



リシリコンブ養殖によるCO₂吸収量の推計とブルーカーボン生態系の活用方策

稚内開発建設部 稚内港湾事務所 第3工務課 ○佐々木 峻我
稚内開発建設部 築港課 阿部 寿
伊藤 卓也

北海道の主要な水産物であるコンブは、ブルーカーボン生態系としてカーボンニュートラル達成に向けたCO₂吸収源である。近年、コンブ漁業者のブルーカーボンに対する関心が非常に高い。本報告では、利尻島沿岸における「2年生のリシリコンブ養殖」をモデルにCO₂吸収量の調査及び推計方法を整理するとともに、ブルーカーボン生態系による地域での活用方策を考察する。

キーワード：ブルーカーボン、CO₂吸収、養殖、リシリコンブ

1. はじめに

コンブは低い水温でよく生育するため、北海道沿岸ではコンブの生産が盛んに行われており、令和4年に約11,100tのコンブが生産された。また、北海道にはコンブの産地も多くその種類により、マコンブ、オニコンブ（羅臼昆布）、ミツイシコンブ（日高昆布）などがあり、利尻島沿岸域で生産されるリシリコンブも有名である。

コンブ漁は天然コンブ漁と養殖コンブ漁があり、利尻島沿岸で漁獲されるリシリコンブは、昭和30年代までは天然コンブ漁のみ行われていた。リシリコンブ漁業は、自然環境の影響を受ける期間が2年で生産量が不安定であった。年々水揚量が減少傾向であったこともあり、昭和40年代から安定的な生産をめざし、養殖コンブ漁が開始された。現在も利尻富士町で2箇所、利尻町4箇所でコンブ養殖が行われている（図-1）。

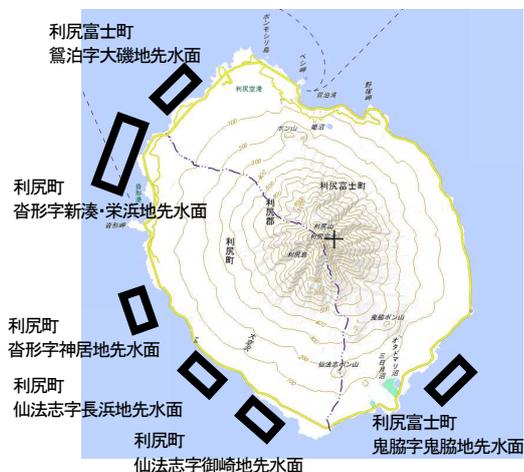


図-1 利尻島沿岸域におけるリシリコンブ養殖箇所

このように、天然及び養殖コンブ漁を行っている利尻島において利尻富士町沿岸では、平成29年に天然コンブの生産が16tと大減産したこと（図-2）を契機に、このまま何の取組もしなければ、地球温暖化による海水温の上昇により、将来的に日本でコンブが取れなくなるのではという強い危機感を抱くようになった。加えてコンブ漁場は多面的機能として、近年深刻化している磯焼けの一因であるウニ類等の生息に必要不可欠な環境であることから、本地域では気候変動緩和策を認識することとなった。

