

釧路港島防波堤の背後盛土建設に伴う一考察 —ブルーカーボンの観点からの副次的効果—

釧路開発建設部 釧路港湾事務所 第一工務課 ○能藤 寛基
丸山 修治
日本データーサービス(株) 本松 敬一郎

釧路港島防波堤は、平成10年6月に環境配慮型防波堤として、エコポートモデル事業の認定を受け、環境とコスト縮減に配慮した防波堤の整備を進めている。本報告では、島防波堤の背後盛土部を対象とした各種調査結果から、藻場の繁茂状況を報告するとともに、藻場によるCO₂貯留量を算出した。

キーワード：釧路港島防波堤、背後盛土、藻場、CO₂

1.はじめに

北海道開発局が公表している「北海道の港湾・漁港の技術開発ビジョン～持続可能な北のみなとづくり技術開発宣言～」では、水産生物の生息場所を創出する工夫を凝らした港湾・漁港施設をブルーインフラと位置づけ、浚渫土砂が発生する港湾・漁港では、防波堤背後での盛土の構築を土砂処分の選択肢として検討することとしている¹⁾。

釧路港島防波堤は、従来の防波堤機能のほか、防波堤背後にマウンド（以下、背後盛土）を設けることにより、①水産生物の生息環境の創出機能を兼ね備えた構造とし、②背後盛土による防波堤堤体のスリム化、③航路泊地浚渫により発生する土砂の処分費の低減など建設コスト縮減効果に配慮し、平成10年度から工事に着手している（図-1）。

平成17年度に背後盛土100mが完成したことから、この100m区間を試験区間と称してモニタリング調査を継続的に実施し、第66回北海道開発局技術研究発表会において、ブルーカーボンに着目した港内浚渫土砂に含まれる炭素量について、藻場調査結果とともに現段階の考察と今後の課題を報告している²⁾。

本報告では、その続報として令和5,6年度の各種調査結果を加えて、藻場の繁茂状況を報告するとともに、藻場によるCO₂貯留量を水木ら³⁾と同じ計算方法を用いて算出した。

2. 釧路港島防波堤

(1) 整備概要

釧路港島防波堤は、西港区の沖合約3kmに整備されている防波堤であり、令和7年現在、計画延長2,500mのうち1,660m（うち、背後盛土L=1,100m）が本体工施工済みで、平成10年6月に環境配慮型防波堤として、エコポートモデル事業の認定を受け、環境とコスト縮減に配慮した防波堤の整備を進めている。

(2) 背後盛土構造

島防波堤の標準断面図を図-2に示す。島防波堤背後盛土は、越波の減衰範囲を考慮し、打込部と海藻を繁茂させる藻場部に大別される。藻場部では、水深-15m程度の砂地盤から-5.0mまで浚渫土砂で嵩上げし、雑割石、大割石（水深-3.0m）で被覆した上で、越波の低減と海藻繁茂機能を持つ起伏ブロック（ブロック天端高-1.0m）を設置している。



