

平成29年度
水産庁 水産基盤整備調査委託事業
「天然コンブの生育に好適な海洋環境条件の解明に
基づく漁場造成適地選定手法の開発」
報告書

平成30年3月

国立研究開発法人水産研究・教育機構
地方独立行政法人北海道立総合研究機構

平成 29 年度 水産基盤整備調査委託事業
天然コンブの生育に好適な海洋環境条件の解明に基づく漁場造成適地選定手法の開発
年次報告書

1. 課題名

天然コンブの生育に好適な海洋環境条件の解明に基づく漁場造成適地選定手法の開発

【小課題】

- ① 海洋物理環境調査の実施
- ② コンブの生物特性の把握
- ③ 既存知見に基づくコンブ漁場特性の推定
- ④ 地理情報システム（GIS）を使った適地を選定・評価手法の開発
- ⑤ 効率的なコンブ漁場管理手法の検討

2. 実施機関及び担当者

① 海洋物理環境調査の実施

国立研究開発法人水産研究・教育機構北海道区水産研究所
生産環境部

部長
グループ長
主任研究員

黒川忠英
伊藤 明
鬼塚年弘

② コンブの生物特性の把握

地方独立行政法人北海道立総合研究機構釧路水産試験場
調査研究部

部長
研究主幹
研究主任

中多章文
板谷和彦
合田浩朗

地方独立行政法人北海道立総合研究機構中央水産試験場
資源増殖部

資源増殖グループ
主査
水産工学グループ
主査

秋野秀樹
福田裕毅

国立研究開発法人水産研究・教育機構北海道区水産研究所
生産環境部

部長
グループ長
主任研究員

黒川忠英
伊藤 明
鬼塚年弘

③ 既存知見に基づくコンブ漁場特性の推定

国立研究開発法人水産研究・教育機構北海道区水産研究所
生産環境部
グループ長
主任研究員

伊藤 明
鬼塚年弘

④ 地理情報システム（GIS）を使った適地を選定・評価手法の開発

国立研究開発法人水産研究・教育機構北海道区水産研究所
生産環境部
グループ長
主任研究員

伊藤 明
鬼塚年弘

地方独立行政法人北海道立総合研究機構釧路水産試験場
調査研究部
部長
研究主幹
研究主任

中多章文
板谷和彦
合田浩朗

⑤ 効率的なコンブ漁場管理手法の検討

国立研究開発法人水産研究・教育機構北海道区水産研究所
生産環境部
部長
グループ長
主任研究員

黒川忠英
伊藤 明
鬼塚年弘

3. 本事業の概要

1) 目的

コンブの生活史と水温、栄養塩、光環境を中心とした海洋物理環境との関係を明らかにし、コンブの生育に好適な環境条件の特定とそれに基づく適地選定手法を開発するとともに、既存の漁場造成、資源安定化対策の高度化・効率化に資する情報収集と整理を行う。

2) 成果の概要

① 海洋物理環境調査

北海道東部太平洋沿岸の複数の地点において、水温、栄養塩、光環境の観測・分析を実施し、コンブの生育に影響を及ぼす物理環境の季節的、空間的な変動パターンを把握した。

② コンブの成長特性の把握

(ア) 遊走子放出の時期、量的変化の把握

モデル海域のコンブ漁場およびその周辺において、定期的に海水とコンブの胞子体を採取し、コンブ類遊走子の放出時期、胞子体の成熟状況と遊走子の出

現状の関係性を把握した。

(イ) 配偶体の受精および幼胞子体の生長と物理環境との関係解明

水温と光量を変化させた室内実験を実施し、水温、光に対するナガコンブ幼胞子体の成長速度の変化を把握した。

(ウ) 胞子体の生長・成熟と物理環境との関係性の推定

大型海藻飼育システムを用いた長期飼育実験を実施し、ナガコンブ胞子体の成長速度、成熟、未枯れが起きるタイミングと水温、栄養塩、光環境の変化との関係性を把握した。

③ 既存知見に基づくコンブ漁場特性の推定

モデル海域である根室市落石地区のコンブ漁場およびコンブの生育に関する情報としてコンブ漁期前測定調査のデータを収集するとともに、実測水温・衛星水温データを収集した。収集したデータを整理し、漁場間でコンブの生育を比較するとともに、海底構造や水温との関連性について推定した。

④ 地理情報システム (GIS) を使った適地を選定・評価手法の開発

根室市落石地区についてGISデータベースを構築し、落石漁業操業区域全体の水深、底質及び傾斜図を生成した。この図を利用して任意の場所の水深、底質及び傾斜度等の海底地形情報を数値で得ることが可能となった。

⑤ 効率的なコンブ漁場管理手法の検討

北海道東部太平洋沿岸の4漁業協同組合を対象に、コンブの漁場管理に関する基礎情報、問題点、ニーズに関する聞き取り調査を実施し、収集した情報を整理した。

4. 実施報告

以下に課題別に、目的、調査方法、結果・考察、今後の課題、引用文献について示す。

① 海洋物理環境調査の実施	4
② コンブの生物特性の把握	8
③ 既存知見に基づくコンブ漁場特性の推定	17
④ 地理情報システム (GIS) を使った適地を選定・評価手法の開発	23
⑤ 効率的なコンブ漁場管理手法の検討	25

① 海洋物理環境調査の実施

【目的】

モデル海域である北海道東部太平洋沿岸において水温、栄養塩、光環境の定期的な観測・分析を行い、コンブの生息適地選定手法開発に必要となるコンブ生息場の環境特性と時空間的変動（季節的変動、空間的変動）パターンを把握する。（進行管理：国立研究開発法人水産研究・教育機構北海道区水産研究所）

【方法】

2016年7月から2017年12月に北海道東部太平洋沿岸の3地点（納沙布、厚岸、釧路）において（図1-1）、自記式照度計をコンブ漁場近辺の遮蔽物のない建物の屋上に設置し（図1-2、表1-1）、照度を継続的に測定した。また、自記式水温計をコンブ漁場に隣接した4地点（図1-1、表1-1；納沙布：根室市水産研究所貯水槽、歯舞：歯舞漁港内海中、厚岸：北海道区水産研究所厚岸庁舎貯水槽、釧路：同釧路庁舎貯水槽）に設置し、水温を継続的に測定した。海水中の栄養塩を観測するために、同期間中に週1回の頻度でコンブ漁場に隣接した5ヶ所（図1-1、表1-1；納沙布：根室市水産研究所貯水槽、歯舞：沖根婦漁港、落石：落石漁港、厚岸：北海道区水産研究所厚岸庁舎貯水槽、釧路：同釧路庁舎貯水槽）において海水を採集し、硝酸態窒素（NO₃）、亜硝酸態窒素（NO₂）、リン酸態リン（PO₄）二酸化ケイ素（SiO₂）の濃度を測定した。

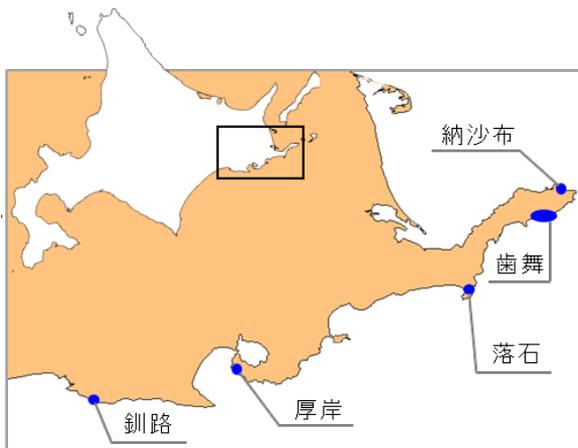


図1-1. 調査海域図

表1-1. 調査海域および調査項目

調査海域	調査項目		
	栄養塩	水温	光環境
納沙布	○	○	○
歯舞	○	○	
落石	○		
厚岸	○	○	○
釧路	○	○	○



図1-2. 照度観測の様子

【結果と考察】

日平均光量子束密度 [Thimijan and Heins (1983) に基づき、照度から光量子束密度(波長領域: 400-700 nm) に換算] は、短期的には天候に左右されたが、月平均値は納沙布、厚岸、釧路いずれも 12 月に最小 (約 500 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$) となり、その後上昇して 3~5 月に最大 (1200~1500 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$) となった (図 1-3、図 1-4)。6 月以降は、12 月にかけて徐々に減少した。日照時間は、納沙布、厚岸、釧路ともに 12~1 月に最短 (約 10 時間) となり、6~7 月に最長 (約 16 時間) となった (図 1-3、図 1-4)。日積算光量子束密度 [日積算光量子束密度 ($\text{mol}/\text{m}^2/\text{day}$) = 日平均光量子束密度 ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$) \times 日照時間 (sec) $\div 10^6$] は、12 月に最小 (16-18 $\text{mol}/\text{m}^2/\text{day}$)、その後上昇して 5 月に最大 (65-70 $\text{mol}/\text{m}^2/\text{day}$) となり、6 月以降は 12 月にかけて減少した。日積算光量子束密度は、月平均値で約 4 倍程度変化し、春先 (1~3 月) に急激に増加していた (図 1-3、図 1-4)。また、6 月は北海道東部太平洋沿岸特有の濃霧により、7~9 月は台風および低気圧の接近・通過に伴い、雨天、曇りの日が増加し、日積算光量子束密度も低下した。日積算光量子束密度が急激に増加する 1~6 月は、同海域に生息するナガコンブの成長期と一致しており、年間を通じて最大の日積算光量子束密度を示す 4~6 月はナガコンブの成長盛期であることから、光環境はコンブの成長に強く影響している可能性がある。

地先の水温は、納沙布、歯舞、厚岸、釧路のいずれについても 2 月が最低 (-1~0 $^{\circ}\text{C}$)、8~9 月に最大 (17~20 $^{\circ}\text{C}$) となっていた。地先水温は、10~11 月を除き、太平洋沿岸の東方ほど水温が低く推移する傾向が認められた。釧路市沿岸では、3 月下旬から 4 月初めにかけて広域で流氷が接岸し、一時的に水温が低下した (図 1-5)。

