



# コンブ漁場におけるブルーカーボン貯留評価の試み

北海道開発局 港湾空港部 港湾計画課 ○水木 健太郎  
北海道開発局 港湾空港部 港湾計画課 阿部 寿  
株式会社 アルファ水工コンサルタンツ 酒向 章哲

海洋生物によるCO<sub>2</sub>の吸収・貯留、いわゆるブルーカーボンは、カーボンニュートラル達成に向けた重要なCO<sub>2</sub>吸収源となる。北海道の港湾や沿岸域のブルーカーボンの取組みを推進するため、釧路港島防波堤の背後盛土に創出された藻場を対象としてCO<sub>2</sub>貯留量の推計方法を整理する。また、天然コンブ漁場において雑海藻駆除を行う場合のブルーカーボンの考え方を検討する。

キーワード：ブルーカーボン、CO<sub>2</sub>吸収、コンブ、藻場

## 1. はじめに

気候変動の緩和策として、大気中CO<sub>2</sub>濃度上昇の抑制が喫緊の課題となっており、ブルーカーボンによるCO<sub>2</sub>の貯留が世界的に注目されている。ブルーカーボンとは藻場等の海洋生態系に取り込まれた炭素のことであり、そのCO<sub>2</sub>貯留のメカニズムは、光合成によって浅海域に生息する海藻等が大気中のCO<sub>2</sub>を取り込み、枯死後に有機物として海底泥中等に埋没し、長期間分解されないことによるものである。さらに、海中の海藻等から難分解性の溶存有機物成分が放出させることによるものである。

一方、北海道開発局では、釧路港の島防波堤港内側において、浚渫土砂を有効活用した大規模な浅場を整備しており、水深1mのブロック天端上にコンブ等の海藻が生育していることが確認されている(写真-1)。

そこで本研究では、釧路港島防波堤の現地調査等で得られた海藻の湿重量等に基づく、ブルーカーボンによるCO<sub>2</sub>の貯留量を推計する。さらに、雑海藻駆除を行っている天然コンブ漁場のブルーカーボンによるCO<sub>2</sub>の貯留の考え方を整理する。

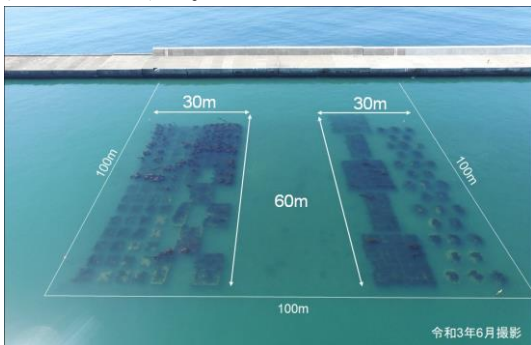


写真-1 釧路港島防波堤の浅場における藻場の生育状況

## 2. 研究の内容

### (1) 釧路港島防波堤のブルーカーボン貯留量の試算

桑江ら(2019)<sup>1)</sup>は、ブルーカーボンの貯留量の算定方法として、次式に示すとおり、単位面積当たりのCO<sub>2</sub>の貯留量を示す「吸収係数」と「藻場の面積」の掛け合わせを提案している。

CO<sub>2</sub>貯留量(t-CO<sub>2</sub>/年)

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

また、式(1)の吸収係数は式(2)に、その各パラメータは表-1に示すとおりであり、単位面積当たりの海藻の持つ炭素量を算出し、その炭素量に残存率を乗じてCO<sub>2</sub>換算するものである。この残存率が、海底泥中に貯留されたり、難分解成分の放出により貯留される炭素の割合となっている。

CO<sub>2</sub>吸収係数(t-CO<sub>2</sub>/ha/年)

$$= \text{湿重量}(\text{kg wet}/\text{m}^2) \times \text{P/Bmax比} \\ \times \text{生態系への変換係数} \times \text{残存率}(\%) \\ \times \text{湿重乾重比}(\text{g dry}/\text{g wet}) \times \text{炭素含有率}(\text{g-c}/\text{g dry}) \\ \times \text{CO}_2\text{分子量比} \quad \dots \text{式(2)}$$