図-1 釧路港 島防波堤 背後盛土

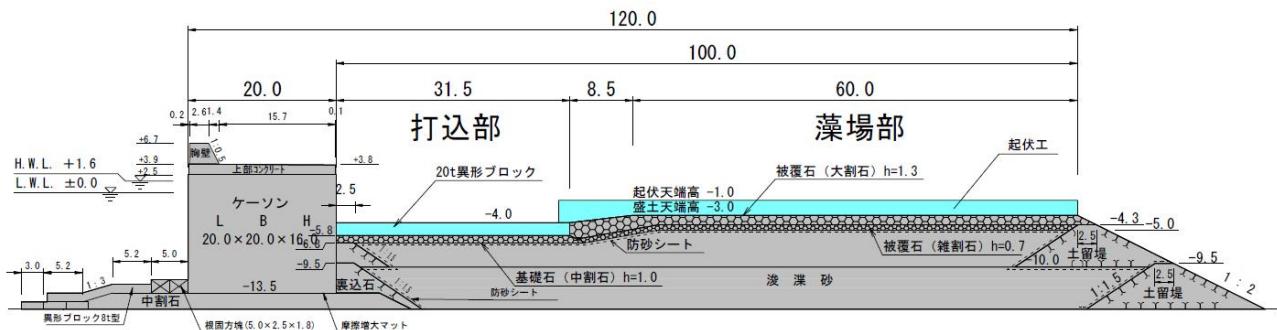


図-2 島防波堤の標準断面図

3. 各種調査

(1) 調査概要

釧路港では、過年度から各種調査が行われているが、ここでは、試験区間 100m が完成した平成 17 年度以降、背後盛土部上の藻場植物、藻場動物、藻場魚類調査について記載することとし、調査概要を表-1 に、試験区間の写真を写真-1,2 に示す。

調査方法について、藻場植物と藻場動物は潜水士が調査地点に方形枠 ($0.5m \times 0.5m = 0.25m^2$) を設置し、目視と採取、藻場魚類は海底にカメラを設置し間欠撮影を行った。また、海藻の湿重量と藻場動物は、起伏ブロック上面の $0.25m^2$ の方形枠内から採取し、採取量を 4 倍にして単位面積当たりに換算した。なお、調査時期は、コンブ類繁茂期の夏期（1回）とし、結果を整理する。

表-1 背後盛土部(試験区間 100m)における各種調査概要

名 称	分析項目	方 法	時 期
藻場植物	葉体被度	潜水目視	夏期
	湿重量	海藻採取、重量計測	
藻場動物	葉上葉間生物	海藻を採取し、藻場動物を分析	
藻場魚類	魚類	間欠カメラ（1分間隔1日間）	

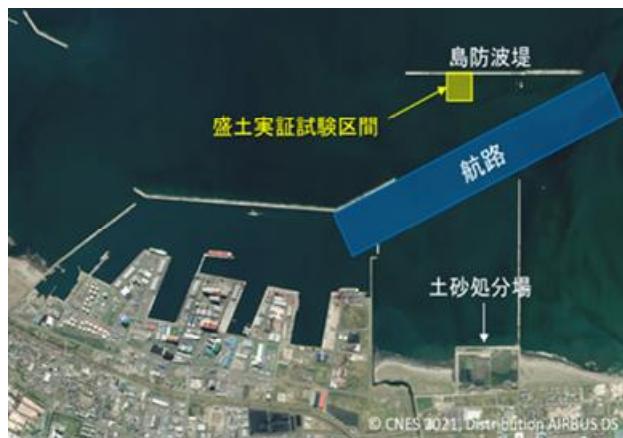


写真-1 現地調査の位置

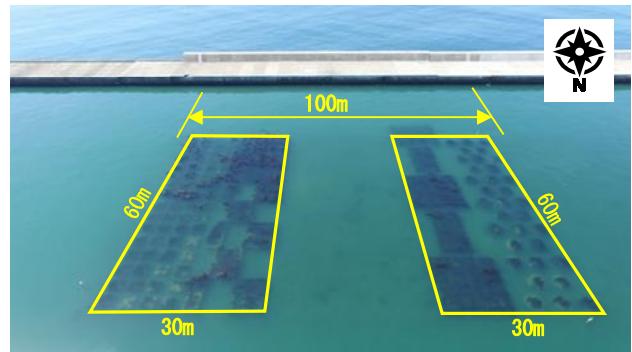


写真-2 背後盛土実証試験区間

(2) 藻場植物調査結果

a) 葉体被度、湿重量

葉体被度の経年変化を図-3 に示す。起伏ブロックに着生した海藻の平均葉体被度は 37~124% で推移し、毎年継続して藻場が形成されていた（写真-3）。全ての調査年の平均値は 76% であり、これは「第3版磯焼け対