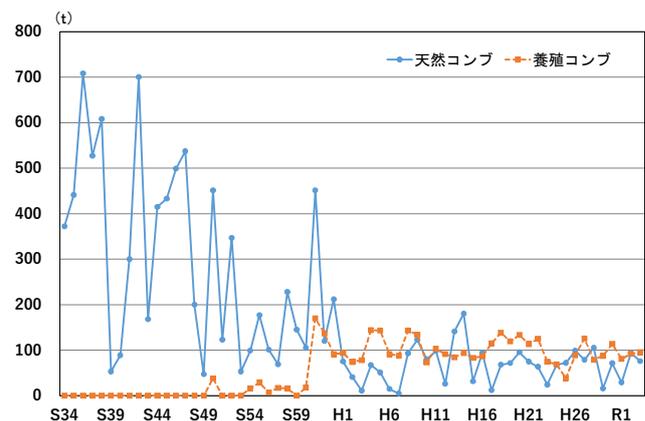


図-2 利尻富士町沿岸におけるリシリコンブの水揚量（天然コンブ・養殖コンブ）

コンブが水産物であることは周知の通りだが、近年はブルーカーボン生態系の観点からも重要視されている。ブルーカーボンとは、海藻類等の海の生物により取込まれる炭素量（CO₂量）のことであり、ブルーカーボン生態系の創出・維持・保全はカーボンニュートラル達成に向け、期待されている取組の1つである。最近では、釧

路港防波堤の背後盛土上やえりも町の漁場で生育する天然コンブを対象にブルーカーボン生態系に関する調査・研究が行われているが、その一方で、養殖コンブを用いた調査例はまだ知られていない。

そこで、北海道開発局稚内開発建設部は、利尻富士町、利尻町及び利尻漁業協同組合と連携し、リシリコンブ養殖漁場におけるブルーカーボン生態系によるCO₂吸収量の調査を行った。

2. リシリコンブ養殖のCO₂吸収量の調査及び推計方法

(1) リシリコンブの養殖方法

リシリコンブの特徴の1つに「2年生」であることがあげられ、その養殖工程は以下の通りである。

1年目は10月～11月頃に成熟したリシリコンブの母藻を確保し、15℃の海水温にした水槽に母藻を投入し、温度刺激により遊走子を放出させる。その後、遊走子を含む水槽に種苗養成用ロープを1日静置し、遊走子の付着した種苗養成用ロープを沖だしし、種コンブを養成する。

2年目は1年間養成した種コンブを冬期に陸揚げし選定の上、成コンブ養成用のロープに種コンブ4～5本を一株として一定の間隔で根縛り・巻き付け、沖だしし、本養成を開始する。その後、ロープ等に付着する雑海藻を除去し、成コンブの実入り管理を継続する。6月頃から陸揚げ乾燥を開始し、9月頃に出荷される(図-3, 4)。

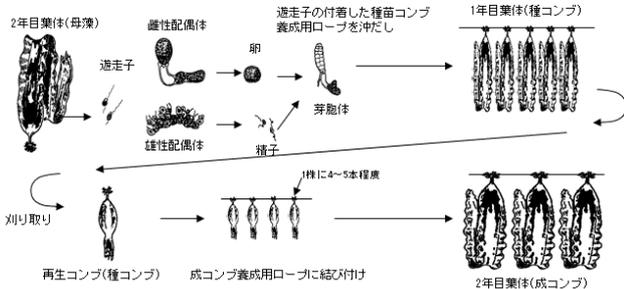


図-3 リシリコンブの生活史

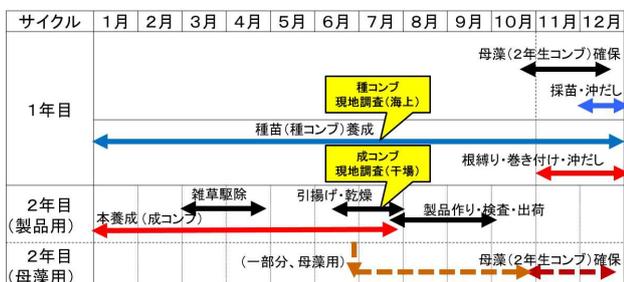


図-4 リシリコンブの養殖工程

(2) 養殖コンブのCO₂吸収量算出方法

コンブのCO₂吸収量は、既往の研究において単位面積当たりの吸収量を示す「吸収係数」に「藻場の面積」を

乗じて求められている。また、吸収係数について、桑江ら¹⁾の研究では、式(1)、(2)のように算出している。

CO₂吸収量 (t-CO₂/年)