表-1 CO<sub>2</sub>吸収係数の算定に用いたパラメーター一覧

パラメータ項目	パラメータの説明
1.湿重量	年間最大の単位面積当たりの湿重量
2.P/Bmax比	年間生産量(生育する間に枯死・流出する生産量)と現存量の比
3.生態系への変換係数	海藻以外の微細藻類を含む植物プランクトン(一次生産者)の考慮
4.残存率	海底蓄積や難分解性海中蓄積による貯留割合
5.湿重乾重比	海藻の湿重量に対する乾燥重量の比
6.炭素含有率	乾燥した海藻に含まれる炭素(C)の含有率
7.CO <sub>2</sub> 分子量比	CO <sub>2</sub> とCの分子量比(44/12=3.67)

図-1は、釧路港島防波堤の断面図であり、浚渫土砂を利用して天端高水深3mの背後盛土を造成し、ブロックの設置により天端高水深1mとしている。防波堤の計画延長は1,700mであり、2005年12月に実証区間として延長100mの整備を完了し、水深1mのブロックの天端面積は0.36ha(60m×60m=3,600m<sup>2</sup>)となっている。試験区間の整備完了後の翌年の2006年から、潜水土による0.5m四方の枠取り調査により海藻の出現種、湿重量等を観測している。この現地調査等で得られた海藻の湿重量とともに、既往の研究による式(2)の他のパラメータから吸収係数を算定し、ブロックの天端面積を乗じてブルーカーボンの貯留量を推計する。

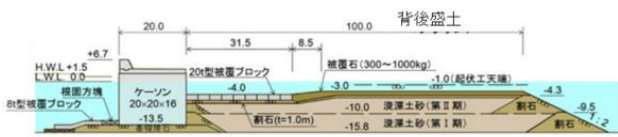


図-1 釧路港島防波堤の断面図

## (2) 雑海藻駆除による天然コンブ漁場のブルーカーボン貯留量の考え方

ブルーカーボンによるCO<sub>2</sub>貯留量について、カーボン・オフセットとして企業がそのクレジットの購入を可能とするJブルークレジットの取組がジャパブルーエコノミー技術研究組合 (JBE) により進められている。JBEが発行しているJブルークレジット® (試行) 認証申請の手引きVer.2.1 (2022年9月発行、以降「JBE手引き」) においては、天然岩礁における藻場再生の活動もクレジット対象のプロジェクトとされており、ここでは天然コンブ漁場における雑海藻駆除を藻場再生活動と想定し、雑海藻駆除する場合の藻場の増加と漁獲する場合の残存率の考え方を整理する。

検討においては、5haの仮想のコンブ漁場を想定し、雑海藻駆除後に釧路港島防波堤のコンブ類やスジメの湿重量年変化が発生すると仮定する。また、コンブ類やスジメを2年生海藻とし、2年目海藻のみ漁獲することとし、1年目海藻は海底への貯留と海中への難分解性溶存有機物の双方による残存率を、2年目海藻は漁獲することから海底への貯留が期待できないことから、海中への難分解性溶存有機物のみによる残存率を考慮することとする。なお、1年目と2年目海藻の割合は、雑海藻駆除1年後は10:0とし、2年後以降は5:5と設定する。

## 3. 釧路港島防波堤のCO<sub>2</sub>貯留量

### (1) 海藻の繁茂状況

図-2は、2006年から2020年までの海藻の単位面積当たりの湿重量の経年変化であり、主に観測されたナガコン

MIZUKI Kentaro, ABE Hisashi, SAKOU Akinori

ブ等のコンブ類とスジメ別に示している。調査を開始した2006年から2010年にかけてはコンブ類が優占していたが、2011年以降、コンブ類はほぼなくスジメが優占するようになり、海藻種の遷移が見られた。湿重量の値はブロック設置後増加し、8年目 (2013) 以降低い値で推移しているものの、ブルーカーボンによるCO<sub>2</sub>貯留量の試算においては、全期間の平均値である6.4kg/m<sup>2</sup>を用いることとする。