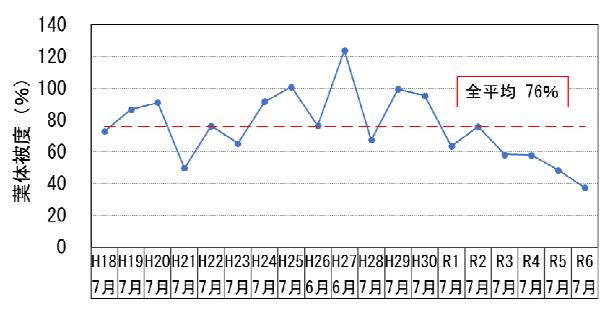


図-3 葉体被度の経年変化



写真-3 海藻の着生状況

策ガイドライン⁴⁾」で示されている被度階級の中で、最も上位階級である「濃生 75~100%」に該当する。これらのことから、起伏ブロック上には良好な藻場が創出・形成されていると評価される。

海藻湿重量の経年変化を図-4 に示す。起伏ブロックに着生した海藻の湿重量は 0.3~14.3kg/m² で推移し、葉体被度が高くなると湿重量も大きくなる傾向がみられた。また、全ての調査年（平成 18 年～令和 6 年）の平均値は 5.3kg/m² で、コンブ類のうち約 7 割は釧路海域の水産有用種であるナガコンブ⁵⁾が占めていた。

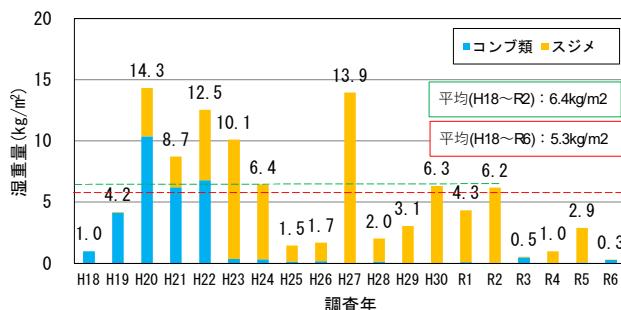


図-4 海藻湿重量の経年変化

b) 優占種の経年比較

起伏ブロックに着生した海藻のうち、湿重量比率について優占 1~3 位までの絏年比較を表-2 に示す（山本ら²⁾のデータを優占 1~3 位に再整理）。起伏ブロック設置後、平成 22 年度までは、釧路海域の水産有用種であるナガコンブが繁茂していたが、以降はスジメが優占種に変化した。この優占種の変化は、遊走子の着底時期がナガコンブよりスジメの方が早いという生活史の違いが要因であると推察されている²⁾。さらに、令和 6 年度は、これまで優占種であったスジメから他の海藻に変遷した。一般に藻類の生育は、物理的・化学的・動力学的・生物的要因に影響を受ける⁵⁾。しかし、本調査では要因を特定するための調査は行っていないため、スジメから他の海藻に変遷した要因は特定できていない。

表-2 優占種（湿重量比率の優占 1~3 位）の絏年比較

年度	種名（優占1位）	優占率（%）	種名（優占2位）	優占率（%）	種名（優占3位）	優占率（%）
H19	ナガコンブ	80.9	ガッガラコンブ	15.8	オニコンブ	1.7
H20	その他コンブ	39.1	ナガコンブ	33.0	その他褐藻	27.2
H21	ナガコンブ	42.0	その他褐藻	35.1	その他コンブ	17.9
H22	その他褐藻	44.2	ガッガラコンブ	27.1	ナガコンブ	24.5
H23	スジメ	94.1	ガッガラコンブ	3.4	クシベニヒバ	0.7
H24	スジメ	82.3	ガッガラコンブ	4.4	ハケサキノコギリヒバ	2.4
H25	スジメ	50.1	ウガノモク	36.0	クシベニヒバ	15.9
H26	アナオサ	31.8	スジメ	28.3	ウガノモク	17.2
H27	スジメ	73.5	ウガノモク	23.9	アナオサ	0.9
H28	スジメ	52.1	ウルシグサ	10.9	ウガノモク	10.3
H29	スジメ	56.5	ウルシグサ	25.4	ウガノモク属	8.3
H30	スジメ	72.7	ウガノモク	19.5	アカバ	2.0
R1	スジメ	71.3	ウガノモク	15.1	ウルシグサ	4.5
R2	スジメ	87.8	ネブトモク	4.6	ハケサキノコギリヒバ	1.7
R3	スジメ	78.9	ネブトモク	3.8	アカバ	2.2
R4	スジメ	51.5	アナオサ	20.9	ウガノモク属	16.5
R5	スジメ	74.1	ウガノモク属	7.7	クロハギンナンソウ	4.5
R6	クロハギンナンソウ	30.5	ガッガラコンブ	16.0	ヒラコトシ	12.1