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

CO₂吸収係数 (t-CO₂/ha/年)

$$= \text{湿重量 (t wet/ha)} \times \text{P/B}_{\text{max}}\text{比} \times \text{生態系への変換係数} \\ \times \text{残存率 (\%)} \times \text{質重量乾重比 (t dry/g wet)} \\ \times \text{炭素含有率 (t-c/t dry)} \times \text{CO}_2\text{分子量比} \quad \text{式 (2)}$$

桑江ら¹⁾の研究では、天然藻場を対象としている。本調査では、養殖コンブを対象としており、上述した通り養殖コンブはロープにコンブを着生させることから、藻場面積ではなく、ロープ延長を乗ずることでCO₂吸収量を推計する必要がある。

ここでCO₂吸収係数を算出するにあたり、桑江ら¹⁾による文献値では、以下のことが判明している(表-1)。

したがって、「コンブの1m当たり湿重量」を求めることでCO₂吸収係数を算出し、更に「ロープ延長」を乗ずることでCO₂吸収量の算出が可能となる。

表-1 CO₂吸収係数算定に用いるパラメータ

パラメータ	数値	概要
P/B _{max} 比	2.7 (参考文献の平均値 ^{2,3,4,9,6,7)})	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
生態系への変換係数	1 (参考文献 ¹⁾)	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
残存率(%)	①0.0472、養殖藻場 ②0.0285、コンブ (①参考文献 ¹⁴⁾ , ②参考文献 ¹⁵⁾)	残存率①(生産される藻体に対する藻場内や藻場外に堆積する炭素の割合) 残存率②(海中に貯留される難分解性溶存有機炭素)
湿重量乾重比	0.17 (参考文献の平均値 ^{8,9,10,11,12,12)})	海藻の湿重量に対する乾燥重量の比
炭素含有率	0.29 (参考文献の平均値 ^{6,7,13)})	乾燥した海藻に含まれる炭素の含有率
CO ₂ 分子量比	44/12=3.67	CO ₂ とCの分子量比

残存率の適用には1年目と2年目コンブの養殖漁場における水揚げ量と残置の状況から判断できる。1年目コンブは7月に湿重量を調査するものの11月まで海中に残置し、その後陸揚げ、選定のため、刈り取り(漁獲)される。7月時に水揚げはされず、11月まで残置される。このため残存率①のほかP/B_{max}比と残存率②の効果が期待できる。

一方、2年目コンブは7月までに水揚げされるため、全て刈り取られることから、7月以降残置はない。この特徴を踏まえ、1年目コンブと2年目コンブで各々水揚げ量と残置を設定し、以下の式でCO₂吸収量を算出できる。

CO₂吸収量(t-CO₂/年)

=養殖ロープの長さ× [{ (水揚量*+残置ロープの長さ×単位ロープ当たりの残置量) /養殖ロープの長さ } × (1-含水率) ×炭素含有率 × P/B_{max}比 × 44/12 × (残存率①+残存率②)]

-養殖ロープの長さ× (水揚量*/養殖ロープの長さ) × (1-含水率) ×炭素含有率 × 44/12 × 残存率①] × 生態系全体への変換係数 式(3)