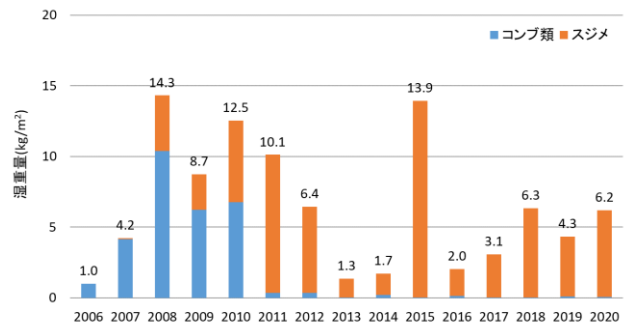


図-2 釧路港島防波堤におけるコンブ科海藻湿重量

### (2) CO<sub>2</sub>貯留量の試算

式(2)の吸収係数を算定するためには、前述の湿重量に加えて表-1に示す各パラメータの値を設定する必要があり、湿重量以外の各パラメータの値とその設定根拠を表-2に示す。既往の研究では、P/Bmax比、湿重乾重比及び炭素含有率については、釧路港島防波堤での優占繁茂種であるコンブ類とスジメに大きな違いがなかったことから、既往の値の平均値を用いることとし、P/Bmax比は2.7、湿重乾重比は0.17、炭素含有率は0.29とした。また、生態系変換係数は1.5 (コンブ類の平均的な値)、残存率は11.3% (海藻藻場の平均的な値) とした。

調査結果による湿重量と上記のパラメータにより、釧路港島防波堤の背後盛土に生育した藻場の吸収係数は5.3 t-CO<sub>2</sub>/ha/年と算定され、ブロック天端の面積0.36haを乗じると、ブルーカーボンによるCO<sub>2</sub>貯留量は1.9t-CO<sub>2</sub>/年と試算された。なお、ブロック天端の面積は将来4.32haの整備が計画されていることから、整備が完了すると年間22.9 t程度のCO<sub>2</sub>貯留が期待できる。

表-2 CO<sub>2</sub>貯留量の試算に用いたパラメータ値

パラメータ項目	パラメータ値	設定根拠
2.P/Bmax比	2.7	参考文献 <sup>(2)(3)(4)(5)(6)(7)</sup> の平均値
3.生態系への変換係数	1.5	桑江ら(2019) <sup>(1)</sup> の値
4.残存率 (%)	11.3	Krause-Jensen and Duarte(2016) <sup>(8)</sup>
5.湿重乾重比	0.17	参考文献 <sup>(9)(10)(11)(12)(13)</sup> の平均値
6.炭素含有率	0.29	参考文献 <sup>(6)(7)(14)</sup> の平均値
7.CO <sub>2</sub> 分子量比	3.67	CO <sub>2</sub> (分子量:44)÷C(分子量:12)

### (3) 森林のCO<sub>2</sub>貯留量との比較

図-3は、2021年の日本国温室効果ガスインベントリ報告書 (国立環境研究所地球環境研究センター)<sup>(15)</sup>に基づ

き、1990年から2019年の森林面積(kha)及びCO<sub>2</sub>貯留量(kt-CO<sub>2</sub>)を示したものである。なお、森林のCO<sub>2</sub>貯留量は生体バイオマス、枯死木、リター(落ち葉)及び土壌の数値モデルによる複雑な算出方法となっているが、ここではブルーカーボンとの比較のため、CO<sub>2</sub>貯留量を森林面積で除した吸収係数を算出している。森林面積は大きく変化しないものの、CO<sub>2</sub>貯留量は2003年をピークに減少しており、これは老木の増加に伴い貯留量が減少したためである。2019年の森林の単位面積当たりの吸収係数は2.2t-CO<sub>2</sub>/ha/年と推計され、釧路港島防波堤でのブルーカーボンによる吸収係数が5.3t-CO<sub>2</sub>/ha/年であることから、単位面積当たりのCO<sub>2</sub>貯留量は森林の2.4倍程度と考えられる。

