

北海道南西部磯焼け地帯の囲い礁による ホソメコンブ群落の形成条件

桑原久実*・金田友紀**・川井唯史***

1. はじめに

北海道南西部の日本海側では、キタムラサキウニが高密度に生息し、ホソメコンブ等の有用海藻がほとんど見られず、“磯焼け”が発生している。このため、ウニ、アワビなどの餌料海藻が極端に不足し、成長や身入りが悪く、沿岸漁業に深刻な問題を与えている。

磯焼けの要因については、1) 水温、2) 栄養塩、3) ウニの摂餌などの説があげられている。水産試験場の研究(1994)でも、ホソメコンブの漁獲量は水温などの海洋環境に依存し、ウニの食圧が大型海藻群落の形成と密接に関係していることがわかっていく。また、最近、ウニの食圧(ウニが海藻を食べる強さ)は、波浪や水温に影響されることがわかってきた(川俣, 1994)。このように、磯焼け現象は、一つの要因による単純なものでは無く、複数の要因が複雑に絡み合っていると言える。

磯焼けの対策については、現在、主に海藻を繁殖させるため石材や囲いブロック(以下、囲い礁)の設置が行われる。しかし、設置直後は海藻が見られるものの、2～3年経つと元の磯焼け状態に戻る場合もあり問題である。上述のような磯焼けの要因を制御して藻場造成を行うことが考えられるが、水温、栄養塩は人為的に制御することが困難であり、ウニの除去は潜水作業を伴い多大な労力を必要とする。磯焼け対策は、磯焼け現象のメカニズムを明らかにし、その中から人為的に制御可能なものを見つけ出し、それに基づいて的確に行う必要がある。

ウニやアワビの餌料となる海藻にはいろいろあるが、成長や身入りに効果的なのは、大型1年生海藻のホソメコンブである(名畑ら, 1999)。このため、磯焼け海域では限られるが、毎年ホソメコンブ群落の見られる場所に注目し、その形成条件について詳細な検討を行っている。

北海道忍路湾における研究では、ホソメコンブの群落形成には、冬期、時化のためウニの食圧が低く、配偶体や幼芽が保護され、夏期、波が静穏なためウニの食圧が高く雑海藻を食べ尽くす(多年生海藻に遷移しない)よ

うな環境が必要であることがわかった。(桑原・川井, 1998; 桑原ら, 2000)。

また、北海道寿都町美谷地区に設置された囲い礁(1982～1983年設置)の研究では、ホソメコンブの群落形成には上述の忍路湾での知見に加え、3～5月、9～10月頃の波浪流速を大きくし、ウニの食圧を低く抑える必要のあることが明らかとなった(桑原・川井, 1999)。現在、囲い礁の設計指針は、基質の安定性に重点がおかれ、海藻の生育条件について、ほとんど示されていない。囲い礁において毎年ホソメコンブ群落を形成する条件を明らかにし設計条件に加える必要がある。

本研究は、まず、磯焼け海域に設置された積丹町の野塚と西河、寿都町的美谷と有戸の4つの囲い礁について、ホソメコンブの生育状況、波当たり及びウニの食圧との関係を考察する。次に、ウニの食害を抑えコンブ群落を形成させるには、どの程度の底面波浪流速が必要であるか明らかにする。最後に、寿都湾の沿岸海域をモデルに、得られたホソメコンブ群落の形成条件(波浪流速)を用いて、ホソメコンブの生育可能領域と水深の算定を行う。

2. 現地調査の概要

図-1の様に北海道南西部にある4つの囲い礁についてホソメコンブの生育状況調査を行った。漁業者や水産普及指導所などの情報によると積丹町の野塚と西河、または寿都町的美谷と有戸の囲い礁(施工後5年以上経過)は、近隣にあり(水温や栄養塩は同一)ながら、ホソメコンブの生育に大きな違いが認められ、野塚と美谷は、ホソメコンブの生育は良いが、西河と有戸は悪く磯焼け



図-1 調査対象に設定した4地区の囲い礁

* 正会員 農博 北海道立中央水産試験場 水産工学室生体工学科
** 北海道立中央水産試験場 水産工学室生体工学科
*** 農博 北海道立中央水産試験場 資源増殖部 増殖科

表-1 計算に用いた波浪特性 (月別平均有義波)

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
波高 (m)	1.73	1.55	1.11	0.82	0.63	0.40	0.38	0.43	0.59	1.14	1.60	1.77
周期 (s)	6.4	6.2	5.7	5.4	5.1	4.5	4.8	4.8	5.2	5.8	6.3	6.6
波向 (°)	310	310	310	280	280	280	280	280	290	290	300	310

(1983 年～1995 年の瀬棚港でのデータによる。波向きは、北を 0°とし時計回りを正とした。)