※H20 その他コンブ：ナガコンブ以外のコンブ類
※H20~H22 その他褐藻：アイヌワカメ、ナガコンブ、その他コンブ以外の褐藻類

Hiroki Noto, Shuji Maruyama, Keiichiro Motomatsu

近年、気候変動に伴う海水温上昇の影響などにより、海藻種の繁茂状況や藻場構成種、食害生物の分布状況などが大きく変わってきてていることが指摘されている⁶⁾。今後とも、海藻被度の推移、海藻種の変遷、海藻湿重量の変化に注視していくことが重要である。

(3) 藻場動物調査結果

藻場動物の出現種類数の推移を図-5 に示す。平成 24 年度からの年推移では、平成 27 年度のように一時的な減少は見受けられたが、全体としては多くの種類が継続して出現していた。個体数の上位であるヨコエビ属（写真-4）やワレカラ属（写真-5）などは、葉面に固着して生活する固着性動物群や、植物体上を移動又は葉間を水中で泳いで生活する移動性動物群に分類される⁷⁾。

以上より、背後盛土部において、藻場における珪藻類（浮遊珪藻、付着珪藻、底生珪藻）などを餌料として^{7,8)}、魚類等の餌料になっているヨコエビ属とワレカラ属（葉上葉間生物）は^{9,10)}、継続的に繁茂している藻場に支えられ、安定かつ継続的に出現していることが確認された。

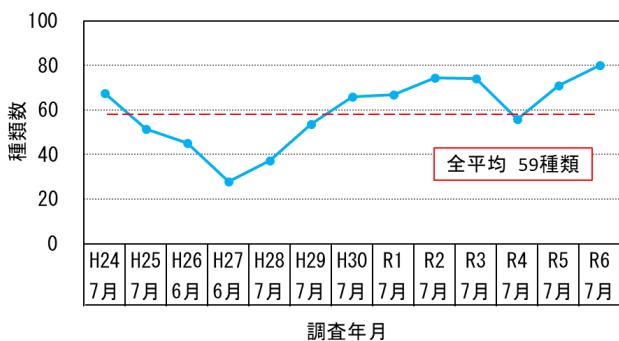


図-5 藻場動物の経年変化



写真-4 ヨコエビ



写真-5 ワレカラ

(4) 藻場魚類調査結果

間欠撮影で確認された魚類を表-3 に示す。間欠撮影を開始した平成 28 年度以降、メバル（写真-6）、アイナメ（写真-7）など、岩礁帶に生息する根付き魚類が多く継続的に観察されているほか、6,7 月に産卵のために浅海域に移動する生活史¹⁰⁾のハナサキガニ（写真-8）やミズダコ（写真-9）も観察されていることから、魚類の生息環境として機能していると考えられる。

表3 間欠撮影で撮影された魚類

門	種	H28.7月	H30.7月	R1.7月	R2.7月	R3.7月	R4.7月	R5.7月	R6.7月
脊椎動物	アオノ属	○			○	○	○	○	
	アオノメ		○						
	ウサギアイメ		○	○	○	○			
	メバル属	○	○	○	○	○		○	○
	エゾメバル		○	○	○	○	○		
	クロソイ		○						
	ガジカ科		○	○		○		○	○
	ギスガジカ			○		○			
	ヘロ								
	タウエガジ科		○					○	○
	オキカズナギ属				○				
	カレイ科							○	○
	クロガシラガレイ	○	○		○				
	サメガレイ								
	不明魚	○		○	○	○	○	○	○
軟体動物	エゾバイ科								
	チヂミボラ						○		
	フジツガイ科								
	ミズダコ		○	○					
節足動物	ハナサキガニ				○	○		○	○
	クリガニ科								
棘皮動物	マナマコ		○						
種類数	全動物	3	8	11	7	9	3	9	6



