

# 二重堤方式における海面の活用方策とその効果

寒地土木研究所 道北支所 ○前田 優  
 稚内港湾事務所 井元忠博  
 紋別港湾事務所 渡部壮史

沿岸域の水産資源を有効に活用するため、港湾・漁港施設等の沿岸構造物は本来有する機能に加えて、自然環境と調和させるための機能付加が求められている。北海道内では、これまでに実施した藻場環境創出付加構造の多くは構造物の背後に小段を設置したものである。本報文では、事例が少ない水産協調型構造物としての二重堤方式について着目した。杓形港と元稲府漁港のモニタリング調査結果より、この方式により創出される遊水部空間を有効な活用をすることで藻場創出効果があり、周辺環境と調和した港づくりに適していることが確認された。

キーワード：藻場創出、二重堤、海面の活用、環境調和

## 1. はじめに

近年、藻場が形成されない磯焼けに対する問題が深刻化している。藻場は、水産上有用な魚介類やその他の多様な生物にとって産卵や幼稚魚の保護育成場、無脊椎動物や魚類の生息場、摂餌場、隠れ場の提供など重要な生息場となっている。

一方で、港湾・漁港施設等の整備を行う際に、周辺の自然環境と調和を図るために小段などを設けるなど積極的に藻場環境の創出機能を付加した工夫がされるようになった。

防波堤・護岸への藻場創出機能の付加については、北海道開発局監修の下、平成10年度に「寒冷地における自然環境調和型沿岸構造物マニュアル」が刊行され、北海道はこれまでに藻場21港（図1）の整備が行われている。

本報文では、これまでに事例の少ない二重堤間における藻場創出機能について杓形港、元稲府漁港の事例を紹介するとともに、この方式における効果及び導入検討時の課題について報告する。

## 2. 二重堤方式における海面活用方策

高波浪時の越波が利用上の支障となっている施設では、天端の嵩上げを行うことが効果的かつ一般的な対策である。しかしながら、高天端化は防波堤利用上の利便性および港内からの景観や眺望上、望ましい対策とは一概にいえず、低天端で、かつ越波抑制機能に優れた防波堤形式が求められている<sup>1)</sup>。こうした相反する条件を満足できる方法として図2に示す二重堤構造が一つの対策であり効果的な形式である。この形式に

より創出される遊水部空間は、海水交換の盛んな低波浪海域であり水産生物の生息、増殖の場として効果的である。

これまで二重堤は建設コストが多くかかることとされており施工事例は少ないが、海面を有効な活用をすることで藻場創出効果が期待でき、周辺環境と調和した港づくりに適している。

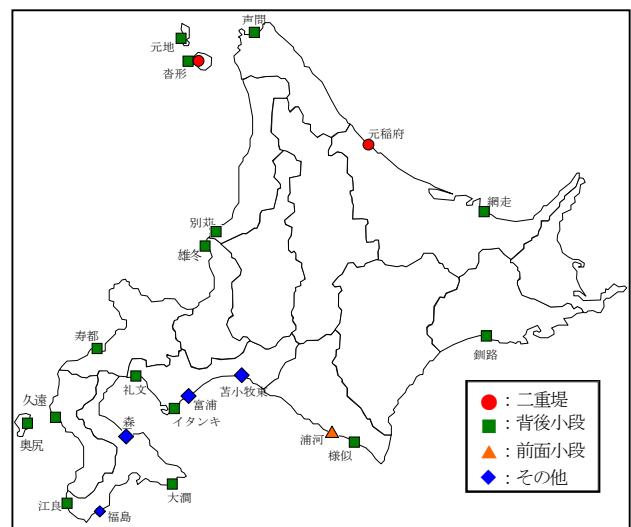


図-1 藻場創出機能整備港



図-2 二重堤概念図<sup>2)</sup>

### 3. 二重堤方式における藻場創出効果事例の紹介

#### (1) 杓形港<sup>7)</sup>

##### a) 二重堤整備概要

杓形港では、既設護岸（防波）施設からの越波が激しく荒天時には港湾施設用地が利用不可能に近い状態であった。これらを解消するためには既設護岸の天端を嵩上げする方法が一般的であったが、施工箇所が国立公園区域の特別地域内に隣接していることから景観上の制約を受け、これ以上の護岸天端の嵩上げは困難であった。そこで、平成8年度から平成10年度に越波防止対策として図3に示す沖側に潜堤（延長238m）の整備を行い二重堤構造（図4）とした。