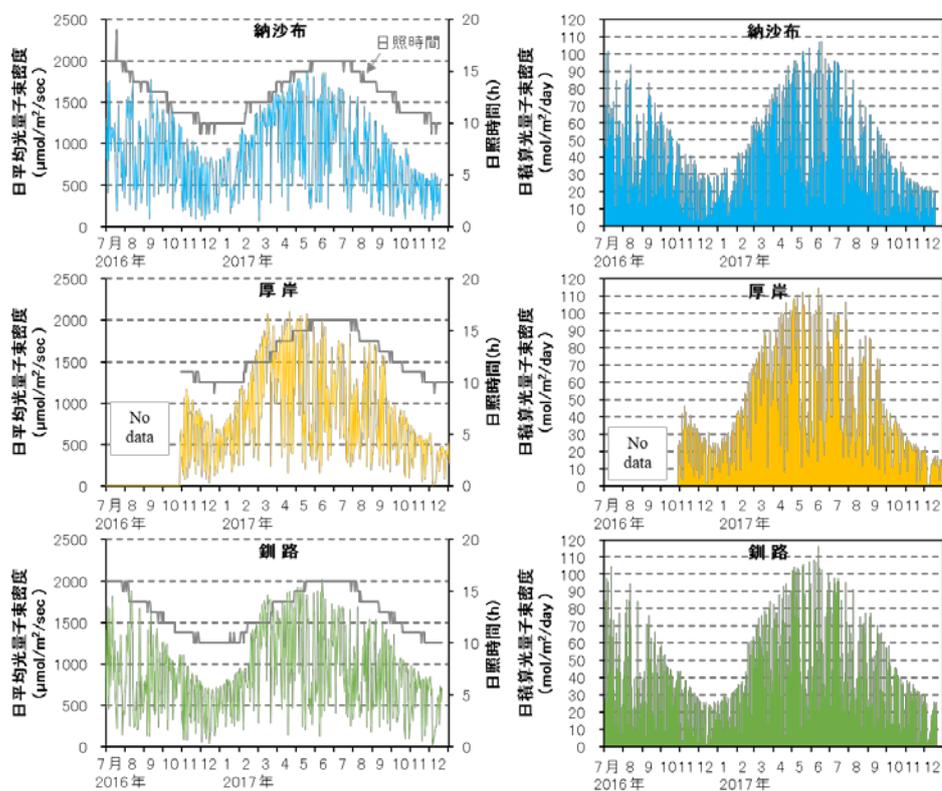


図 1-3. 納沙布、厚岸、釧路における日積算光量子束密度、日平均光量子束密度、日照時間の変化

納沙布、齒舞、落石、厚岸、釧路のいずれの調査点においても、DIN（溶解態無機窒素： $\text{NO}_3 + \text{NO}_2$ ）は3～8月には低い水準で推移していた（図1-6）。9月以降は太平洋沿岸の西から東に向かって海水中のDINが増加し始めた。その後、全調査点においてDIN濃度は上昇し、1～2月は高水準で推移した。3月になると東部から順にDINが減少し始め、3月中旬には全ての調査点で低水準（ $1 \mu\text{M}$ 以下）であった。2016年9月から翌年3月までの期間において、釧路と納沙布では、DINの最大濃度は1.3倍、 $5 \mu\text{M}$ 以上の高水準期間は約3倍の差が認められた（図1-6）。道東太平洋沿岸は、周年にわたり東から西に向かって流れる海流に支配されている。下流域にあたる釧路から先にDIN濃度が上昇し始め、上流域に位置する納沙布、齒舞よりも高水準期間が長いという結果は、海流の上流域以外からも沿岸域への窒素供給があることを示唆している。これらの結果から、栄養塩環境は地先によって大きく異なることが明らかになった。 PO_4 については、落石において変動が大きかったが、他の調査点では周年安定しており、大きな変化は認められなかった。 SiO_2 については、DINと類似した傾向を示し、夏以降に上昇、冬場に高い水準を示し、3月に急激に濃度が低下した後は6月まで低水準が続いた。3月に見られたDINと SiO_2 濃度の急激な低下は、春先の植物プランクトンの急激な増殖

（春季ブルーム）によりDINと SiO_2 が使用されたことによると考えられる。一方、2017年4月中旬に見られたDINと SiO_2 濃度の一時的な増加は、直前に低気圧が通過して大雨となっていたことから、河川水流入の影響と考えられる。しかし、その1週間後にはそれ以前の水準まで速やかにDIN、 SiO_2 の濃度が低下したことから、河川水流入はDIN、 SiO_2 濃度の急激な上昇をもたらすが、短期的な現象であり、北海道東部太平洋沿岸に生息するコンブ類の生育への影響は小さいと推察される。3月下旬から4月初めにかけて流氷の接岸が認められた釧路では、水温の低下が認められたが、DIN、

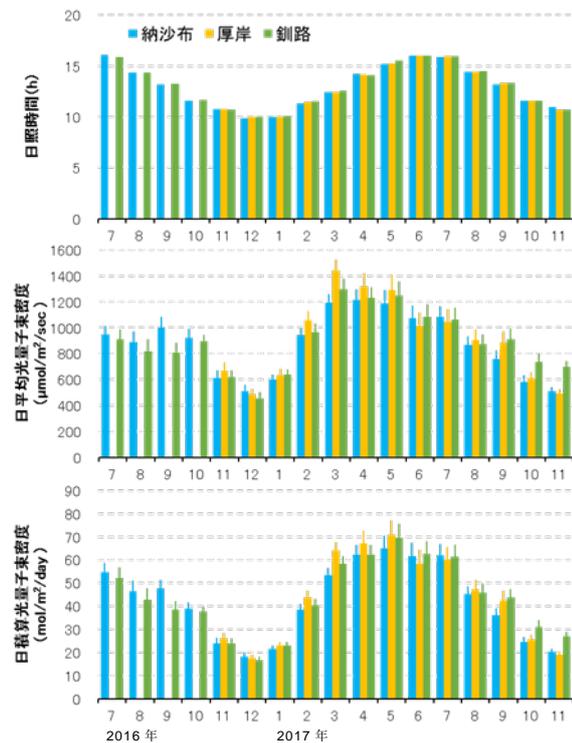


図1-4. 納沙布、厚岸、釧路における日照時間、日平均光量子束密度、日積算光量子束密度（月平均値±標準誤差）

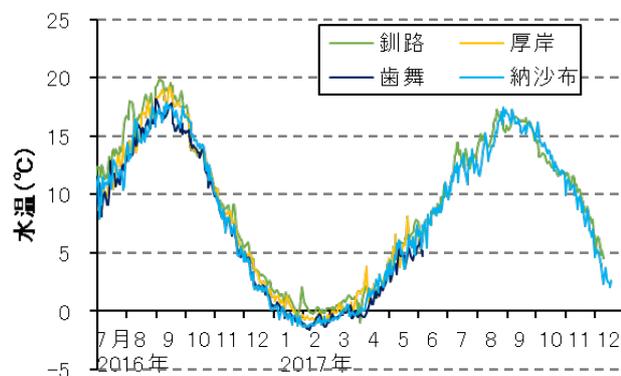


図1-5. 納沙布、齒舞、厚岸、釧路における海水温の変化

PO₄、SiO₂の濃度の増加は認められなかった。道東太平洋沿岸域では、流氷接岸によるコンブ漁場の栄養塩環境への影響はほとんどないと考えられる。以上の結果から、北海道東部太平洋沿岸域のコンブ漁場では、栄養塩環境が季節的に大きく変化するとともに、同海域の東西で DIN 濃度が大きく異なることが明らかになった。

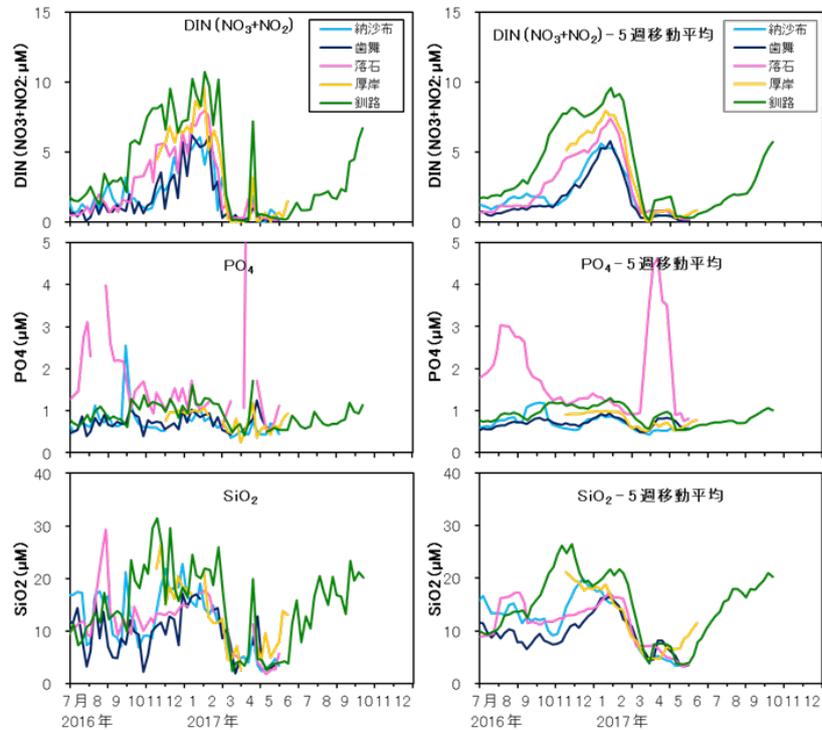


図 1-6. 納沙布、齒舞、落石、厚岸、釧路における海水中の栄養塩 (DIN、PO₄、SiO₂) の変化

【今後の課題・方針】

次年度以降に、同海域における水温、光環境、栄養塩環境の経年変化について把握する。

【参考文献】

Thimijan R.W., Heins R.D. (1983) Photometric, radiometric, and quantum light units of measure: A review of procedures for interconversion. HortScience 18(6): 818-822.

② コンプの生物特性の把握

【目的】

適地選定手法開発の基礎資料となるコンプの生物特性を把握するために、野外調査、培養・分析および飼育試験を実施し、ナガコンプの遊走子が放出される時期及び量的変化を明らかにするとともに、配偶体の受精及び胞子体の成長・成熟と海洋物理環境との関係性について検討する。(進行管理：国立研究開発法人水産研究・教育機構北海道区水産研究所)

【細部課題】

以下の3課題を実施した。

(ア) 遊走子放出の時期、量的変化の把握

モデル海域に設定した調査点から定期的に海水を採取し、培養法とPCR法を併用して海水に含まれるコンプ類の遊走子数を測定する。さらに調査点近傍に生育するコンプ類を採集し、その藻体上の子嚢斑形成状況等を調査し、コンプ類の成熟盛期と遊走子量の季節変化から遊走子放出時期・盛期を明らかにし、実施課題(1)で得られる海洋物理環境でデータと比較し、関係性を把握する。(地方独立行政法人北海道立総合研究機構釧路水産試験場)

(イ) 配偶体の受精および幼胞子体の生長と物理環境との関係解明

道東海域における主要な一次生産者であるコンプの生育は、水温、栄養塩、光、流速などの物理環境の影響を強く受ける。配偶体の受精および幼胞子体の成長とこれらの物理環境との関連を明らかにするために、室内培養試験により水温条件と光条件の変化に対するコンプの応答を検討する。(地方独立行政法人北海道立総合研究機構中央水産試験場)

(ウ) 胞子体の生長・成熟と物理環境との関係性の推定

コンプ胞子体の成長・成熟と物理環境(水温、栄養塩、光)を把握するために、自然環境に近い条件下で長期にわたり飼育試験を実施する。コンプの生育に関する各種パラメーターを定期的に測定するとともに、飼育水槽内の水温、栄養塩、光環境の動態を継続的にモニタリングし、コンプの生育・成熟と環境パラメーターとの関係性について検討する。(国立研究開発法人水産研究・教育機構北海道区水産研究所)

(ア) 遊走子放出の時期、量的変化の把握

【方法】

根室市落石沿岸をモデル海域とし、ナガコンプの子嚢斑の形成状況等を調査するとともに、海水中の遊走子数の季節変化を調査した。コンプ藻場(St. A)からナガコンプをランダムに採集し、葉長や重量、葉状部表面の子嚢斑の形成状況を測定した。また、ナガコンプを採集した地点を含む複数点(図2-ア-1、St. A~C)の表層から海水を採取し、保冷した状態で実験室に輸送した。採水時に水質計(直読式総合水質計AAQ-RINKO: JFEアドバンテック株式会社)を用いて、水深別の水温やクロロフィル濃度、水中光量子量などを観測した。

採取した海水200mlを孔径0.45µmのメンブレンフィルター(アドバンテック東洋)

でろ過し、そのフィルターを栄養強化海水（PESI 培地）中で培養した。約 30 日後にフィルター上に出現したコンブ胞子体数を計数し、海水中の遊走子数の指標（名畑 1989）とした（培養法）。また、海水 30 または 50 ml をシリンジでろ過し、そのフィルターを冷凍保存した。DNeasy Plant Maxi Kit（QIAGEN）を用いてフィルターから DNA を抽出した後、リアルタイム PCR 分析（高谷ら 2017）を用いてコンブの遊走子量を分析し、培養法で得られた結果と比較した。