※水揚量=コンブ1m当たりの湿重量×養殖ロープの長さ

(3)2年生養殖コンブのCO₂吸収量調査方法

1)調査箇所

本調査では、漁業者のご協力のもと、利尻富士町鷺泊大字大磯地先水面(図-5)において養殖されたリシリコンブを調査対象とした。

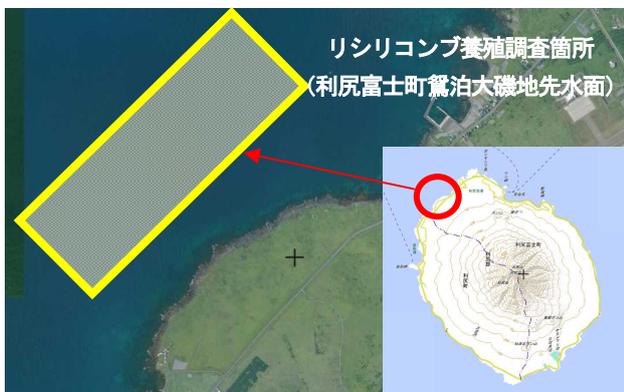


図-5 利尻富士町鷺泊大字大磯地先水面調査箇所

2)リシリコンブの湿重量調査方法

リシリコンブは2年生養殖コンブである。したがって1年目の種コンブの状態と2年目の成コンブの状態で各々湿重量を算出する必要がある。

1年目の種コンブは(1)で述べたとおり、何も無い種苗養成用ロープから種コンブが生育していることから、ロープ1m当たりの種コンブ湿重量を求めればよい。

調査方法は、1年で一番成長する7月にリシリコンブ養殖漁場の種コンブ養殖場所へ調査船で移動し、船上に引き上げたロープから生育している種コンブ1m分を刈り取った(図-6)。その後、陸上にてコンブの湿重量を計測した。その結果を表-2に示す。



図-6 種コンブ刈り取りの様子

SASAKI Ryoga, ABE Hisashi, ITO Takuya

表-2 種コンブ1m当たりの調査結果

湿重量	15.25 kg
本数	254.16 本
葉長	120.50 cm
葉幅	7.13 cm

2年目の成コンブは養成用のロープに根縛り・種付けを行った種コンブの湿重量が基準(ベースライン)となるため、成コンブの状態になった際の湿重量との差を求める必要がある。

成コンブの調査方法は、1年で最大に繁茂する7月に水揚げされ、コンブ干場へ搬入されたリシリコンブを対象とした。

1本のロープからコンブの茎状部を6株分刈り取りした後(図-7)、湿重量、枚数、6株分のロープ延長を測定した。その後、刈り取りしたコンブの中から代表的なものを10枚程選出し、コンブ1枚当たりの葉状部の葉幅、葉長、湿重量の測定を計5本のロープで実施した。この結果を基に1株分の湿重量及び葉数、養殖コンブの株間隔を算出し、1m当たりに換算した。



図-7 成コンブ刈り取りの様子

ただし、本来コンブ全ての湿重量を測定する必要があったが、本調査では株の下から切り落としてしまったことから、11月に再度根もとの部分の湿重量を計測し7月調査時の湿重量に加算した。その結果を表-3に示す。

表-3 成コンブ6株分の調査結果

1株当たり	株間隔	31.20 cm
	湿重量	2.38 kg
	本数	4.80 本
1m当たり換算	湿重量	7.62 kg
	株数	3.21 株
	本数	15.38 本
葉長		197.00 cm
葉幅		19.10 cm

※表は7月と11月の調査結果を合計した値

一方、沖だし前の種コンブの調査は、11月に成コンブ養成用ロープに結び付ける前の種コンブ30本の湿重量を計測し、1本当たりの湿重量を推計した。7月の成コンブ調査の結果から1m当たりの本数が判明していることから、その本数を乗ずることにより湿重量を算定した。その結果を表-4に示す。

表-4 ロープ結び付け前の種コンブの湿重量

種コンブ30本の湿重量	0.66 kg
種コンブ1本当たりの湿重量	0.022 kg
種コンブ1m当たりの湿重量	0.34 kg

3) 養殖コンブのロープ長

CO₂吸収量推計のため必要な1年目種コンブ、2年目成コンブの各々のロープ長を求めた。

1年目の種コンブの種苗養成用ロープ長は、遊走子を含む水槽にロープを漬ける際（写真-1）に、宗谷地区水産技術普及指導所が漁業者に聞き取りを行い、水槽へ投入したロープ長を確認しており、その集計を種苗養成用ロープ長とした。