##### b) 造成事業

北海道は平成13年度に造成事業として、二重堤間に大割石（数量4,812m<sup>3</sup>、延長115m）を投入し水深を浅くすることによって、海藻類のより活発な光合成が行われ藻場の増大（藻場創出効果）を期待し実施している。

##### c) 藻場創出効果について（モニタリング調査）

潜堤設置前の平成7年から整備までの期間を含め平成14年までの二重堤間に設定（図5）したA,B,Cの3測線の内、基部側のA測線による海藻類の年度別現存量と出現比率を図8に示した。なお、平成8年度は同地点で調査を行っていないため比較対象外とした。

潜堤が設置される前の平成7年は、ウガノモク、エゾヤハズ、マクサを主体とする群落を形成しており、種類数はA測線で21種と比較的多種からなる海藻群落を形成している。また現存量は約2.0kg/m<sup>2</sup>と少ない傾向を示していた。その後、潜堤建設中である平成9～10年にかけては、リシリコンブ群落の占める割合が高くなった。特に潜堤が完成した平成10年度は、その他海藻群落からリシリコンブ群落への変換期であったことが遷移過程として推測される（図6）。平成11年度からは前年度に比べ現存量が約半分となったが、これらは潜堤設置による静穏域の拡大とリシリコンブ等の海藻類の現存量が増加したため、その豊富な餌料を摂餌するためにウニ類が増加したためと考えられる。図7にウニ類の生息密度の経年変化を示した。潜堤が完成した平成10年度はウニの生息密度が増加していることがわかる。平成11年度はウニの密度が減少したが、平成14年度は再び増加している。これらのことから、海藻類の現存量は年変動や収穫量による変動はあるが、ウニによる食圧が一つの要因と考えられる。