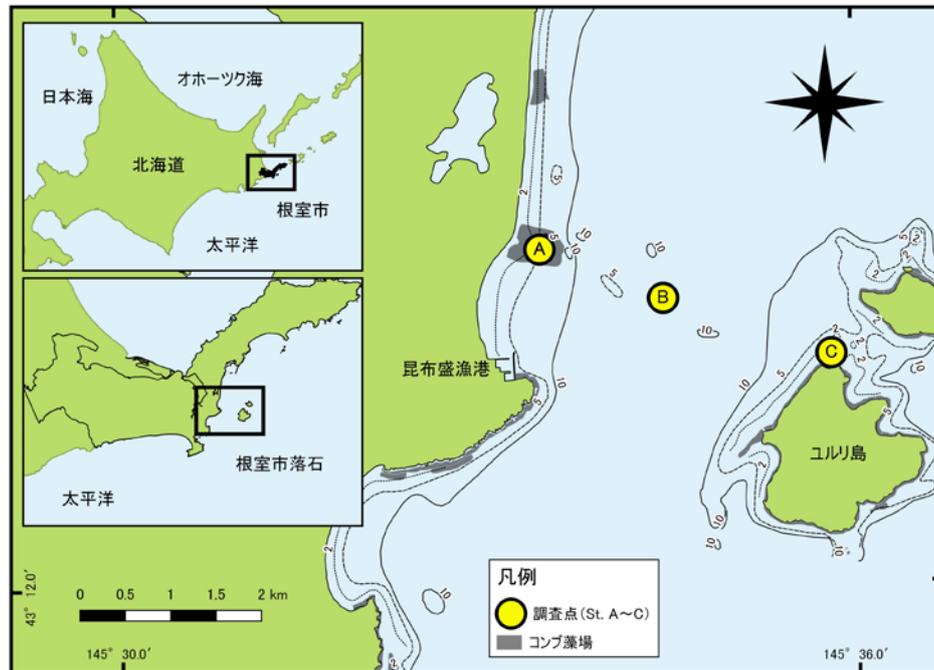


図 2-ア-1. 根室市落石の調査点（St. A：ナガコンブ採集、St. A～C：遊走子調査、灰色部分はコンブ藻場を示す）

【結果と考察】

根室市落石沿岸の調査点である St. A～C（図 2-ア-1）はそれぞれ水深約 3 m、16 m、2.5 m であった。St. A と C は周辺にナガコンブやガツガラコンブなどのコンブ藻場が存在していたが、St. B の周辺にはコンブ藻場は見られなかった。

St. A で採集したナガコンブの葉長は 6～8 月には 7～8 m であったが、9 月には先端部の末枯れが著しく進行し、葉長約 3 m まで短くなった（図 2-ア-2：上段）。子嚢斑を有する藻体は 7 月からみられ、8 月には採集したほぼすべての藻体に子嚢斑が形成された。子嚢斑の形成位置は、葉状部の基部から約 2 m までの部位に形成されていた（図 2-ア-2：中、下段）。10 月以降は遊走子放出済みと思われる藻体が増え、子嚢斑部位にコケ様の生物が付着していた。

根室市落石沿岸の St. A～C で採取した海水をろ過したフィルター上に出現したコンブ胞子体数を計数した結果、St. B では常に 6 個体/200 ml 以下と他の 2 地点より明らかに少なく、明瞭な季節変化はみとめられなかった（図 2-ア-3：中段）。St. A と St. C では 9 月にそれぞれ 228,821 個体/200 ml と調査期間中で最も多くの胞子体が出現した。調査を実施したすべての月において St. A より St. C で多くの胞子体が出現した（図 2-

ア-3：上、下段)。表面水温は調査を実施した3地点で大きな違いは見られず、コンブ胞子体が多く出現した9月（下旬）は、水温が約15°Cであった。同一水温でも水温の上昇期より下降期に多くのコンブ胞子体出現する傾向がみられた（図2-ア-3）。

リアルタイムPCRを用いたホソメコンブ遊走子量の定量法（高谷ら 2017）を一部改変して、調査点から採集した海水中のコンブ遊走子数を分析したところ、培養法と類似した傾向がみとめられ、道東海域のナガコンブやガッガラコンブの遊走子定量にも有効であることを確認した。

根室市落石沿岸のナガコンブは、8~9月に末枯れのため葉長が著しく縮小したが、子嚢斑形成は進行した。子嚢斑は7月から形成が始まり、8月以降はほぼすべての藻体

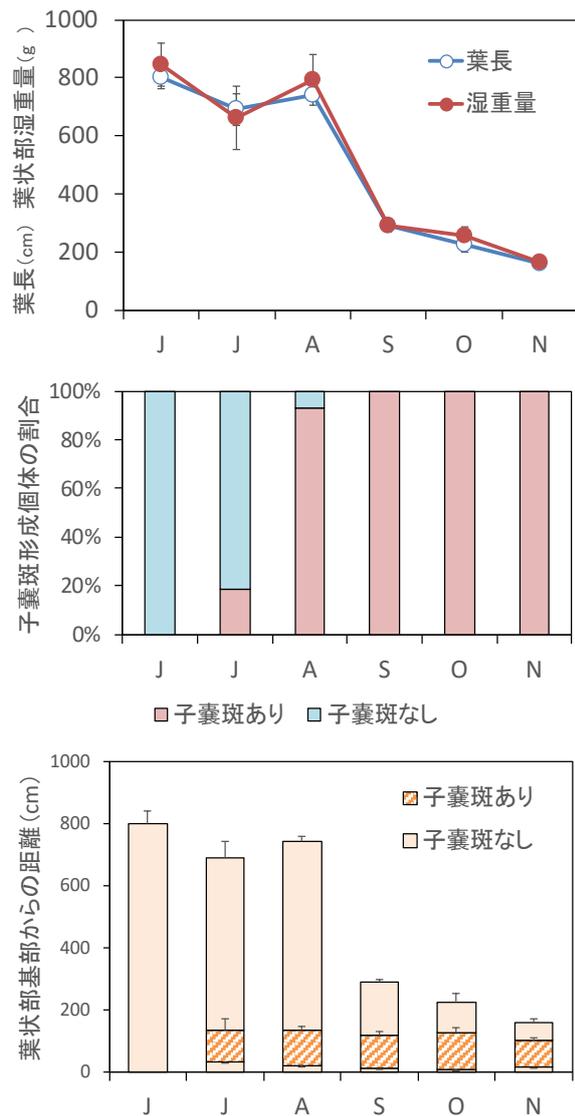


図2-ア-2. 根室市落石で採集したナガコンブの葉長と葉状部湿重量（上段）、葉状部表面の子嚢斑形成状況（中段）と子嚢斑形成部位（下段：葉状部基部からの距離）

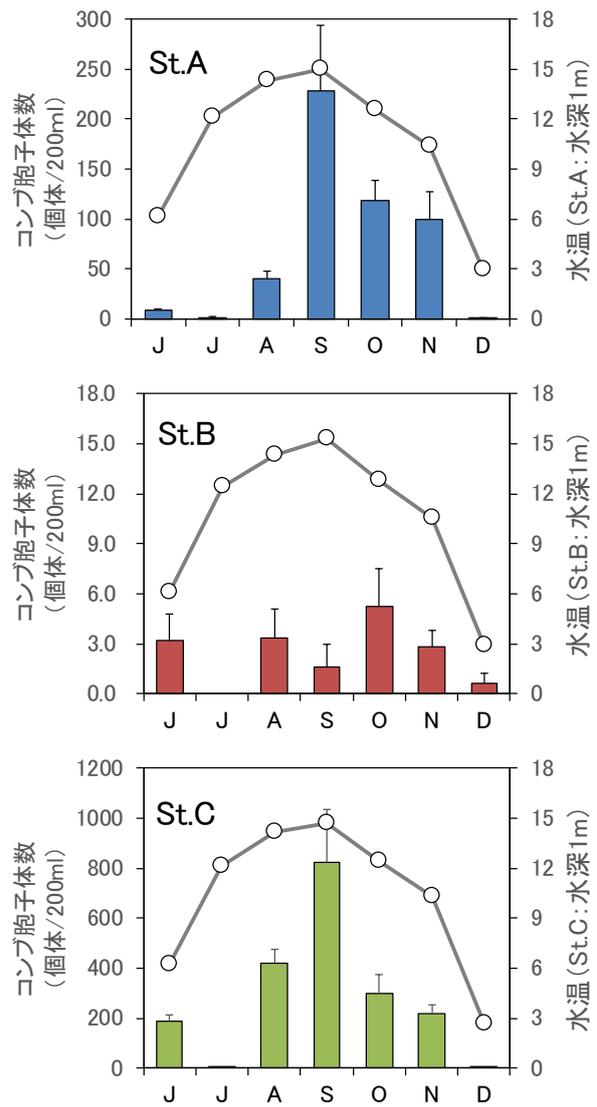


図2-ア-3. 根室市落石で採集した海水から出現したコンブ幼胞子体数の季節変化（左軸：棒グラフ）と水温（右軸：折れ線グラフ）の推移（上段：St. A、中段：St. B、下段：St. C）

で形成されていたが、遊走子は末枯れにより葉長が縮小する9月頃に多く放出されると考えられた。周辺にコンブ藻場がみられない St. B では遊走子数は常に少なく、コンブ藻場周辺の St. A と St. C では海水中の遊走子数が多い時期があり、明瞭な季節変化が見られることから、コンブ類の遊走子は広範囲に拡散されて一様な分布をしておらず、空間的な偏りがあると考えられた。また、リアルタイム PCR を用いた遊走子定量法が北海道東部のナガコンブやガッガラコンブの遊走子数の定量にも有効であることが明らかとなった。

【今後の課題・方針】

道東海域のコンブ類の遊走子放出時期である9月に調査点を増やしてコンブ類遊走子数を調査し、遊走子数の空間的分布を明らかにする必要がある。調査点数を増やす場合、培養法では非効率であるため、リアルタイム PCR を用いた方法で調査、分析を行う。コンブ類遊走子の空間的分布や水質計による観測データ（例えば図 2-ア-4）は、課題④において GIS（地理情報システム）として統合し、適地選定等に活用する。

【参考文献】

- 名畑進一（1989）コンブの遊走子の生態に関する研究（1）第1報 コンブの遊走子の定量法．北水試研報 32：11-17.
 高谷義幸・秋野秀樹・四ツ倉典滋（2017）リアルタイム PCR を用いたホソメコンブ遊走子の定量法（技術報告）．北水試研報 90：13-16.
 坂西芳彦・鈴木健吾・宇田川徹・飯泉仁・山本正昭（2001）ナガコンブの光合成及び生産力と関連した水中の光環境について．藻類 49：117-123.