写真6 メバル



写真7 アイナメ



写真8 ハナサキガニ



写真9 ミズダコ

(5) 魚類の餌場環境の創出

港湾・漁港などの沿岸構造物は、自然調和型機能として静穏域創出機能、藻場創出機能、産卵礁機能、魚礁機能を有し⁹、特に、構造物に藻場が創出されることで、隠場・休憩場・餌場・産卵場機能が強化され、減耗率が高く生命力の弱い稚仔魚にとって貴重な保護育成場になっていることが知られている。寒地土木研究所水産土木チームでは、寒冷域漁港における保護育成機能を強化する整備手法の提案に向け、北海道南西部の寿都漁港をフィールドとして研究が進められてきた¹²。

釧路港島防波堤の背後盛土部では、起伏ブロックを設置することで藻場が創出され、その藻場には、葉上葉間生物、魚類等が生息し、藻場生態系が創出された。加えて、先に述べた寒地土木研究所水産土木チームによる研究において、漁港内に生息している魚類の胃の内容物を調べた結果、同じ場所に生息している多毛類が確認されたことから、漁港内は餌場機能を有していることと、魚類は漁港内の餌場機能を利用している可能性を考察している¹²。

以上より、本調査では魚類の胃の内容物は調べていないが、背後盛土部は起伏ブロックを設置することで藻場が創出され、その藻場には魚類の餌場機能があり、魚類がこの餌場機能を利用していると推察される。

4. 藻場によるCO₂貯留量

(1) CO₂貯留量の算出方法

CO₂貯留量の算出方法は、水木ら³が算出した方法（桑江ら（2019）¹³）と同じ「吸収係数」と「藻場面積」を乗じる算出方法とし、以下に計算式を示す。

CO₂貯留量(t-CO₂/年)

$$= \text{CO}_2 \text{吸収係数(t-CO}_2/\text{ha/年}) \times \text{藻場面積(ha)} \cdots \text{(1a)}$$

吸収係数は、以下に記載する式で計算され、各種パラメータを表4に示す³。

CO₂吸収係数(t-CO₂/ha/年)

$$= \text{湿重量(kg wet/m}^2) \times \text{P/Bmax比}$$

× 生態系への変換係数 × 残存率(%)

$$\times \text{湿重乾重比(g dry/g wet)} \times \text{炭素含有率(g-c/g dry)}$$

$$\times \text{CO}_2 \text{分子量比} \cdots \text{(1b)}$$

表4 各種パラメータ値 (CO₂吸収係数)

項目	値	備考
1. 湿重量(kg wet/m ²)	5.3	H18～R6の平均値
	6.4	
2. P/Bmax値	2.7	
3. 生態系への変換係数	1.5	水木ら ³ が用いた値
4. 残存率(%)	11.3	(湿重量はH18～R2の平均値)
5. 湿重乾重比(g dry/g wet)	0.17	
6. 炭素含有率(g-c/g dry)	0.29	
7. CO ₂ 分子量比	3.67	

藻場面積は、起伏ブロックの設置面積である (60m × 60m = 0.36ha)。

(2) CO₂貯留量の算出

CO₂貯留量の算出結果を表5に示す。背後盛土部100m区間を対象としたCO₂貯留量について、水木ら³は、平成18年から令和2年までの期間の平均湿重量を用いた場合、1.9t-CO₂/年と報告している。これに対し令和2～6年までの調査結果を加えて算出すると 1.6t-CO₂/年であった。