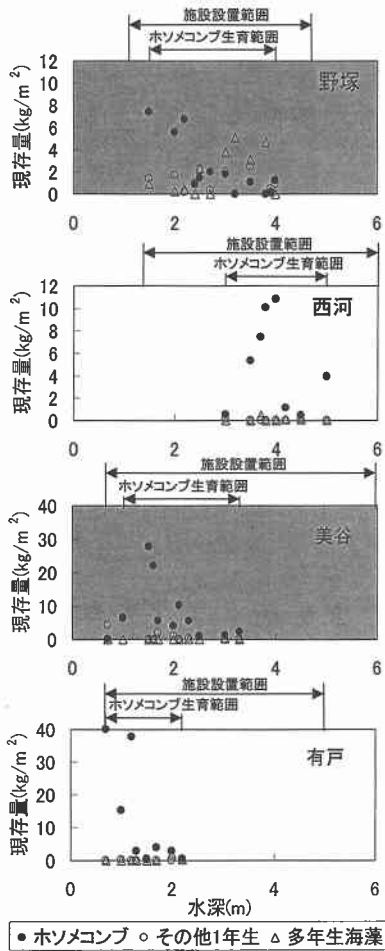


図-2 囲い礁における海藻現存量と水深の関係

状態にあると言われている。

調査は、SCUBA 潜水によりホソメコンブの生育水深と現存量 (枠取り調査、0.5 m×0.5 m) であり、1999 年 7 月上旬に実施した。

3. 解析手法の概要

3.1 底面波浪流速

囲い礁において、ホソメコンブが生育している場所の底面波浪流速は次のように算出する。

換算沖波の算定は、まず方向集中度パラメーター S_{max}

を求め、エネルギー分散法により対象地点に来襲するエネルギー分布率 D_i を算定し、各成分波について屈折係数 Kr_i と回折係数 Kd_i を求め次式により算定する。

$$H_0 = \sqrt{D_i (Kr_i \cdot Kd_i)^2} \cdot H_b \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 H_0 : 換算沖波波高 (m)、 H_b : 沖波波高 (m)、 i : 方向を示す。

水深による波高の変化は、碎波後も含めて合田の碎波指標 (1975) で求め、底面波浪流速 u は微小振幅波理論により算出する。

3.2 ウニの食圧

ウニが海藻を食べる際、波浪や流れなどの影響を強く受ける。ウニの摂食と波浪流速の関係は、川俣 (1994) により求められている。ウニ食圧は、次式のように振動流中と静水中での摂食速度の比で表している。

$$F_u = 1 - \exp \left[- \exp \left(- \frac{u - 27.1}{4.27} \right) \right] \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 F_u : ウニ食圧、 u : 底面波浪流速 (cm/s) である。ウニ食圧は、0～1 の値をとり、0 に近いほど食圧が低いことを示している。ウニの食圧は、流速が約 20 cm/s までは静水状態と変わらず 1.0 と高いが、それ以上の流速になると急に減少し、40 cm/s では 0.0 付近となり著しく低くなる。

3.3 ホソメコンブ生育可能領域と水深の予測

まず、現地調査で得られたホソメコンブの生育場所とその場所の底面波浪流速の関係を求め、ホソメコンブの生育可能な流動の条件を明らかにしておく。

次に、寿都湾の沿岸域をモデルにし、エネルギー平衡方程式を用いて波浪場を計算し、底面波浪流速を求め、ホソメコンブの生育可能流速を満たしている場所と水深を明らかにする。

なお、解析に用いた波浪特性は、表-1 の様に瀬棚港 (水深 50 m) で得られた 1983～1995 年の平均有義波である。ウニ摂餌活動は、その場の平均的な波浪環境が効くと考え平均有義波を用いた。