（イ）配偶体の受精および幼胞子体の生長と物理環境との関係解明

【方法】

平成 29 年 10 月に根室市落石地先で成熟した子嚢斑を持つナガコンブを潜水により採取し、新聞紙でくるみ冷蔵条件で余市町中央水産試験場に輸送した。このナガコンブから子嚢斑を切り取り、これを 5°C に冷却した滅菌海水中に置き、ナガコンブの遊走子

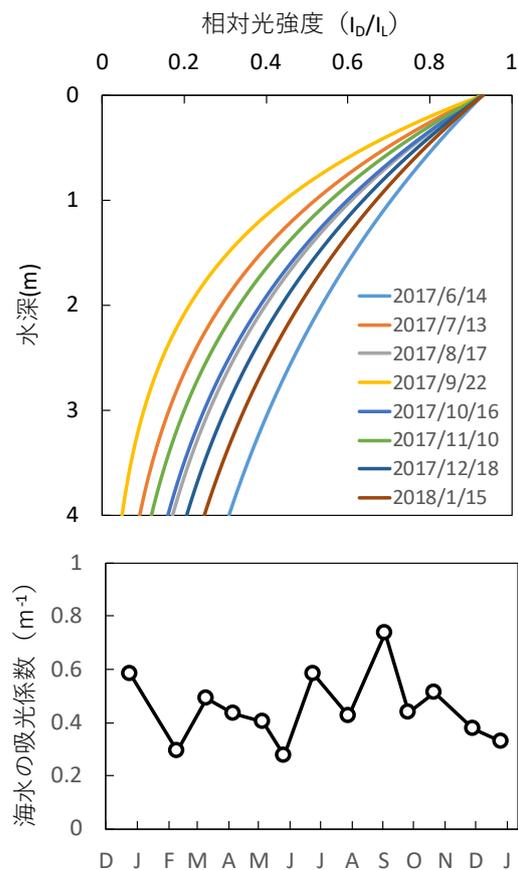


図 2-ア-4. 根室市落石 (St. A) で観測した水深別の光量子量から求めた相対光強度と海水の吸光係数 (坂西ら 2001) の季節変化

を放出させた。遊走子の活力と濃度を顕微鏡下で確認した後、遊走子を含む滅菌海水をカバーガラス（19×19 mm）に滴下し、1～2 時間静置して遊走子を着生させた。このカバーガラスを 10℃、30 μmol/m²/sec、12L:12D、栄養強化海水の環境下に置き、1 週間毎に栄養強化海水を交換し、遊走子から生じた配偶体を成熟・受精させて葉長 2～3 mm の孢子体にまで成長させた。

孢子体が着生したカバーガラスを、窒素濃度 6 μM に調整し、その他の栄養塩類は十分に強化した滅菌海水 50 ml を満たした直径 90 mm のシャーレに 1 枚ずつ入れ、これを 5℃、10℃、13.5℃、17℃、20℃の 4 温度条件、15、30、50、130 μmol/m²/sec の 4 光条件の合計 20 条件下に設定した多段培養庫内（図 2-イ-1: EYELA MTI-201）に置き、実験を開始した。実験開始前後に顕微鏡下で藻体を撮影し、画像計測ソフトでナガコンブの葉面積を求めた。面積から以下の式で相対成長速度を実験区分ごとに求めた。

$$RGR = (\ln(L_e) - \ln(L_s)) / d \quad (\text{mm}^2/\text{mm}^2/\text{day})$$

- ※ L_s: 試験開始時のコンブの葉面積
- Le: 試験終了時のコンブの葉面積
- d: 培養日数 ln: 自然対数

求められた RGR を被説明変数、培養水温、光量を説明変数に重回帰分析を行い、説明変数の影響度と交互作用を検証した。

【結果と考察】

培養水温と光量、相対成長速度の関係を図 2-イ-2 に示す。試験条件の範囲内では、水温が低く、光量が高い試験区においてナガコンブの相対成長速度は高かった。最も相対成長速度が高かったのは、水温 5℃、光量 50 μmol/m²/sec の試験区であった。水温 15℃以上の試験区では相対成長速度は低かった。

重回帰分析を行った結果、自由度調整済決定係数は 0.39 であった。水温より



図 2-イ-1. 多段培養庫内(EYELA 社製 MTI-201)を用いた培養実験の様子

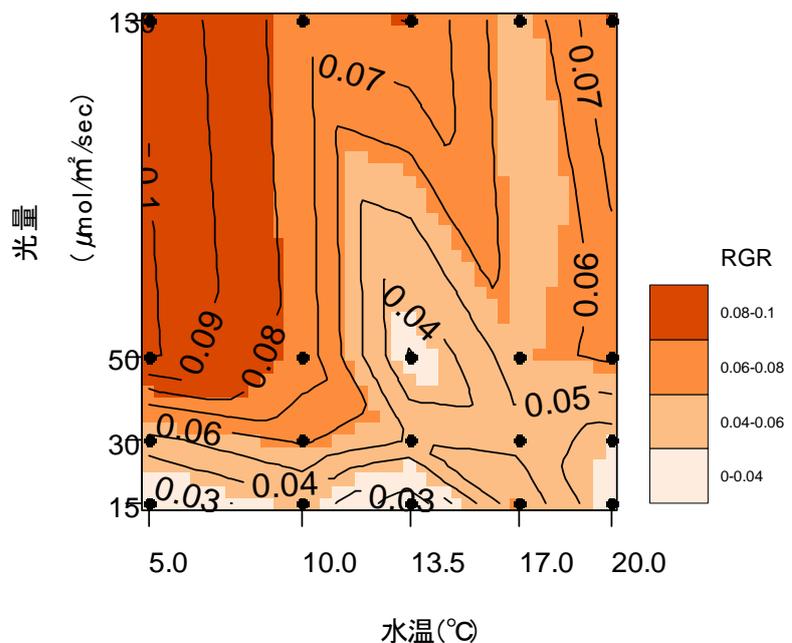


図 2-イ-2. 培養水温と光量の変化に対するナガコンブの相対成長速度 (mm²/mm²/day) の関係

も光量の影響度が大きく、光量の標準偏回帰係数は1%水準で有意であった ($b^* = 0.632$, $p = 0.003$)。水温と光量の交互作用は認められなかった。

Sakanishi *et al.* (1989)は、ナガコンブと同じコンブ科褐藻であるカジメの光合成特性を調べ、呼吸速度が温度にともなって上昇したと報告している。ナガコンブにおいても温度上昇による呼吸速度の上昇が、純光合成速度を下げ、その結果相対成長速度が低下した可能性がある。また、岡田ら(1985)は、ナガコンブの幼胞子体の成長適温が11.4°Cであったと報告しているが、本試験での成長適温は5°Cであった。岡田らは培養海水の栄養塩濃度を高くして培養しているのに対して、本試験では栄養塩濃度を実際の海域に近い値に設定して培養した。この結果から、実際の海洋環境に近い栄養塩濃度下では、低水温でより成長速度が高いことが示唆される。

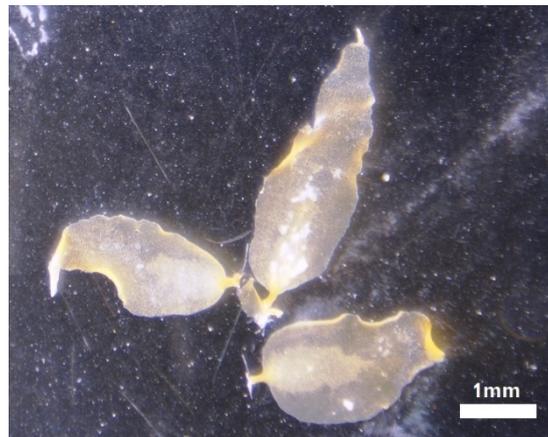


図 2-イ-3. 培養中のナガコンブ胞子体の一例
(培養開始9日目, 20°C, 50 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$)

【今後の課題・方針】

温度と光量は相対成長速度に関して影響を持つことが明らかになった。高水温下においては光量が確保されていても相対成長速度が下がることが明らかになった。次年度以降には、高水温下における栄養塩濃度の交互作用を明らかにし、高水温下での成長速度や、生存率に栄養塩濃度が寄与するかを検討する。

【参考文献】

Sakanishi, Y., Yokohama, Y. Aruga, Y. (1989) Seasonal changes of photosynthetic activity of a brown alga *Ecklonia cava* Kjellman. Bot. Mag. Tokyo 102: 37-51.

岡田行親・三本菅善昭・町口裕二 (1985) マコンブ、リシリコンブ、オニココンブ、ホソメコンブおよびナガコンブ幼芽胞子の生長ならびに形態と培養温度の関係. 北水研報告. 50 : 27-44.

(ウ) 胞子体の生長・成熟と物理環境との関係性の推定

【方法】

コンブ胞子体の成長・成熟と物理環境との関係を把握するために、2015年9月から北海道釧路市桂恋地先で1~2ヶ月毎にナガコンブを採集し、北海道区水産研究所の大型海藻飼育システム（図2-ウ-1）を用いて自然環境に近い条件下で長期飼育を実施した。採集したコンブは水槽に収容する前に葉長、葉幅、湿重量および子嚢斑の有無を測定し、葉状体に一定間隔で穴を開けた。飼育期間中は、1~2週間毎にコンブ葉状体の長さ、幅を測定するとともに、子嚢斑形成の有無を確認した。また、開けた穴の移動距離を測定し、日平均成長速度を算出した。自記式記録計と定期的な採水および分析により飼育水槽内のコンブの生育に関係する光環境（日照時間、照度）、水温、栄養塩の動態を継続的にモニタリングし、コンブの生育・成熟と光環境、水温、栄養塩との関係性について検討した。

【結果と考察】

2017年は3月下旬から4月上旬にかけて釧路市沿岸に流氷が接岸した（図2-ウ-2）。そのため、浅所に繁茂していたナガコンブの多くは流氷により切断・流失もしくは葉状体を切断され、葉長、生物量ともに低下していた（図2-ウ-3）。一方、6~7月に深所で採集したナガコンブでは葉長の減少は少なかった。以上から、浅所に生えていたナガコンブの多くは、流氷により流出もしくは葉長が短くなったが、深所に生えていたナガコンブについては比較的影響が小さかったと考えられる。

ナガコンブの2年目葉は、10月に伸長を開始（突き出し）し、翌年7月に最長に達した（図2-ウ-4）。8月以降は急速に葉長が短くなった。ナガコンブの日平均成長速度は、突き出し開始直後では2~5 mm/dayであったが、その後3月まで徐々に上昇し、3~6月に40~80 mm/dayに達した（図2-ウ-5）。6月中旬以降は、急速に成長速度が低下し、9月にはほとんど伸長は認められなかった。6月以降にコンブの成長速度が低下するのと同

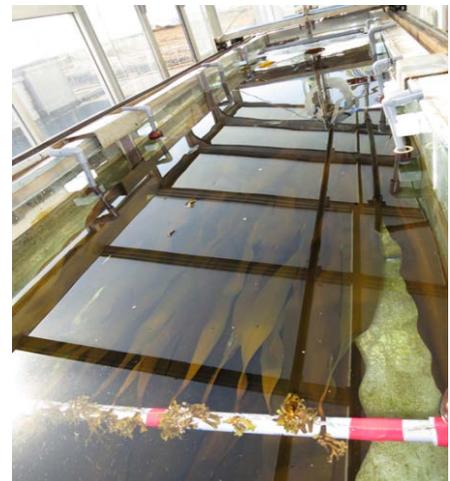


図2-ウ-1. 大型海藻飼育システムを用いたナガコンブ飼育実験の様子



図2-ウ-2. 流氷接岸の様子
(釧路市桂恋)



図2-ウ-3. 流氷で切断・流出したコンブ

期して成熟（葉状体表面に子囊斑を形成）する個体が増加し、8月には全ての個体の子囊斑を形成していた（図2-ウ-5）。葉状体先端部の末枯れは、突き出し開始時期から翌年2月までは少なかったが、3月以降に2年目葉の末枯れが始まり、その後急速に末枯れの速度が上昇した（図2-ウ-5）。8月以降に見られた葉長の減少は、コンブ葉状体の成長速度が低下するとともに先端部の末枯れ速度が上昇した結果生じたと推察される。