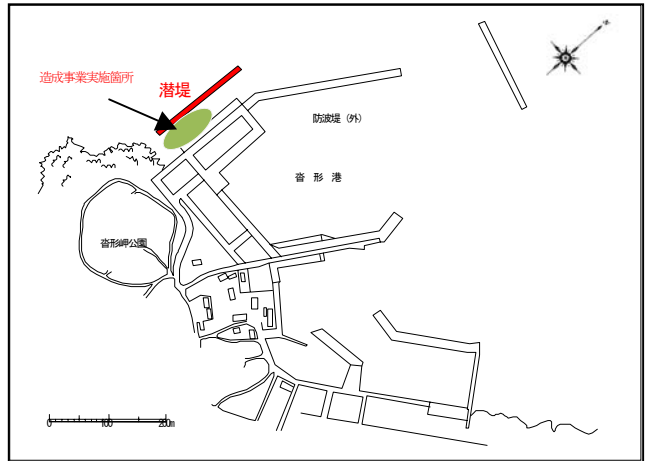


図-3 杓形港潜堤位置図

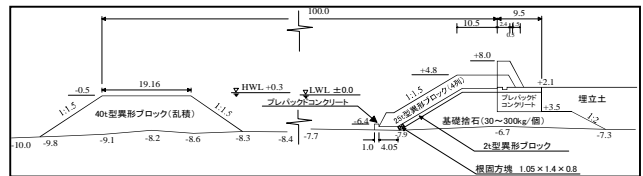


図-4 二重堤標準断面図

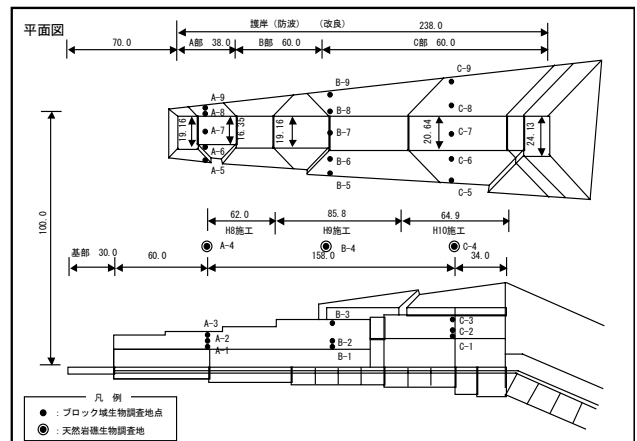


図-5 藻場調査平面図



図-6 二重堤間海藻繁茂状況

一方で、図9に示した潜堤部における海藻類の年度別現存量と出現比率では、潜堤完成前の平成7年度で約2.0kg/m<sup>2</sup>に対して、完成後の平成10年度では約18kg/m<sup>2</sup>となっており、3年間で9倍もの海藻類が増加した。これは、波当たりの強い環境であることが一つの要因と考えられる。一般的に海藻に対する波浪の作用として考えられることは、栄養塩の補給、代謝老廃物の排除、懸濁物質の堆積の防除等があげられる。また、強い波浪環境下では、ウニの食圧が抑制されることも報告されている。これらの好適条件が重なり、遊水部よりも高い藻類の現存量が確認された。

以上のことから、二重堤方式によって創出される遊水部空間に藻場環境を造成することにより、藻場創出効果があることが確認された。また、杓形港では二重堤構造を潜堤形式にすることにより構造自体にも藻場が繁茂しており、二重堤建設前よりも全体的に海藻の現存量が増加した。

### c) 整備効果

二重堤方式の整備による効果を下記に示す。

- ①平成20年度現在までに、護岸（防波）からの越波による被害はない。構造を二重堤方式とすることで、既設護岸（防波）天端を嵩上げせずに越波を抑制できた。
- ②二重堤の整備により遊水部の藻場創出機能が付加され現地でも藻場の繁茂状況が確認された。
- ③遊水部に藻場が創出されることにより、安定した漁場の確保ができる。
- ④今後更なる漁業者の高齢化が進むと考えられ近隣に漁場（図10）が確保されることにより、漁業者の作業負担が軽減される。