両者を比較すると 0.3t-CO₂/年小さく、これは令和3～6年の海藻湿重量が小さくなったことが要因である。しかし、海藻湿重量は様々な要因によって年変動する場合も一般に見受けられるため、現在もCO₂貯留量は維持できていると推察される。

表-5 CO₂貯留量の算出結果

海藻種(コンブ類・スジメ) (kg wet/m ²)	H18-R2 平均	H18-R6 平均
①海藻湿重量 = 経年モニタリング結果 (kg wet/m ²)	6.4	5.3
②乾燥重量 = ① × 湿重乾重比 : 17% (kg dry/m ²)	1.1	0.9
③P/B比 = 2.7 × 炭素含有率:29% × CO ₂ 分子量比:3.67(44/12)	2.9	2.9
④純一次生産速度 = ② × ③ (t-CO ₂ /ha/年)	31.3	25.9
⑤残存率 = 11.3%	11.3	11.3
⑥生態系への変換係数 = 1.5	1.5	1.5
⑦吸収係数 = ④ × ⑤ × ⑥ (t-CO ₂ /ha/年)	5.3	4.4
⑧吸収係数合計 = ⑦	5.3	4.4
⑨面積 = 藻場部面積 : 60m × 60m = 0.36 (ha)	0.36	0.36
⑩CO ₂ 貯留量 = ⑧ × ⑨ (t-CO ₂ /年)	1.9	1.6

5. おわりに

第66回北海道開発局技術研究発表会の続報として、令和5,6年度の各種調査結果を加えて藻場の繁茂状況を整理するとともに、藻場によるCO₂貯留量を算出した。

その結果、背後盛土部には、継続して良好な藻場が形成され、CO₂貯留量は現在も維持できていることがわかった。また、藻場によるCO₂貯留量に大きく影響する優占種の変遷や湿重量の年変動が見られたため、今後とも注視していくことが重要である。

最後に、現地調査や本報文の作成に際し、多くの関係者にご協力を頂きました。ここに記載して感謝申し上げます。

〈参考文献〉

- 1) 北海道開発局：北海道の港湾・漁港の技術開発ビジョン～持続可能な北のみなとづくり技術開発宣言～、P.20,令和3年3月
- 2) 山本也実、高野航、本松敬一郎：釧路港におけるブルーカーボンに着目した調査及び考察について、第66回北海道開発技術研究発表会,2022
- 3) 水木健太郎、阿部寿、酒向章哲：コンブ漁場におけるブルーカーボン貯留評価の試み、第66回北海道開発技術研究発表会,2022
- 4) 水産庁：第3版磯焼け対策ガイドライン, PP.92, 2021.
- 5) 社団法人寒地港湾技術研究センター：寒冷地における自然調和型沿岸構造物の設計マニュアル, 1998.
- 6) 水産庁漁港漁場整備部：気候変動に対応した漁場整備方策に関するガイドライン, pp.70,2022.
- 7) 新崎盛敏、堀越増興、菊池泰二：海洋科学基礎講座 5 海藻・ベントス, 東海大学出版会, 1976.
- 8) 三重大学地域拠点サテライト：三重県志摩沿岸における端脚類の食性研究, 2020.3.31
- 9) 北海道立総合研究機構：北水試だより第65号, 2004.
- 10) 水島敏博、島澤雅：漁業生物図鑑 新 北のさかなたち, 北海道新聞社, 2003.
- 11) 社団法人全国豊かな海づくり推進協会：主要対象生物の発育段階の生態的な知見の収集・整理報告
- 12) 梶原瑠美子、大橋正臣、丸山修治、伊藤敏朗、門谷茂：北海道南西部における漁港の水産生物保護育成機能の把握、土木学会論文集 B3 (海洋開発) , Vol.74, No.2, PP.522-526, 2018.
- 13) 桑江朝比呂、吉田吾郎、堀正和、渡辺謙太、棚谷灯子、岡田知也、梅澤有、佐々木淳：浅海生態系における年間二酸化炭素吸収量の全国推計、土木学会論文集 B2 (海岸工学) , Vol.75, No.1, PP.10-20, 2019.