大型海藻飼育システム内の日照時間および日積算光量子束密度（課題①と同様に照度から算出）は、12月に最低となった後、1月以降増加に転じ、日照時間は6月に、日積算光量子束密度は5月に最大となった（図2-ウ-5）。道東太平洋沿岸では6月に濃霧の日が増加して光量が低下する。これにより日照時間が最大となる6月に日積算光量子束密度が最大とならなかったと考えられる。飼育水槽内の海水温は、1~2月に最低値を記録した後、上昇に転じ、4月以降9月にかけて急速に上昇した（図2-ウ-5）。水槽内の海水中DIN（溶存態無機窒素）は、9月頃に上昇し始め、12月から翌年2月までは高い水準にあった。その後、DIN濃度は低下し、3~7月は低い水準で推移していた（図2-ウ-5）。ナガコンブの突き出しは、DIN濃度が上昇し始める9~11月に開始されていたことから、突き出しの開始は海水中の栄養塩（特に窒素）の上昇が引き金になっている可能性がある。その後の2年目葉の成長速度は、日積算光量子束密度の上昇と良く一致しており、日照時間、光量子量が急速に増加した3~6月に最大となっていた。これらの結果から、突き出し後のナガコンブの葉状体の成長は、光環境に大きく影響されて

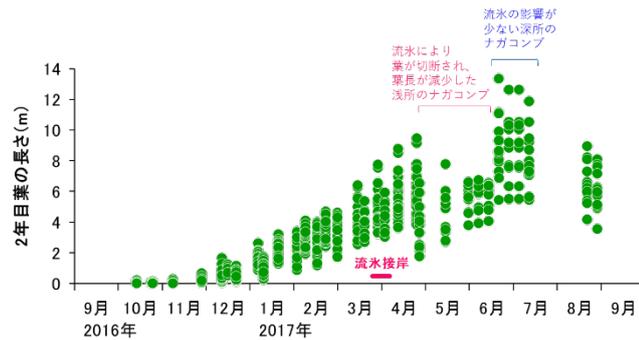


図2-ウ-4. ナガコンブ2年目葉の葉長の変化

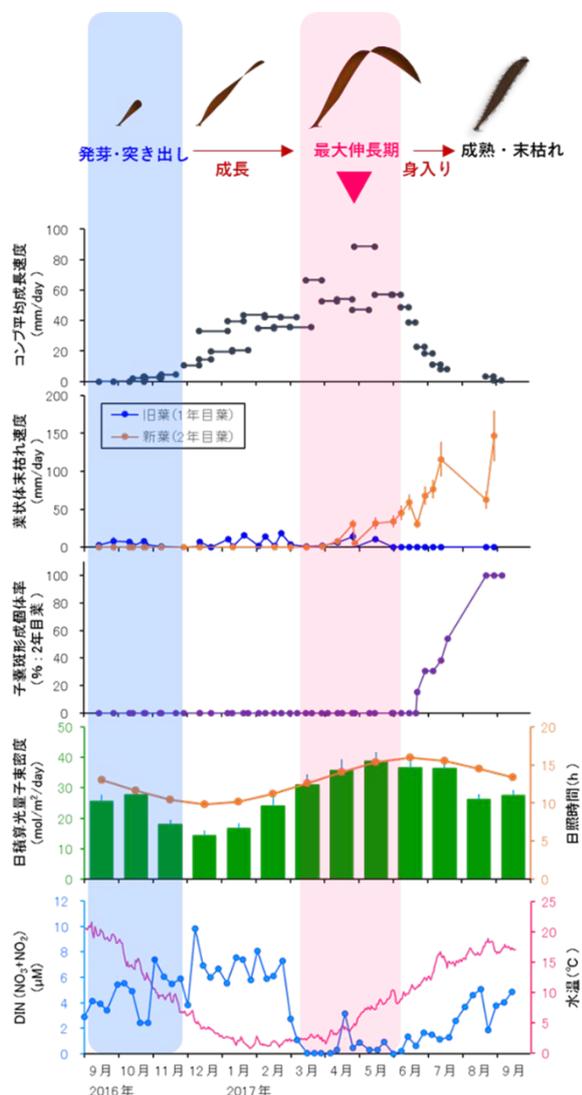


図2-ウ-5. ナガコンブ2年目葉の成長速度、末枯れ速度、子囊斑形成個体率と水温、DIN、日積算光量子束密度、日照時間の変化

いると推察される。また、4～6月は海水温が急速に上昇する時期にあたり、光環境とともに水温もコンブの成長の上昇に寄与していたと考えられる。一方、海水中の窒素量はコンブの成長速度が最大になる3～6月には非常に低い水準であったことから、海水中の濃度が高い秋から冬に窒素を貯留し、4月以降の成長に利用している可能性が高い。また、海水中の窒素濃度が急速に低下した直後に2年目葉の末枯れが始まり、その後急速に末枯れの速度が上昇したことから、周囲の海水中に窒素が少なることにより末枯れが促進されると考えられる。水温と日積算光量子束密度は6月以降も上昇もしくは高い水準を維持したが、コンブの成長速度は急速に低下した。また、成長速度の低下に伴い子嚢斑形成個体が増加したことから、6月以降の成長速度の低下は成熟へと移行するコンブの生理的な変化に伴うものと考えられる。

以上の結果から、ナガコンブの2年目葉の伸長開始は、海水中の窒素濃度の増加と関連し、その後の葉状体の成長は光環境、水温により影響されていると推察された。コンブの成熟は、成長の停滞とともに進行することが明らかになった。また、葉状体の末枯れは、周囲の海水中の窒素濃度の低下と関連していると考えられた。

【今後の課題・方針】

引き続き長期的な飼育試験を実施し、ナガコンブの葉状体の成長、成熟と物理環境（光環境、水温、栄養塩）との関連性について検討する。コンブの生育、成熟の鍵となる時期、環境要因との関係性に関する知見は、課題③で実施する天然のコンブ漁場特性の推定、課題④で取り組むコンブの生息適地選定手法の開発にも活用する。

③ 既存知見に基づくコンブ漁場特性の推定

【目的】

モデル海域におけるコンブ生育に関する既存の知見及びデータを収集し、データ整理を行うとともに、コンブ生育の経年変化、漁場間での生育の違いや漁場の物理的環境特性を把握する。また、モデル海域の実測水温データを収集し、漁場間の水温差を把握するとともに衛星水温データと比較することで衛星水温データの有用性を検討する。
(進行管理：国立研究開発法人水産研究・教育機構北海道区水産研究所)

【方法】

コンブ生育に関するデータの収集と整理

落石漁業協同組合及び根室地区水産技術普及指導所より根室市落石地区のコンブ類の漁期前生育調査の測定データの提供を受けた。漁期前生育調査は漁期の前にコンブの生育状況を確認するため、1漁場につき10本を上限にコンブの全長、重さ及び葉幅を測定したものである。この漁期前生育調査データは、平成18年から平成29年まで蓄積されている。そのデータシートに記載されている全ての漁場をリストアップし、落石漁業協同組合及び根室地区水産技術普及指導所を通じて位置情報の収集を行い、聞き取り調査を行いながら、漁場名は異なるが実際は重複している漁場などをひとまとめにする作業を行った。また、平成18年から平成29年までの各漁場におけるデータの有無を確認し、データを紛失している形跡の見られた部分については、再度データの探索を依頼した。平成18年から平成29年までのコンブの測定データをデータベース化し、統計解析ができる状態にまで整理した。

漁場間でのコンブ生育の違いと物理的環境特性の把握

根室市におけるコンブ類の年間漁獲量と漁期前生育調査で測定されたコンブの全長、重量、葉幅及び肥大度(重さ/(葉長×葉幅))の年間平均値との関係をステップワイズ重回帰分析により分析することで、最もコンブ漁獲と関係性の高い形態形質を検討し、コンブ生育の経年変化を把握した。

コンブ生育は年によって大きく変動することが予想される。漁場間でのコンブの生育の違いを検討するために、絶対評価指標である「コンブの全平均全長(平成18年～平成29年までの間に各漁場で測定された全コンブの平均全長)」に加え、相対的評価指標として「平均順位ポイント(コンブの年間平均全長が長い漁場順に順位ポイント(順位/調査漁場数)を与え、平成18年～平成29年までの期間で平均化したポイント)」とその「標準偏差」を算出した。平均順位ポイントが低ければコンブの生育が相対的に良好であり、その標準偏差が大きい場合にはコンブ生育の順位変動が大きいことを示している。コンブの生育と海底構造との関係を把握するために、クラスター分析(Ward法)によりコンブの全平均全長、平均順位ポイント及びその標準偏差を使って23漁場を分類し、平均順位ポイントとその標準偏差の散布図から分類された漁場カテゴリーのコンブ生育パターンを把握した。分類された漁場を漁場図上にプロットした後、各漁場カテゴリーの景観的特徴を確認し、さらに、水深、水深の変動係数、底質、底質の変動係数、傾斜度及び傾斜度の変動係数の6つの変数について漁場カテゴリー間で比較を行った。

モデル海域における実測水温と衛星水温データの有用性の検討

漁場間の水温の違いを把握するために、落石漁業協同組合コンブ漁操業区域内の 5 地点の 4 月と 7 月の実測水温を抜き出し、漁場間の水温の違いを検討した。

衛星水温データの有用性を検討するために、3つのデータソース（MURSST、G1SST 及び OSTIA）を準備し、実測水温データと衛星水温データの位置情報を合わせた上で、両者の関係を分析し、最適な衛星データソースを選択した。上記 5 地点で水温を測定した日付に合わせて、選択された衛星データソースからコンブ漁操業区域の水温データを 1km メッシュで抽出した。その水温データを ArcGIS(10.0)上で空間補完し、漁場間の水温の違いを検出できるか否か検討することで、衛星水温データを活用する上での問題点を洗い出した。

【結果と考察】

コンブ生育に関するデータの収集と整理

漁期前生育調査の測定データを整理することにより 48 漁場が確認され、ナガコンブについては平成 18 年から平成 29 年にかけて棹前コンブ漁期前調査（5 月中旬から 6 月上旬）と夏コンブ漁期前調査（6 月中旬から 7 月上旬）の年 2 回行われていた。これらを別々に整理し、データの有無を一つの図にまとめた（図 3-1）。棹前コンブ漁期前調