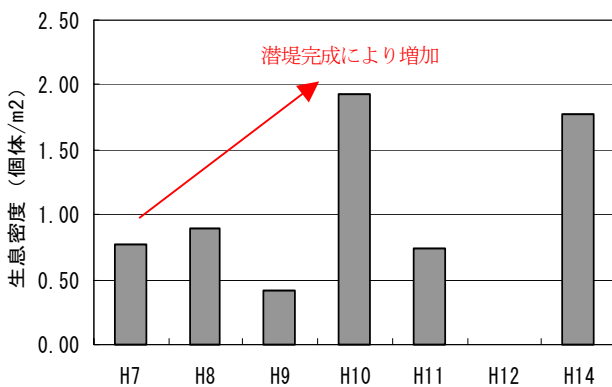


図7 ウニ類の生息密度の経年変化

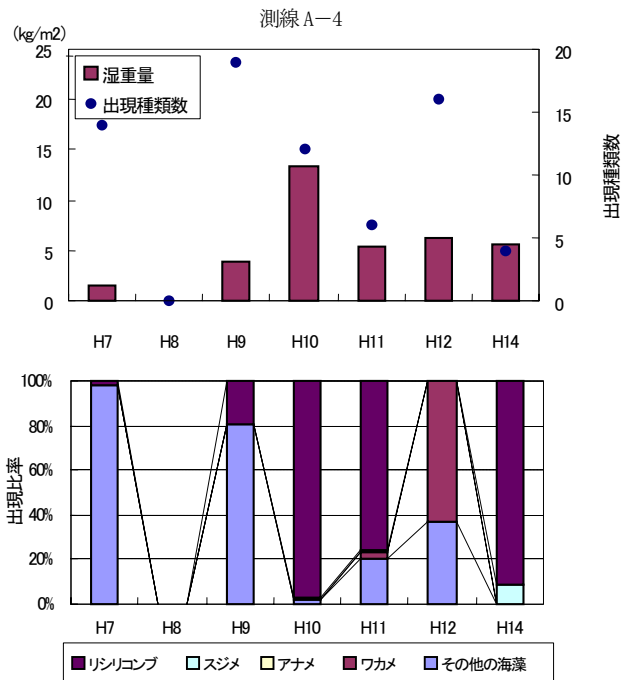


図8 年度別現存量と出現比率グラフ (遊水部)

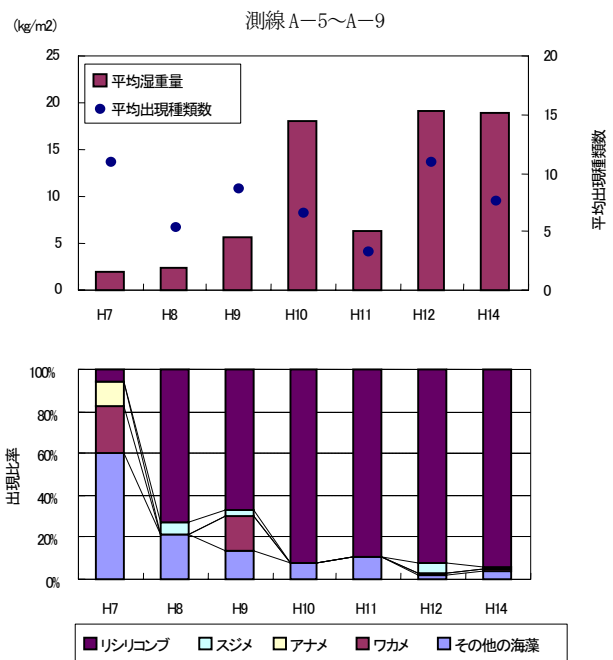


図9 年度別現存量と出現比率グラフ (潜堤部)



図10 二重堤間コンブの収穫状況



(2) 元稲府漁港

a) 二重堤整備概要<sup>8)</sup>

元稲府漁港では、長周期波の影響により漁業活動に支障をきたしていることから、これらを解消するために港内水域の拡大を図り、平成 15 年度より長周期波対策の整備を行っている。その際に整備する新規外郭施設の整備にあたっては自然調和型漁港づくり推進事業に基づき、現状と課題を踏まえ、二重堤構造とし二重堤間に創出される水域を藻場として造成し新たな漁場として利用している。また、長周期波対策として浚渫により発生する浚渫岩を二重堤により発生する新たな静穏域（遊水部）に再利用してウニ・コンブの生育に適した藻場環境の造成とコスト削減を図っている（図 11、13）。



図-11 二重堤整備イメージ

b) 現状と課題

二重堤を整備する前の問題を下記に示す。

- ①本漁港周辺では、磯根資源はあるものの、コンブの繁茂が少ない。
  - ②漁獲対象にならない稚ウニや実入りの悪いウニが多い。
  - ③漁業者は、コンブ・ウニを求めて遠方での操業（片道 5 km、0.4 h）となり作業効率が悪い。
- 以上による問題について二重堤の整備により解消されることが期待される。