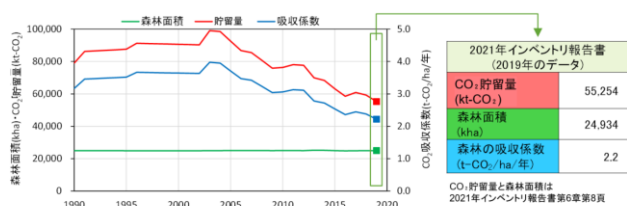


図-3 森林面積、CO<sub>2</sub>貯留量、吸収係数の経年比較

#### 4. 天然コンブ漁場でのブルーカーボンの考え方

天然コンブ漁場で雑海藻駆除後の単位面積当たりの湿重量は、図-2に示す釧路港島防波堤のブロック設置後のコンブ類とスジメの経年変化を用いることとする。ブロック設置後3年目に湿重量のピークとなり、その後減少し、2015年に大きな値があるものの、設置後8年目の2013年以降は概ね低い値で推移するようになる。このことから、雑海藻駆除により藻場が増加する期間を7年とし、雑海藻駆除を行わない場合のベースラインとなる湿重量を2013年~2020年までの平均値4.85kg/m<sup>2</sup>とした。残存率については、2022年3月釧路港島防波堤におけるCO<sub>2</sub>

貯留量試算結果の公表後に発行された「JBE手引き (2022年9月)」に基づき7.84%を用いることとするが、漁獲対象の2年目海藻は海底貯留によるCO<sub>2</sub>貯留が見込めないことからJBE手引きに従い3.12%とした。吸収係数のその他のパラメータについては、釧路港島防波堤の値を用いることとする。

これらのパラメータを用いて算出した雑海藻駆除の有無の吸収係数とともに、それぞれに藻場面積5haを乗じて算定されるCO<sub>2</sub>貯留量の差し引きにより雑海藻駆除によるCO<sub>2</sub>貯留量を整理している。1年目、2年目及び7年目についてはCO<sub>2</sub>貯留量がベースラインより低く、負の値となっているが、7年間のCO<sub>2</sub>貯留量の増加分は17.5t-CO<sub>2</sub>と算出された。

#### 5. まとめ

本研究では、釧路港島防波堤の背後盛土で創出された藻場によるCO<sub>2</sub>貯留量を試算するとともに、雑海藻駆除を行っている天然コンブ漁場のブルーカーボンによるCO<sub>2</sub>の貯留の考え方を整理した。主要な結論は以下のとおりである。

- (1) 釧路港島防波堤の背後盛土で生息した藻場のCO<sub>2</sub>貯留量は1.9t-CO<sub>2</sub>/年であり、単位面積当たりのCO<sub>2</sub>貯留量は森林の2.4倍程度と試算された。
- (2) 天然コンブ漁場において雑海藻駆除を行う場合のCO<sub>2</sub>貯留量について、漁獲時は海底貯留分の残存率を期待しない方法を整理した。

今後、今回の研究成果を基に、実際の天然コンブ漁場において雑海藻駆除によるCO<sub>2</sub>貯留量を算定し、Jブルークレジットの申請に向けた検討を行う予定である。