NO.	Location No.	地名	棹前コンブ (5月中～6月上)															夏コンブ (6月中～7月上)														
			H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29						
1	1	外浜・滝の下	○	○	X	○	X	X	○	X	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○							
2	2	ナナマグリ	○	○	X	○	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○							
3	3	はこだて間	○	○	X	○	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X							
4	4	油子間	○	X	X	○	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X							
5	5	灯台下	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X							
6	6	汐原小	○	○	X	○	X	X	○	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○							
7	7	二つ岩	X	X	X	X	X	X	○	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X							
8	8	汐原大	○	○	X	○	X	X	○	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○							
9	9	メガネ岩	○	○	X	○	X	X	○	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○							
10	10	がけの浜	○	○	X	○	X	X	○	X	X	○	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○							
11	11	三隻浜	○	○	X	○	X	X	X	X	X	○	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○							
12	12	立岩	○	X	X	○	X	X	○	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○							
13	13	赤灯台	○	○	X	○	X	X	○	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○							
14	14	坂の下・滝の下	○	○	X	○	X	X	○	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○							
15	15	ゴウゲン崎	○	○	X	○	X	X	○	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○							
16	16	バラバラ	○	○	X	○	X	X	○	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○							
17	17	ナガオリ	○	X	X	○	X	X	○	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○							
18	18	エボシ岩	○	○	X	○	X	X	○	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○							
19	19	畑の尻	○	○	X	○	X	X	○	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○							
20	20	浜松山中	○	○	X	○	X	X	○	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○							
21	21	昆布盛山中	○	X	X	○	X	X	○	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○							
22	22	ズブ石	○	○	X	○	X	X	○	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○							
23	23	ユルリ・七つ岩	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X							
24	24	ユルリ・二つ岩	○	○	X	○	X	X	○	X	X	○	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○							
25	25	ユルリ・平磯	○	○	X	○	X	X	○	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○							
26	26	ユルリ・キノコ岩	○	○	X	○	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○							
27	27	ユルリ・カモ岩	○	○	X	○	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○							
28	28	モユルリ・汐原	○	○	X	○	X	X	○	X	X	○	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○	X	X	X							
29	29	モユルリ・小島	○	○	X	○	X	X	○	X	X	○	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○	X	X	X							
30	30	モユルリ・三角	○	○	X	○	X	X	○	X	X	○	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○	X	X	X							
31	31	昆布瀬・下の瀬港の陸	○	○	○	○	○	X	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X							
32	32	昆布瀬・下の瀬港の沖	X	○	○	X	X	X	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X							
33	33	昆布瀬・三角下沖	X	○	○	○	○	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X							
34	34	昆布瀬・三角中	○	○	○	○	○	○	○	X	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X							
35	35	昆布瀬・三角根した	X	○	X	○	○	○	○	X	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X							
36	36	昆布瀬・三角下かど	X	○	○	○	○	○	○	X	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X							
37	37	昆布瀬・三角陸へり	X	○	○	○	○	○	○	X	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X							
38	38	昆布瀬・三角陸	○	○	○	○	○	○	○	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X							
39	39	昆布瀬・解放区沖	X	○	○	○	○	X	○	X	X	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X							
40	40	昆布瀬・解放区中	X	○	X	X	○	X	○	X	X	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X							
41	41	昆布瀬・解放区陸	X	○	○	○	○	○	○	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X							
42	43	昆布瀬・中の瀬解放区沖	X	X	X	○	X	X	○	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X							
43	44	昆布瀬・中の瀬解放区中	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X							
44	45	昆布瀬・中の瀬解放区陸	○	○	○	○	○	○	○	X	X	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X							
45	46	ユルリ・カシの浜	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X							
46	47	イシカラ浜	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X							
47	48	屏風岩	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X							
48	49	クソカゲ	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X							

図 3-1. 根室市落石地区 48 漁場一覧とコンブの漁期前測定調査データの有無

○（色付き部分）はデータ「あり」、X は「なし」を示している。

棹前コンブ漁期前調査は夏コンブ漁期前に比べ、広域で調査が行われているが、継続的に調査が行われている地点は少ない。

査は、陸付近（北海道陸地側）、島周辺（陸と繋がっていない小島）及び瀬（潮の干満により見え隠れする岩場で、潮の流れが速い場所）と幅広く行われているが、データの取り方に偏りやムラが見られた（図 3-1）。一方、夏コンブ漁期前調査については、瀬で調査は行われていないが毎年密にデータが収集されていた（図 3-1）。図 3-1 をもとに今後、解析方針を組み立てていく。今年度は、データにまとまりのある夏コンブを中心に解析を実施した。

漁場間でのコンブ生育の違いと物理的環境特性の把握

ステップワイズ重回帰分析の結果、根室市のコンブの年間漁獲量を説明する変数として夏コンブの全長のみが選択された（全長：Estimate=4.6, F=14.1, R²=0.61, P<0.001, 図 3-2）。コンブ漁獲に関わる生育形質として「コンブの長さ」が最も適していると考えられた。今後、コンブ生育を示す指標として「コンブの長さ」を利用していく。夏コンブの平均全長の年変化を見ると増減を繰り返しながら年々短くなる傾向が認められた（図 3-3）。これはコンブの生育が良・不良を繰り返しながら徐々に悪化していることを示唆しており、今後もこの傾向を注視していく必要がある。

クラスター分析により 23 漁場がコンブ生育パターンに基づき 3 つのカテゴリーに分類され、漁場間でコンブの生育パターンが大きく異なることが示唆された（表 3-1）。分類されたこれら 3 つのカテゴリーを判別分析したところ、誤判別率は 4.3% であった（Wilksλ=0.18, P<0.001）。コンブ全長の平均順位ポイントとその標準偏差の散布図からコンブの生育が良好で、良・不良の年変動が小さい漁場（カテゴリー1）、生育が中位-下位程度で年変動が大きい漁場（カテゴリー2）、生育が中位程度のところもあるがコンブ生育の悪いところが多く、年変動も少ない漁場（カテゴリー3）の 3 つに分類された（図 3-

漁場間における夏コンブの全平均全長（絶対評価指標）とコンブ全長の平均順位ポイント及びその標準偏差（相対評価指標）

No.	漁場名	コンブの平均全長	平均順位ポイント	標準偏差
1	エボシ岩	1026.11	0.31	0.26
8	メガネ岩	989.99	0.32	0.28
18	汐原小	1004.97	0.42	0.28
19	汐原大	976.24	0.39	0.27
4	ズブ石	928.93	0.45	0.16
5	ナガオリ	955.94	0.36	0.11
2	かげの浜	939.1	0.42	0.31
16	坂の下滝の下	947.83	0.47	0.31
15	浜松山中	867.15	0.66	0.31
7	バラバラ	929.78	0.52	0.26
11	ユルリ・キノコ岩	932.92	0.58	0.30
12	ユルリ・二つ岩	924.09	0.50	0.37
10	ユルリ・カモ岩	870.42	0.59	0.37
22	昆布盛山中	963.21	0.46	0.25
23	立岩	881.87	0.62	0.31
3	ゴウゲン崎	918.88	0.54	0.23
9	モユルリ・小島	916.89	0.50	0.22
13	ユルリ・平磯	919.39	0.58	0.20
6	ナナマガリ	881.7	0.65	0.23
20	赤灯台	894.42	0.66	0.23
21	畑の尻	886.5	0.59	0.25
14	外浜滝の下	865.1	0.73	0.25
17	三隻浜	863.47	0.76	0.16

平均順位ポイント：各漁場のコンブの年平均全長の長い順に順位ポイント（順位/調査漁場数）を与え、H18からH29までの期間で平均したもの。
標準偏差：平均順位ポイントの標準偏差で、順位の入れ替わりの大きさを示す。

表 3-1. 漁場間における夏コンブの全平均全長（絶対評価指数）とコンブ全長の平均順位ポイントと標準偏差（相対評価指数）。色はクラスター分析によるカテゴリー分けの結果を示す。

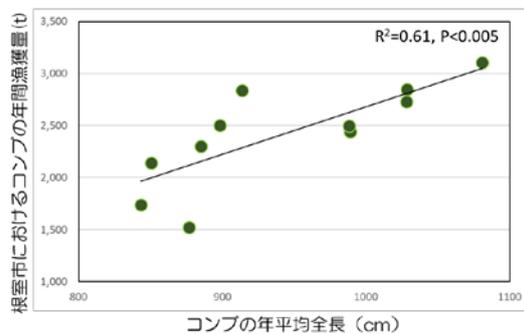


図 3-2. コンブの年平均全長と根室市における年間コンブ漁獲量との関係

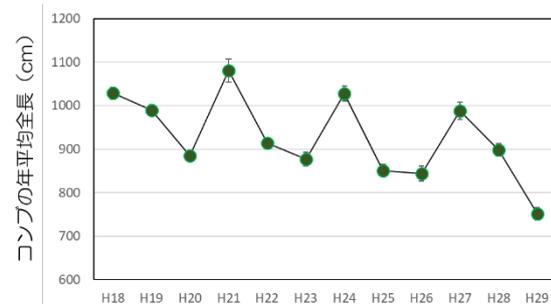


図 3-3. 夏コンブの全長の年変化

4)。カテゴリー1はコンブ生育の良好な漁場、カテゴリー2は好・不漁の波が大きな漁場、カテゴリー3はコンブ生育がいつも悪い漁場として捉えることができる。漁場カテゴリーをプロットした漁場図から、好漁場であるカテゴリー1は漁場が東側に張り出しているところに形成され、コンブ生育の芳しくないカテゴリー3は漁港や砂浜もしくは礫地と隣接する場所に形成される傾向が認められた(図3-5)。海底構造に関する6つの変数について3つのカテゴリー間で比較したところ、6変数のいずれについてもカテゴリー間に差は認められなかった(表3-2)。

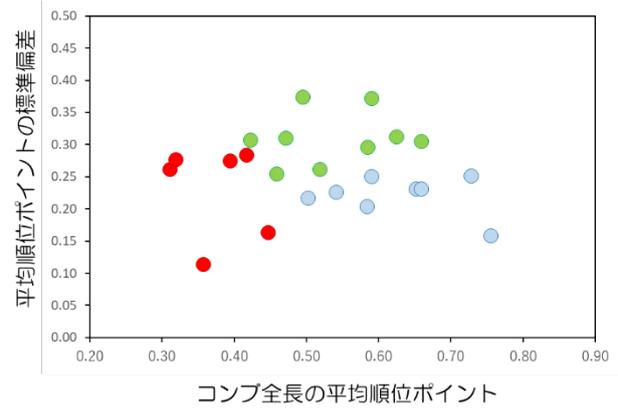


図3-4. コンブの全長の平均順位ポイントとその標準偏差との関係。色の相違はクラスター分析によるカテゴリー分けの結果を示す

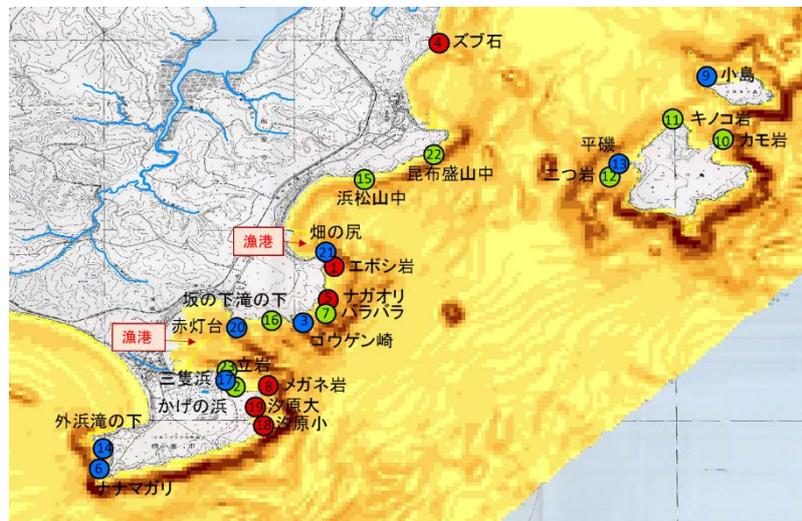


図3-5. 根室市落石地区の夏コンブ漁期前調査の主要漁場とクラスター分析によるコンブ生育パターンに応じたカテゴリー分けの結果

- 赤丸 (カテゴリー1) : コンブ生育が良好で、良・不良の年変動が小さい漁場
- 黄緑丸 (カテゴリー2) : コンブ生育は中位-下位程度で年変動が大きい漁場
- 青丸 (カテゴリー3) : コンブ生育が中位程度のところもあるが悪いところが多く、年変動も少ない漁場

表3-2. One way-ANOVA による海底構造に関わる6変数のカテゴリー間比較

	カテゴリー1 Mean (SD)	カテゴリー2 Mean (SD)	カテゴリー3 Mean (SD)	F	P
平均水深 (m)	-2.88 (1.49)	-2.56 (0.45)	-2.60 (1.28)	0.17	0.84
水深変動 (CV)	-0.29 (0.18)	-0.28 (0.16)	-0.27 (0.17)	0.02	0.98
平均傾斜度 (度)	1.08 (0.80)	1.19 (0.61)	1.16 (1.12)	0.03	0.97
傾斜度変動 (CV)	1.03 (0.20)	1.09 (0.32)	1.22 (0.68)	0.33	0.72
平均底質 (1,2,3)	2.77 (0.56)	3.00 (0.00)	2.97 (0.05)	1.33	0.29
底質変動 (CV)	0.10 (0.23)	0.00 (0.00)	0.03 (0.05)	1.16	0.33