2年目の成コンブの成コンブ養成用のロープ長は、利尻漁業協同組合の原簿写真による「特定養殖共済契約通知書」から整理した。



写真-1 種コンブ種苗養成用ロープのどぶ漬けの様子

(4) 今年度の養殖コンブによるCO₂吸収量の推計

以上の調査結果から、「コンブの1m当たり湿重量」と「ロープ延長」を用い、式(3)によりCO₂吸収量を求めた結果、表-5に示す値となった。

吸収係数は1年目の種コンブでは563(g-CO₂/m/年)、2年目の成コンブでは228(g-CO₂/m/年)であると算出された。また、この吸収係数を用い、利尻島全域の養殖コンブにおけるCO₂吸収量を推算すると53.9 (t-CO₂/年)となった。

表-5 利尻島全域の調査結果

種コンブ	ロープ延長(m)	41,230
	吸収係数(g-CO ₂ /m/年)	563
	CO ₂ 吸収量(t-CO ₂ /年)	23.2
成コンブ	ロープ延長(m)	134,780
	吸収係数(g-CO ₂ /m/年)	228
	CO ₂ 吸収量(t-CO ₂ /年)	30.7
CO ₂ 吸収量合計(t-CO ₂ /年)		53.9

3. ブルーカーボン生態系の活用方策

ブルーカーボン生態系はCO₂の吸収の場だけでなく、コンブやワカメ等の食料供給、稚仔魚の育成の場、釣り等レクリエーションの場となるほか、環境教育の場としても活用されている。

利尻富士町教育委員会、利尻漁業協同組合、鷺泊昆布養殖部会では、次世代を担う小中学生にコンブの大切さを伝えるため、ふるさと教育の一環として養殖コンブのコンブ集め体験や出前授業を10年以上前から継続して実施している。直接漁業者からコンブの取り方や海藻・魚介類の生息にとっての大切さ、地球温暖化による海水温上昇の沿岸環境変化などを学んでいる（写真-2）。



写真-2 地元小学生を対象とした出前授業の様子

また、利尻富士町及び鷺泊昆布養殖部会では、和食に欠かせない「昆布」の魅力・素晴らしさを全国に広め、漁業者と消費者を直接結び付けることで、利尻昆布ファンの増加と消費の拡大・付加価値向上を図る「昆布オーナー事業」の取組を令和4年度から実施している。

具体的にはコンブ養成ロープ1mを1株としてオーナーを全国に募集し、オーナーには昆布の生育状況等を伝えるオーナーニュースの発行、収穫した昆布を発送（1株：昆布15本）する取組のほか、本州からの昆布漁業体験の受け入れに取り組んでいる。

水産振興の面においては、利尻富士町、利尻漁業協同組合で利尻島鷺泊港の防波堤の背後静穏水面を活用し、養殖リシリコンブを餌料としたウニの養殖試験を開始した。その餌料用に生育させた種コンブのCO₂吸収量を推計するため、今年度ロープ延長20m分の調査をした結果、CO₂吸収量は0.013(t-CO₂/年)であった。

ジャパンプルーエコノミー技術研究組合（以下、JBE）は、令和3年度にブルーカーボンによるカーボン・オフセットとして「Jブルークレジット」制度を創設した。JBEから独立した第三者委員会がクレジット審査を実施し、JBEがクレジットを認証・発行・管理する独自のクレジットである。

森林由来の「J-クレジット」はCO₂、1t当たり1万円前後であるのに対し、「Jブルークレジット」は1t当たり平均8万円前後で取引された実績もあり、「Jブルークレジット」の注目度は近年高まっている。

利尻富士町、利尻漁業共同組合などは、本調査を基に、ブルーカーボン生態系を活用した上記の各取組をより確かなものにするほか、リシリコンブによるブルーカーボン生態系のCO₂吸収の取組をPRし、気候変動緩和策の機運醸成を図るため、「Jブルークレジット」の申請を行った。