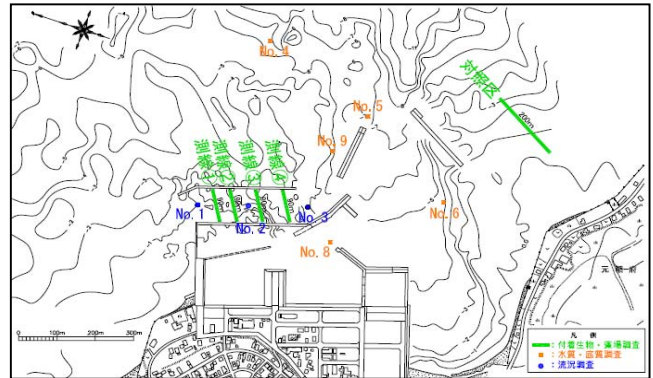


図-12 元稲府漁港藻場調査箇所図

c) 藻場創出効果（モニタリング調査）

元稲府漁港では、二重堤建設前の平成 15 年度から藻場及び付着生物調査（図 12）を継続して実施している。施設配置の変遷としては、平成 15 年度に傾斜堤 310m が沖側に配置され、静穏域が拡大している。平成 16 年度に北防波堤 300m が延伸され、現在の港形となっている。

二重堤間内（遊水部）におけるリシリコンブの湿重量とエゾバフンウニの生息密度の関係を図 14 に示した。リシリコンブは平成 18 年度で最も湿重量が多い結果となった。平成 16 年度は傾斜堤が完成したことで、調査領域の静穏域が拡大し浅海域にウニの個体数が増加し

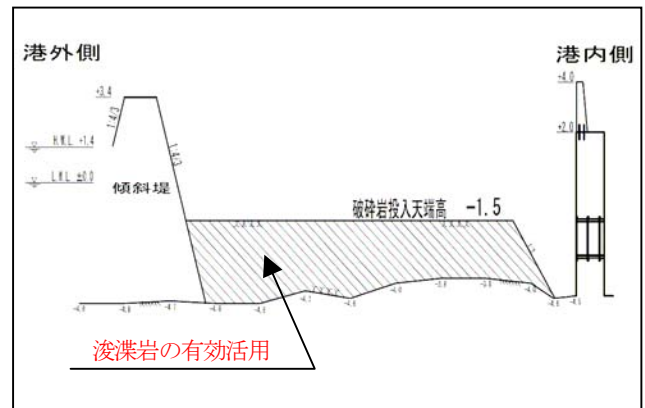


図-13 二重堤標準断面図

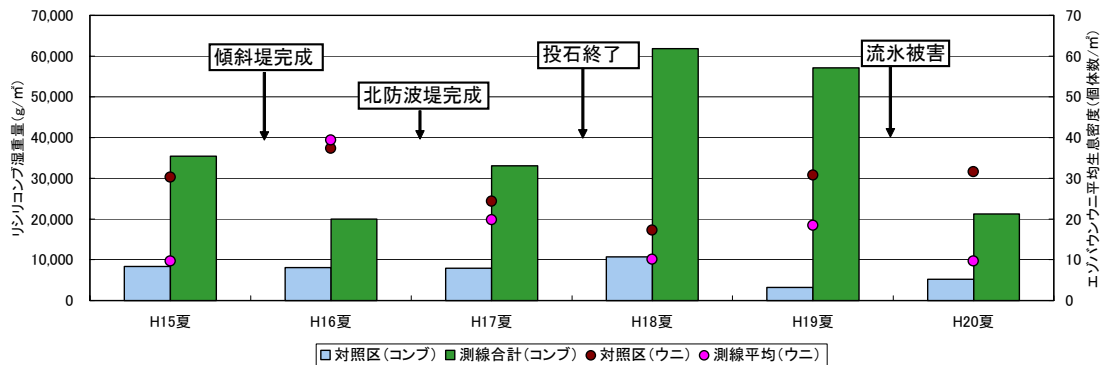


図-14 リシリコンブの湿重量とエゾバフンウニの生息密度の関係

たため、リシリコンブの分布は平成 15 年度より減少した。平成 17 年度は北防波堤が完成し、藻場造成のための投石が進むことにより着底基質が増え、藻場環境が整ったことで、リシリコンブの分布が増加した。その後、平成 18 年度から平成 19 年度までは順調にリシリコンブが増大したが、平成 20 年度に流氷による被害により、リシリコンブの湿重量が大幅に減少した。

