性海域における最適環境修復技術のパッケージ化研究開発成果報告書，pp. 4.8-4.11。
- 水産庁漁港漁場整備部(2002)：水産基盤整備事業費用対効果分析のガイドライン（暫定版）—参考資料一，pp. 6-10。
- 中川清隆：太陽方位，高度，大気外日射量の計算，http://www.juen.ac.jp/scien/naka_base/met_cal/solar.html，参照 2005-12-09。