4. 結果および考察

4.1 ホソメコンブの分布水深と現存量

図-2 は、上から順に、野塚、西河、美谷及び有戸の囲い礁で得られた 7 月の海藻現存量と水深との関係であ

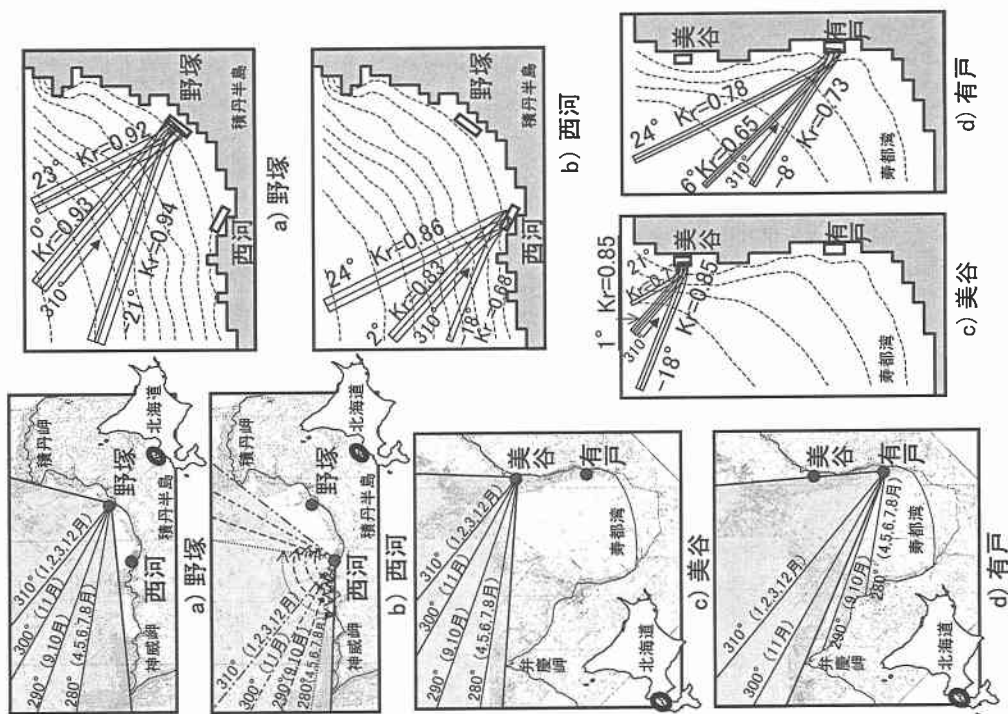
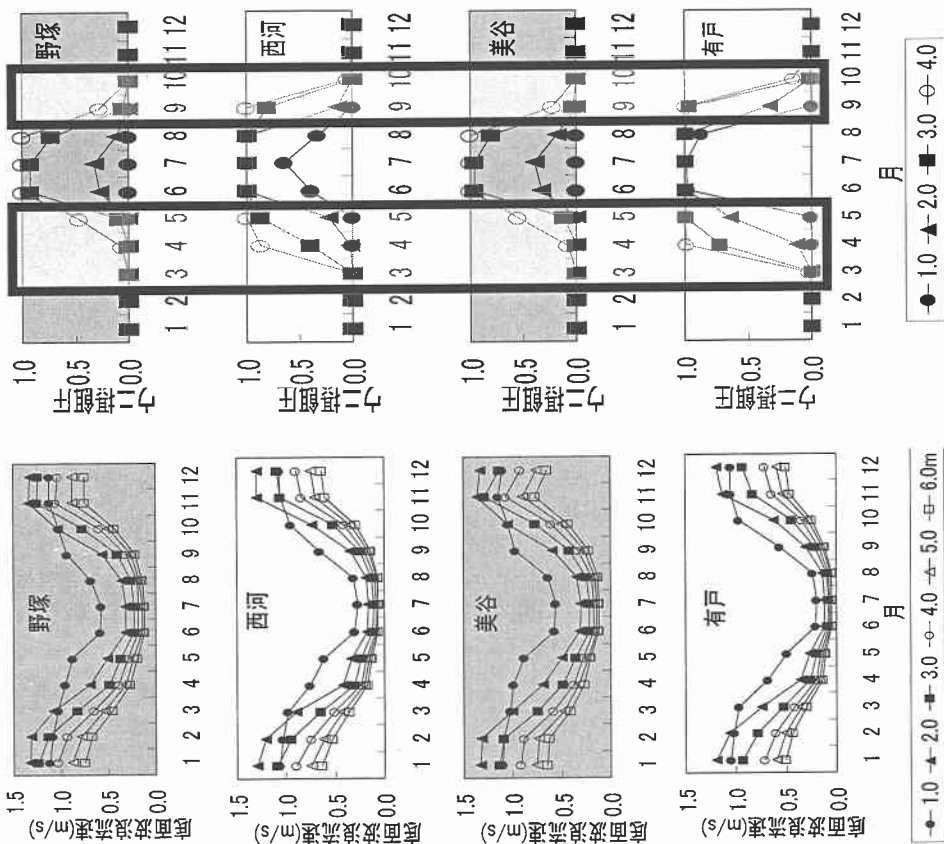


図-3 エネルギー入射領域

図-4 成分波毎の屈折係数 K_r (1月)

図-5 水深別の底面波浪流速変化

図-6 水深別のキタムラサキウニ摂餌圧



る。

野塚は、水深1.1~4.7 mに囲い礁があり、ホソメコンブは水深1.3~4.0 mのほぼ全域に分布している。また、他の礁と比較して多年生海藻が多く見られる。

西河は、ほぼ全域が磯焼け状態にあるが、水深3~5 mで砂の影響を強く受ける（石材の上面以外は埋没している）領域に限ってホソメコンブの生育が認められる。これは、砂がキタムラサキウニの行動を制御し、ウニの食圧が石材の上面で低いためと考えられる。