今回申請対象としたCO₂吸収量は、本調査を含めた過去5年分の利尻富士町鴛泊字大磯地先水面で養殖されたリシリコンブ及び、今年度のウニの養殖試験に用いた餌料用コンブである。CO₂吸収量の算出のためのCO₂吸収係数は本調査にて算出されたものを活用した。また、ロープ延長は本調査を含めた過去5年分を調査し、CO₂吸収量を推計した。ただし、クレジット審査の過程で確実性の評価が実施されるため、クレジット認証対象のCO₂吸収量は今後明らかになる見込みである。

以上のように、リシリコンブ養殖漁場におけるブルーカーボン生態系によるCO₂吸収量の調査は、地域と連携した様々な活用方策がみられることが分かった。

4. まとめ

本調査では、利尻島沿岸における養殖コンブのブルーカーボン吸収量の推計を行い、令和5年利尻島沿岸で53.9t程度のCO₂が吸収されていることが推計された。また、吸収係数としては1年目の種コンブでは563(g-CO₂/m²/年)、2年目の成コンブでは228(g-CO₂/m²/年)であると算出された。本調査結果より、養殖コンブの「コンブの湿重量」と「ロープ延長」という2項目を調査により求めることによりCO₂吸収量を推計でき、調査自体も特別な器具を必要とせず非常に簡便であることから、本地域以外でも同様に養殖コンブのCO₂吸収量を推計することが可能であることが考えられる。ただし、Jブルークレジットの取得には、信頼性の高いデータの取得が求められる。本調査結果を活かし、今後はより正確な推計値を算出するとともに、利尻島沿岸だけでなく、北海道沿岸の養殖コンブへも調査方法等の浸透を図り、更なるブルーカーボンの推進に繋げていきたい。

謝辞：本調査にご協力いただいた利尻富士町、利尻町、利尻漁業協同組合をはじめとする関係者の皆様に心よりお礼申し上げます。

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. (2019) : 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), 75(1), 10-20.
- 2) Fuji, A., & Kawamura, K. (1970) : Studies on the biology of the sea urchin. VII. Bio-economics of the population of *Strongylocentrotus intermedius* on a rocky shore of southern Hokkaido. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish, 36, 763-775.
- 3) 中脇利枝, 吾妻行雄, & 谷口和也. (2001) : 女川湾における褐藻マコンブ群落の生活年周期と生産力. 水産増殖, 49(4), 439-444.
- 4) 名畑進一, & 酒井勇一. (1996) : 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, 49, 1-5.
- 5) 武蔵達也. (1993) : コンブの生活様式と生産量に関する研究. 岩手県南部栽培漁業センター事業報告書, 4, 75-79.
- 6) 村岡大祐. (2003) : 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, 65, 24.
- 7) 水産土木建設技術センターほか. (2004) : 藻場等の沿岸海域保全機能の解明調査. 1-94.
- 8) 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. (2004) : チヂミコンブ資源実態調査. 23-29.
- 9) 植木龍夫, 佐藤敦, & 中西広義. (1975) : コンブ養殖に関する試験. 青木増事業概要, 4, 125-132.
- 10) 環境省生物多様性センター. (2008) : 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, 428.
- 11) 北海道水産林務部. (2005) : 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, 1-2.
- 12) 松山恵二. (1985) : 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, 27, 91-99.
- 13) Mizuta, H., Hayasaki, J., & Yamamoto, H. (1998) : Relationship between nitrogen content and sorus formation in the brown alga *Laminaria japonica* cultivated in southern Hokkaido, Japan. Fisheries science, 64(6), 909-913.
- 14) Krause-Jensen, D., & Duarte, C. M. (2016) : Substantial role of macroalgae in marine carbon sequestration. Nature Geoscience, 9(10), 737-742.
- 15) JBEジャパンプルーエコノミー技術研究組合 : Jブルークレジット[®]認証申請の手引き-ブルーカーボンを活用した気候変動対策-Ver.2.3.令和5年8月.p41