モデル海域における実測水温と衛星水温データの有用性の検討

漁場間の水温の違いを比較した結果、春先に最大で0.6～0.9℃、夏場で最大1.2～1.8℃程度の差が認められた（表 3-3）。今後、データを積み重ねる必要はあるが、漁場間で水温が異なる可能性が高いと考えられる。実測水温と衛星水温データとの関係进行分析した結果、衛星水温データソースとしてGISSTとOSTIAはMURSSTよりも実測値に近い値を有意に示した（実測値との絶対差；GISST vs. MURSST: $t=-3.39$, $P<0.005$, GISST vs. OSTIA: $t=1.55$, $P=0.37$, OSTIA vs. MURSST: $t=-3.08$, $P<0.01$, 図 3-6）。とくにGISSTは高温水域で、OSTIAは低水温域で相対的に感度が高かった。GISSTのデータを利用して、空間補完し、漁場水温分布図を作成した結果、漁場間の水温差はほとんど検出されなかった（図 3-7）。GISST及びOSTIAは雲や霧などによる欠損値を自動的に近くのデータから補完するようにできているため、このような結果につながったと考えられる。したがって、本課題のように漁場間の水温差を捕捉することを目的とした場合、GISST及びOSTIAは衛星水温データソースとして不向きであると考えられた。

表 3-3. 落石漁業協同組合コンブ漁操業区域内の5地点の実測水温データの比較

日付	7月の水温			4月の水温	
	2015.7.23	2016.7.7	2017.7.13	2016.4.11	2017.4.26
畑の尻	11.6	8.5	12.2	2.2	1.6
ズブ石	12.4	10.0	12.4	2.6	1.6
ユルリ海峡	12.6	8.9	13.1	2.0	1.5
キノコ岩	10.8	8.7	12.1	2.4	2.4
汐原大	11.7	9.0	11.9	2.2	1.5
水温最大差	1.8	1.5	1.2	0.6	0.9

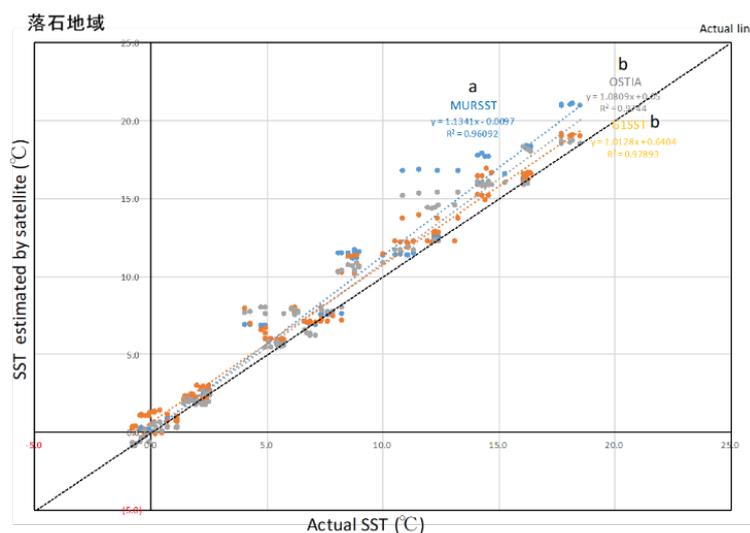


図 3-6. 落石地区のコンブ漁操業区域内の実測水温と衛星データから推定された水温との関係

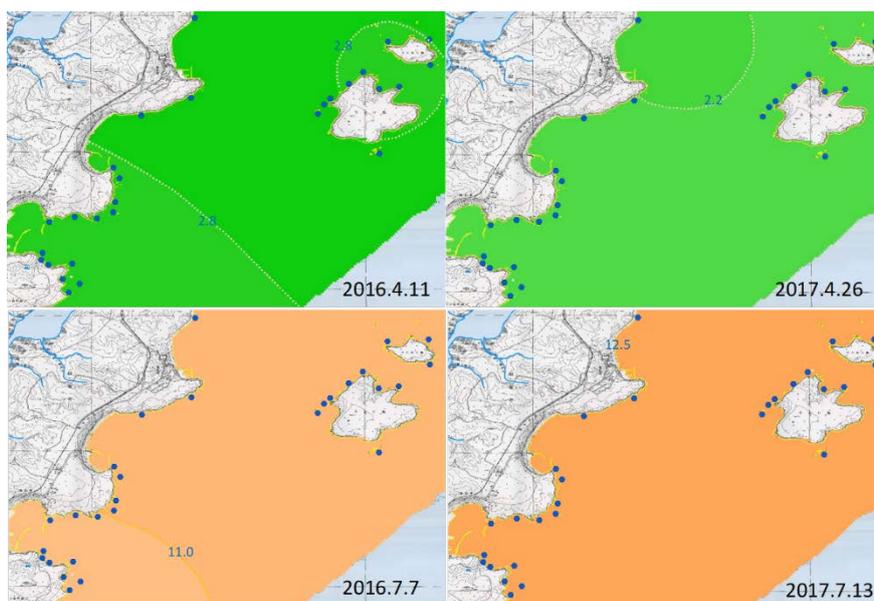


図 3-7. 衛星データソース GISST による落石地区コンブ漁場水温分布図

【今後の課題・方針】

コンブ漁期前調査データは担当者が代わると呼び名、記録の仕方、データの保管場所などが変わり、データの連続性を失うことがある。それを修正することは思いの外、多大な労力を必要とし、未だデータ整理が完了していないのが現状である。今後も引き続き現場と密接に連携をとりながらデータ整理し、完成度の高いデータベースの構築を目指す。今後コンブ漁期前調査データにおいてムラや偏りのあるデータの整理・解析手法を再検討し、さらにデータの活用幅を広げていく必要がある。コンブ生育と物理的環境要因との関わりを検討する上で漁場をいくつかのカテゴリーに分けて解析することは有効であるが、統計解析の際に漁場数が不足することがある。そのため、同様に漁期前調査を行っている近隣他地区のデータも収集し、漁場数を増やすことで漁場をいくつかのカテゴリーに分けながら十分な解析を行うことができようにする必要がある。浜辺や礫帯及び湾口に接続する漁場はコンブの生育が悪く、東側に張り出す場所に好漁場が形成されることが観察された。また、景観レベルでは漁場を島、瀬及び陸の周辺漁場に分類することもできるが、今回は考慮に入れて解析することができなかった。このような空間構造に関わる物理的環境要因をどのように定量化していくかが今後の課題であり、コンブの生育に関わる物理的環境要因を多角的かつ階層的に検討していく必要がある。

水温データにおける時空間的な広がり担保するためには実測値では限界があり、衛星データはそこに大きな利点がある。今後は欠損値のデータ補完を自動的に行わないデータソースを現在のみならず過去に提供されたものについても探索する必要がある。

④ 地理情報システム（GIS）を使った適地を選定・評価手法の開発

【目的】

国土数値情報及び漁場基本図など既存の地理的環境データを収集し、GIS上で水深及び底質など基本的な環境データを入力し、電子化することで空間解析を行うためのデータベースを構築する（進行管理：国立研究開発法人水産研究・教育機構北海道区水産研究所）。

【方法】

調査地域である根室市落石地区を含む縮尺 25,000 分の 1 相当の基盤地図情報（水涯線及び海岸線）を国土地理院のホームページよりダウンロードし、基盤地図情報ビューアー・コンバーター（国土地理院発行）を使ってシェープファイルに変換し、ArcGIS(10.0)に読み込み、測地・座標系を世界測地系（JGD2000）・地理座標系に設定した。一方、落石漁業協同組合の操業区域内の水深・底質を示した縮尺 25,000 分の 1 の漁場基本図を用意し、スキャンした。落石地区の水涯線及び海岸線が描かれているファイルにスキャンした漁場基本図を読み込み、基盤地図情報の水涯線及び海岸線に、漁場基本図の水涯線及び海岸線を重ね合わせた。

基盤地図情報から生成された水涯線及び海岸線と漁場基本図のそれらとが一致していることを確認した後、漁場基本図に描かれている水深線をポイントデータに置き換えながら水深の数値を手入力し、計 121,064 水深プロットを電子データ化した。また、底質については操業区域底面全体のポリゴンデータ（面データ）を底質ごとに一つずつ切り離しながら、三種類（岩石=3、礫質=2、砂質=1）の底質属性を計 1,286 個手入力することで操業区域の底質データを構築した。落石地区の漁業操業区域内にある水深及び底質のデータ入力終了した後、GIS上に構築した水深のポイントデータを用いて空間補完を行い、水深を点ではなく面で捉えることができるようにし、各コンブ漁場の水深を数値で取り出せるようにした。さらに、ここで作られた水深分布データを用いて、空間解析を行い、傾斜分布データを生成し、傾斜図を作成した。

課題③でまとめた落石地区の漁業操業区域内にあるコンブ漁場すべてを GIS データベース上にプロットし、漁場の広がりがおおよそ 200 m の範囲であると仮定した場合の平均水深、平均傾斜度及び平均底質を各漁場内からランダムに抽出されたおおよそ 300 プロットから計算した。

【結果と考察】

根室市落石地区のコンブ漁業操業区域の水深・底質を主軸とした漁場基本図の電子化に成功し、水深図、底質図及び傾斜図を得ることができた（図 4-1）。さらに、これらの図から各漁場の平均水深、平均傾斜度及び平均底質が計算された（表 4-1）。コンブ漁場は 8 m 以浅の岩石質の場所に形成され、その沖には急勾配な駆け上がりが存在することがわかった。