次に、コンブ藻場が増大するにあたり影響が大きいウニの生態について調査した。ウニと流れの関係については、川俣<sup>3)</sup>らがキタムラサキウニは 0.25m/s (図 16) 以上の流速が生じると摂餌行動が激減し、町口<sup>4)</sup>らはエゾバフンウニの稚ウニは流速 0.20m/s で待避行動を起こすことが報告されている。二重堤堤内の流速分布 (表 2) は、約 90%以上が 0~0.05m/s となっているため、ウニの生息に適していることがわかった。図 15 にエゾバフンウニの殻内の状況を写真で示した。二重堤内の方が対象区よりも食用となる生殖巣が多いことが確認された。よって二重堤内はウニにとって最適な生息環境であり、ウニの質が高いことがわかった。

以上のことから、二重堤方式によって創出される遊水部空間に藻場環境を造成することにより、リシリコンブとエゾバフンウニの資源量および質の向上が確認された。しかし、今年度は流氷被害やウニによる摂餌のため、コンブの資源量および漁獲量が大幅に減少した (図 14, 17)。そのため、今後は流氷流入防止対策が必要と考えられる。

d) 整備効果

二重堤方式の整備による効果を下記に示す

- ①二重堤間の藻場創出により、ウニ、コンブの資源量および漁獲量が増加した (図 14, 18)。
- ②静穏水域での操業により、安全性の向上、労働環境の改善がなされた。
- ③移動距離が短縮 (片道 0.9km、0.07h) され、作業効率が改善された。
- ④漁業者よりウニの実入りの状態が良いとの好評を得ている。
- ⑤長周期波対策として浚渫により発生する浚渫岩を二重堤間に流用することによりコストの縮減が図られ、藻場の増大効果が促進された。

表-2 二重堤内流速分布

	観測機器	設置水深	調査時期
流況調査	電磁流速計	海底から1m程度	8月(15昼夜連続)

流速(m/s)	H19夏			H20夏		
	No.1	No.2	No.3	No.1	No.2	No.3
0~0.05	92.0%	93.4%	98.9%	71.9%	87.9%	91.6%
0.05~0.1	7.9%	6.6%	1.2%	23.8%	12.0%	8.3%
0.1~0.15	0.0%	0.0%	0.0%	3.7%	0.2%	0.2%
0.15~	0.0%	0.0%	0.0%	0.6%	0.0%	0.0%



対象区 二重堤内

図-15 エゾバフンウニの殻内の状況

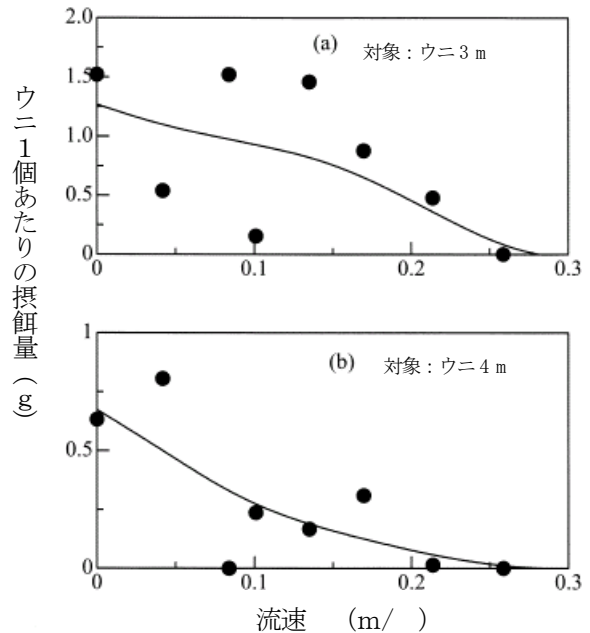


図-16 流速とエゾバフンウニの摂餌量の関係<sup>5)</sup>

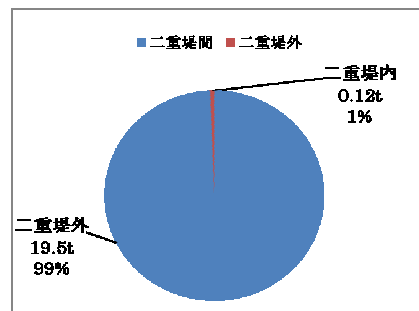


図-17 コンブ漁実績 (H20)