表-3 ブルーカーボン貯留量の試算結果

駆除後経過年	雑海藻駆除を行った場合						雑海藻駆除を行わない場合 (ベースライン)				増加分
	1年目		2年目		面積 (ha)	CO <sub>2</sub> 貯留量 (t-CO <sub>2</sub> )	湿重量 (kg/m <sup>2</sup> )	吸収係数 (t-CO <sub>2</sub> /ha)	面積 (ha)	CO <sub>2</sub> 貯留量 (t-CO <sub>2</sub> )	
	湿重量 (kg/m <sup>2</sup> )	吸収係数 (t-CO <sub>2</sub> /ha)	湿重量※ (kg/m <sup>2</sup> )	吸収係数 (t-CO <sub>2</sub> /ha)							
1年	1.00	0.6			5.0	3.0	4.85	2.8	5.0	14.0	-11.0
2年	2.10	1.2	2.10	0.5	5.0	8.5	4.85	2.8	5.0	14.0	-5.5
3年	7.15	4.1	7.15	1.6	5.0	28.5	4.85	2.8	5.0	14.0	14.5
4年	4.35	2.5	4.35	1.0	5.0	17.5	4.85	2.8	5.0	14.0	3.5
5年	6.25	3.6	6.25	1.4	5.0	25.0	4.85	2.8	5.0	14.0	11.0
6年	5.05	2.9	5.05	1.2	5.0	20.5	4.85	2.8	5.0	14.0	6.5
7年	3.20	1.8	3.20	0.7	5.0	12.5	4.85	2.8	5.0	14.0	-1.5
合計:											17.5

参考文献

- 1) 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
- 2) Akira Fuji & Kazuhiro Kawamura. Studies on the biology of the sea urchin. VII. Bio-economics of the population of *Strongylocentrotus intermedius* on a rocky shore of southern Hokkaido. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries. 1970, Vol.36(8), pp763-775.
- 3) 中脇利枝, 吾妻行雄, 谷口和也. 『女川湾における褐藻マコンブ群落の生活周年期と生産力』. 水産増殖. 2001, Vol.49(4), pp439-444.
- 4) 名畑進一, 酒井勇一. 『2年目オニコンブの年間純生産量』. 北海道立水産試験場研究報告. 1996, Vol.49, pp1-5.
- 5) 武蔵達也, 坂下薫, 中井一広, 井ノ口信幸, 西洞孝広, 内田務. 『コンブの生活様式と生産量に関する研究』. 平成4年度岩手県南部 栽培漁業センター事業報告書. 1993, pp75-79.
- 6) 村岡大祐. 『三陸沿岸の藻場における炭素吸収量把握の試み』. 東北水研ニュース. 2003, vol.65, pp2-4.
- 7) 水産土木建設技術センターほか. 『藻場等の沿岸海域保全機能の解明調査』. 2004, pp1-94.
- 8) Dorte Krause-Jensen & Carlos M. Duarte . Substantial role of macroalgae in marine carbon sequestration. nature geoscience. 2016, Vol.9, pp737-742.2)
- 9) 稚内水産試験場資源増殖部資源増殖科, 稚内地区水産技術普及指導所, 宗谷漁業協同組合. 『チヂミコンブ資源実態調査』. 研究情報普及推進事業特別調査研究報告書. 2004, pp.23-29.
- 10) 植木龍夫, 佐藤敦, 中西広義. 『コンブ養殖に関する試験』. 青水増事業概要. 1975, Vol.4, pp.125-132.
- 11) 環境省生物多様性センター. 『浅海域生態系調査(藻場調査) 報告書』. 環境省自然環境局生物多様性センター, 2008, p428.
- 12) 北海道水産林務部. 『ミツイシコンブにおける乾燥機導入に伴う品質の実証化試験』. ステップアップ水産技術. 2005, pp.1-2.
- 13) 松山恵二. 『ホソメコンブの生産量推定における光合成速度の季節変化』. 北海道立水産試験場報告. 1985, Vol.27, pp91-99.
- 14) Hiroyuki Mizuta, Junko Hayasaki & Hirotohi Yamamoto. Relationship between Nitrogen Content and Sorus Formation in the Brown Alga *Laminaria japonica* Cultivated in Southern Hokkaido, Japan. Fisheries science. 1998, Vol.64(6), pp909-913.
- 15) 日本国温室効果ガスインベントリ報告書2021