【今後の課題・方針】

解析に耐えうる漁場サンプル数を確保するため、コンブ漁期前調査を行っている近隣他地区についても GIS データベースの構築を行う。また、コンブ生育に関わる様々

な物理的環境要因のデータを収集し、GIS データベースに組み込むための準備を行う。

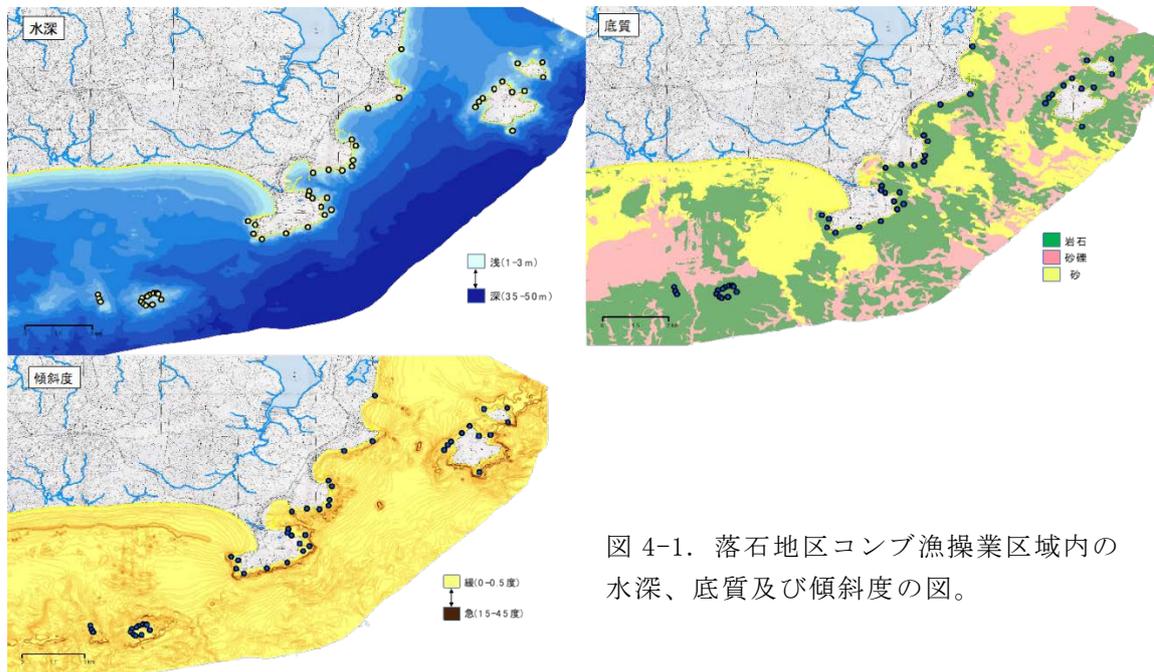


図 4-1. 落石地区コンブ漁操業区域内の水深、底質及び傾斜度の図。

表 4-1. 落石地区コンブ漁場一覧及びその漁場における平均水深、傾斜度及び底質

No.	昆布漁場	水深		傾斜度		底質	
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
1	ユルリ・屏風岩	-1.41	0.48	0.85	0.82	3.00	0.00
2	ユルリ・インカラ浜	-1.70	0.70	1.08	0.87	3.00	0.00
3	ユルリ・カシヨの浜	-1.10	0.23	0.30	0.56	2.89	0.31
4	昆布瀬・中の瀬解放区陸	-6.32	0.55	0.91	0.74	3.00	0.00
5	昆布瀬・中の瀬解放区中	-7.99	0.78	1.26	0.77	3.00	0.00
6	昆布瀬・中の瀬解放区沖	-7.75	1.23	1.55	0.75	3.00	0.00
7	昆布瀬・解放区陸	-4.90	0.35	0.55	0.59	3.00	0.00
8	昆布瀬・解放区中	-5.32	0.87	1.41	0.86	3.00	0.00
9	昆布瀬・解放区沖	-5.20	0.48	0.72	0.49	3.00	0.00
10	昆布瀬・三角陸	-4.32	0.51	0.88	0.69	3.00	0.00
11	昆布瀬・三角陸へり	-4.49	0.71	1.20	0.72	3.00	0.00
12	昆布瀬・三角下かど	-4.36	0.98	1.75	1.38	3.00	0.00
13	昆布瀬・三角根した	-4.65	0.45	0.67	0.73	3.00	0.00
14	昆布瀬・三角中	-3.40	1.26	1.46	0.97	3.00	0.00
15	昆布瀬・三角下沖	-4.62	0.82	1.23	0.94	3.00	0.00
16	昆布瀬・下の瀬港の沖	-5.09	0.42	0.69	0.46	3.00	0.00
17	昆布瀬・下の瀬港の陸	-3.78	1.06	2.32	1.72	3.00	0.00
18	モユルリ・三角	-2.91	1.30	2.27	1.82	2.85	0.35
19	モユルリ・小島	-2.02	0.06	0.14	0.34	2.89	0.32
20	モユルリ・汐原	-2.51	1.73	2.96	3.36	3.00	0.00
21	ユルリ・カモ岩	-2.30	1.22	2.13	1.90	3.00	0.00
22	ユルリ・キノコ岩	-1.76	0.76	1.26	1.23	3.00	0.00
23	ユルリ・平磯	-1.62	0.49	0.56	0.57	3.00	0.00
24	ユルリ・二つ岩	-2.56	0.45	0.97	0.77	3.00	0.00
25	ユルリ・七つ岩	-2.15	0.94	1.74	1.86	3.00	0.00
26	ズブ石	-1.36	0.43	0.45	0.62	1.62	0.93
27	昆布盛山中	-2.87	0.94	1.87	2.09	3.00	0.00
28	浜松山中	-2.53	0.74	1.46	1.69	3.00	0.00
29	穂の尻	-3.07	1.07	1.69	1.00	3.00	0.00
30	エボシ岩	-2.13	1.18	1.69	1.55	3.00	0.00
31	ナガオリ	-1.68	0.70	0.73	0.68	3.00	0.00
32	バラバラ	-2.33	0.60	0.90	0.85	3.00	0.00
33	ゴウゲン崎	-1.85	0.72	1.07	0.90	3.00	0.00
34	坂の下流の下	-2.34	0.81	1.34	1.01	3.00	0.00
35	赤灯台	-3.01	1.25	2.13	1.91	2.91	0.29
36	立岩	-3.18	0.28	0.70	1.02	3.00	0.00
37	三隻浜	-2.94	0.08	0.17	0.17	3.00	0.00
38	かげの浜	-3.14	0.11	0.10	0.17	3.00	0.00
39	メガネ岩	-3.65	0.69	1.13	1.03	3.00	0.00
40	汐原大	-5.35	1.25	2.31	2.05	3.00	0.00
41	汐原小	-3.11	0.11	0.18	0.21	3.00	0.00
42	灯台下	-3.56	0.66	1.16	1.26	3.00	0.00
43	漁子間	-3.39	0.28	0.73	0.67	3.00	0.00
44	はこだて間	-5.19	1.65	2.90	2.70	3.00	0.00
45	ナナマガリ	-5.21	2.45	3.25	2.85	3.00	0.00
46	外浜庵の下	-1.08	0.21	0.30	0.63	3.00	0.00
47	クソカゲ	-2.20	1.02	1.66	1.33	3.00	0.00
48	二つ岩	-4.88	0.99	1.59	1.39	3.00	0.00

⑤ 効率的なコンブ漁場管理手法の検討

【目的】

効率的な漁場管理手法の検討に向けて、北海道東部太平洋沿岸域の漁業協同組合及び水産技術普及指導所と意見交換を行い、漁場、コンブに関する基礎情報を整理するとともに、漁場造成・管理に関する問題点および現場ニーズの把握を行う。(進行管理：国立研究開発法人水産研究・教育機構北海道区水産研究所)

【方法】

コンブおよび漁場管理に関する基礎情報を把握するために、北海道東部太平洋沿岸の4漁業協同組合に聞き取り調査を実施した。また、現行の漁場管理手法を実施する上での問題点および現場ニーズについても情報収集を行った。

【結果と考察】

聞き取り調査を行った4つの漁業協同組合(漁協)について、いずれもコンブ漁場管理方策の基本は雑海藻の駆除となっている(表5-1)。駆除方法は、小型洗耕機、SKフープ工法(図5-1)によるものが主流で、他にチェーン振り等が実施されている。いずれも水産多面的機能発揮対策交付金(水産庁)、産地水産業強化支援事業(水産庁)および北方領土隣接地域振興等事業推進費補助金(国土交通省)等の補助金を活用し、11~3月に雑海藻駆除が行われている。駆除面積は、地先の漁場面積により大きく異なり、1~100万m²の漁場で駆除が実施されている。また、3漁協については、雑海藻駆除実施後はその場所を1年間禁漁にする措置を併せて実施している。

いずれの地先においても、雑海藻駆除を実施した場所では有用コンブ類(ナガコンブ、ガツガラコンブ)の繁茂が認められ、翌年には漁獲が可能となる。しかし、雑海藻駆除後にコンブの繁茂が認められない、もしくは想定と異なるコンブ種や雑海藻が繁茂するなど期待した効果が得られない場所も一部存在した。北海道東部太平洋沿岸では、雑海藻駆除効果を有する流氷の接岸が近年減少し、コンブと競合するアイヌワカメ、スジメ、ホンダワラ類等の雑海藻が増加しているが、これら雑海藻を人為的に駆除することでコンブ類を繁茂させ、漁場を好適な状態に保つことが可能であると考えられる。また、雑海藻駆除により海底面の光環境を改善することで有用コンブ類の繁茂

表5-1. コンブ漁場管理に関する聞き取り調査結果

	コンブ漁場の管理手法	雑海藻駆除面積、地域	実施時期	活用されている国、都道府県、市町村の補助金	問題点	要望等
A漁業協同組合	雑海藻駆除 【駆除翌年は禁漁】	約20万m ²	11月~3月	・産地水産業強化支援事業(水産庁) ・北方領土隣接地域振興等事業推進費補助金(国土交通省)	特になし	特になし
B漁業協同組合	雑海藻駆除 【駆除翌年は禁漁】 (SKフープ、洗耕機) (10年サイクルで駆除)	約1万m ²	11月~12月	・水産多面的機能発揮対策交付金(水産庁) ・産地水産業強化支援事業(水産庁) ・北方領土隣接地域振興等事業推進費補助金(国土交通省)	・スガモが増加。 ・砂が増加 (砕石場の影響?)	コンブの身入りの良否の要因の解明
C漁業協同組合	雑海藻駆除 (SKフープ、洗耕機)	7~8万m ²	12月~3月	・水産多面的機能発揮対策交付金(水産庁) ・産地水産業強化支援事業(水産庁) ・北方領土隣接地域振興等事業推進費補助金(国土交通省)	特になし	特になし
D漁業協同組合	雑海藻駆除 【駆除翌年は禁漁】 (洗耕機、チェーン振り)	約100万m ²	11月下旬~1月末	・水産多面的機能発揮対策交付金(水産庁)	・場所によりコンブが密集すると身が入りにくい。 ・コンブの早期の未枯れ	近年減少しているネコアシコンブに関する調査・研究

が認められることから(名畑 2003)、有用コンブ類の遊走子・配偶体は岩礁表面にある程度存在していると推察される。したがって、有用コンブの生育に好適な場所を選定(適地選定)し、確実に雑海藻駆除を実施することで効率的に有用コンブ類を繁茂させ、コンブ漁業・漁場を良好に保つことが可能であると考えられる。

【今後の課題・方針】

引き続き他の漁業協同組合についても聞き取り調査を実施し、道東太平洋沿岸のコンブ漁場管理に関する基礎情報と問題点、現場ニーズを把握・整理するとともに、課題④で開発されるコンブの適地選定・評価手法を組み入れた効率的な漁場管理手法を検討する。

【参考文献】

名畑進一(2003) III.2.3 コンブ漁場の造成と管理. 藻場の海藻と造成技術(能登谷正浩 編著), pp.209-216.



図 5-1. 雑海藻駆除の様子
(SK フープ工法)

5. 委員会などの設置・運営

以下のとおり、実施したので報告する。

○ 担当者会議

第1回担当者会議

開催日：2017年5月15日

場所： 国立研究開発法人水産研究・教育機構北海道区水産研究所釧路庁舎会議室

参加機関： 北海道区水産研究所、北海道立総合研究機構・釧路水産試験場、中央水産試験場

概要：本年度の実施課題について、各担当機関が調査・実験計画について発表を行い、スケジュールや問題点について確認した。

第2回担当者会議

開催日：2017年10月26日

場所： 国立研究開発法人水産研究・教育機構北海道区水産研究所札幌庁舎会議室

参加機関： 北海道区水産研究所、北海道立総合研究機構・釧路水産試験場、中央水産試験場

概要：本年度の実施概要及び成果について各担当機関から報告し、調査・実験の進具合、問題点を確認した。

○ 年度末報告会

開催日：2018年3月9日

場所： 水産庁中央会議室

概要： 本年度の事業の取り組み・成果を説明し、評価委員から助言をいただいた。

6. 漁業協同組合、漁業者との意見交換

以下のとおり、実施したので報告する。

2017/5/26 落石漁業協同組合

2017/5/26 根室地区水産普及指導所

2017/6/5 釧路市東部漁業協同組合

2017/6/6 根室市水産経済部水産振興課

2017/11/14 釧路市東部漁業協同組合

2017/12/7 浜中漁業協同組合

2017/12/15 昆布森漁業協同組合

2017/12/19 根室漁業協同組合

2018/2/28 落石漁業協同組合コンブ部会