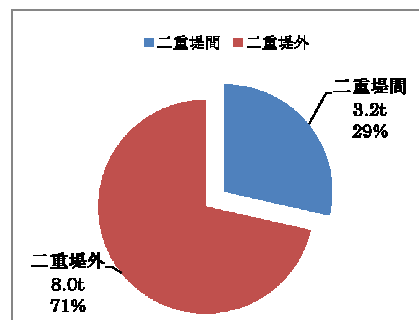


図-18 ウニ漁実績 (H20)

#### 4. 二重堤方式による導入の可能性について

前章にて杓形港と元稲府漁港について二重堤方式における藻場創出効果について事例を基に、この方式における導入の可能性について下記に示す。

- ①現場条件により構造物の天端高に制約があった場合には、低天端化として有効な構造形式である。
- ②山中<sup>1)</sup>らの研究により、二重堤構造は海底勾配が緩い条件では経済的に従来工法（消波ブロック被覆堤構造）と同程度となると考えられている。
- ③好漁場となっている場所では、二重堤を建設することにより漁場が消失するため注意が必要である。
- ④藻場創出に関する一般的な知見を理解した上で、計画地周辺における環境条件、水性生物の分布、海底地形、地質などについて地元ヒアリング、既存資料の収集や新たに調査等を行い、現状を把握する。
- ⑤上記の調査結果より、藻場創出効果が期待できる場合は、構造設計時に比較断面として検討する。また、この構造形式における藻場創出効果の付加などを費用対効果に含めて検討する。

上記の条件等を総合的に判断すれば導入の可能性があると考える。

#### 5. まとめ

二重堤方式における遊水部の藻場創出効果については、今まで事例が少なく報告がされていないが、杓形港と元稲府漁港のモニタリング調査より、藻場が増大しており、この海面を有効に活用することで効果があることが確認された。しかし、静穏域の提供によりウニの摂餌行動が活発となり、リシリコンブの湿重量低下も確認された。この対策としてはウニの水産活用に基づく間引きなどの人為的な管理が有効と考えられるが、ウニとコンブはどちらも水産上有用な水産物であることや自然の多様性の観点から、どちらか一方を優先するのではなくバランス管理が重要と考える。

#### 参考文献

- 1) 山中浩次、木村克俊、笹島隆彦(1992)：二重堤の越波飛沫特性、北海道開発局技術研究発表会
- 2) 山本泰司、水野雄三、鈴木隆信、笹島隆彦、松本英明、桑原幸司(1997)：二重堤の越波流量算定方法について、海洋開発論文集 Vol, 13
- 3) 川俣茂・足立久美子・山本政昭(1994)：キタムラサキウニに及ぼす波浪の影響、日本水産工学会学術講演論文集
- 4) 町口祐二、山下卓也、伊藤公人、谷野賢二(1998)：岩礁性底生生物の波浪条件下における棲み場の評価、海洋開発論文集
- 5) 川俣茂(2001)：北日本沿岸におけるウニおよびアワビの摂食に及ぼす波浪の影響とその評価、水研センター研報第1号
- 6) 牧田佳巳、山本潤、増田亨(2007)：防波堤背後小段における海藻繁茂の現状について、北海道開発局技術研究発表会
- 7) 平成14年度 杓形港海域生態調査業務報告書
- 8) 平成19年度 元稲府漁港海域生態調査業務報告書