美谷は、水深1.1~6.0 mに囲い礁があり、このうち水深1.1~3.5 mにホソメコンブの生育が見られる。既に桑原・川井ら（1999）が報告しているように、岸の囲い礁と潜堤は、コンブの現存量が高いが、沖の囲い礁は磯焼け状態にある。

有戸は、水深0.7~5.0 mに囲い礁があり、ほぼ磯焼け状態にある。このうち水深0.7~2.0 mの極浅所に限りホソメコンブの生育がみられる。

以上のように、漁業者や水産普及指導所から得た情報の通り、野塚と美谷の囲い礁はホソメコンブの生育が良く、西河と有戸は悪いことがわかる。

4.2 底面波浪流速とウニ食圧

図-3a)~d)は、順に、野塚、西河、美谷及び有戸の囲い礁の位置と波浪エネルギーの入射領域を表している。波浪の主方向も月毎に示してある。西河は野塚に比べ、神威岬で波浪エネルギーの入射領域が大きくカットされる。また、有戸は美谷に比べ寿都湾の湾奥にあるため弁慶岬で大きくカットされることがわかる。

図-4は、成分波毎の屈折係数 (K_r) を1月について見たものである。西河は野塚に比べ、屈折係数が小さく、特に西からの成分波は小さくなる。また、有戸は美谷に比べ、小さいことがわかる。

図-5は、囲い礁での底面波浪流速を求めたものである。図-3や図-4の結果から推察されるように、野塚は西河より、美谷は有戸より波浪流速が大きく現れていることがわかる。

図-6は、図-5で得られた波浪流速を用いてウニ食圧の年変化を示したものである。いずれの囲い礁も、冬期はウニ食圧が小さく、夏期は大きくなり同様な傾向が認められる。しかし、3~5月あるいは9~10月のウニ食圧を見ると、西河と有戸は、野塚と美谷に比較して、大きくなっていることがわかる。これは、桑原・川井(1999)が得た結果と全く同様で、この時期のウニ食圧の大小が、その後の海藻群落形成に大きく影響するものと考えられる。

4.3 囲い礁におけるホソメコンブ群落の形成条件

波浪によるウニ食圧の制御が、ホソメコンブ群落の形成に重要であることがわかったが、どの程度の波浪流速

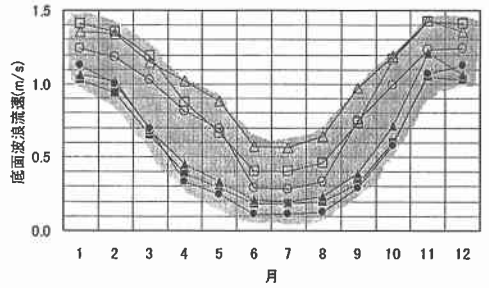


図-7 囲い礁において7月でもホソメコンブが生育していた場所の底面波浪流速の年変化
(□:野塚, △:美谷, ○:有戸, 黒は最小値, 白は最大値を示す。)

に制御すればよいのか、明らかにする必要がある。

図-7は、囲い礁においてホソメコンブが見られた領域の最大と最小の底面波浪流速を示している。但し、砂の影響が強く現れた西河は除いてある。

この図に示した波浪流速の範囲になるように、囲い礁を設計すれば、ウニの食圧を抑え、毎年ホソメコンブ群落が形成するものと考えられる。

4.4 ホソメコンブの生育可能領域と水深の予測

以上の結果をもとに、寿都湾全域の波浪解析を行いホソメコンブが生育する領域とその水深を予測したのが図-8である。波浪は主に、北西から来襲するので、北に突き出した弁慶岬で波浪エネルギーが大きくカットされ湾内は静穏になる。このため図-7で示した波浪流速を満たす領域と水深は、磯谷や美谷、弁慶岬などの湾外では水深2.0~3.5 mであるが、湾内になるに従い浅くなり有戸では、0.5~1.0 m、六条や矢追では、あまり見あたらない。

この結果は、当然、高上げ高さの算定する際にそのまま用いることができる。この様に、波当たりにより高上げ高さを変える必要があることがわかる。囲い礁などホソメコンブの造成を計画する場合、事前に、このような解析を行い、コンブの生育可能領域と水深を求めておき、検討する必要がある。

5. おわりに

磯焼け海域の囲い礁におけるホソメコンブの生育機構を解明するため、北海道南西部に設置された囲い礁に注目し、現地調査や数値モデルを用いて検討した結果、次のことが明らかとなった。

1) 積丹町の野塚と西河、または寿都町的美谷と有戸の囲い礁（施工後5年以上経過）は、近隣にあり（水温や栄養塩は同一）ながら、ホソメコンブの生育に大きな違いが認められ、野塚と美谷は、ホソメコンブの生育は良いが、西河と有戸は悪く磯焼け状態にある。

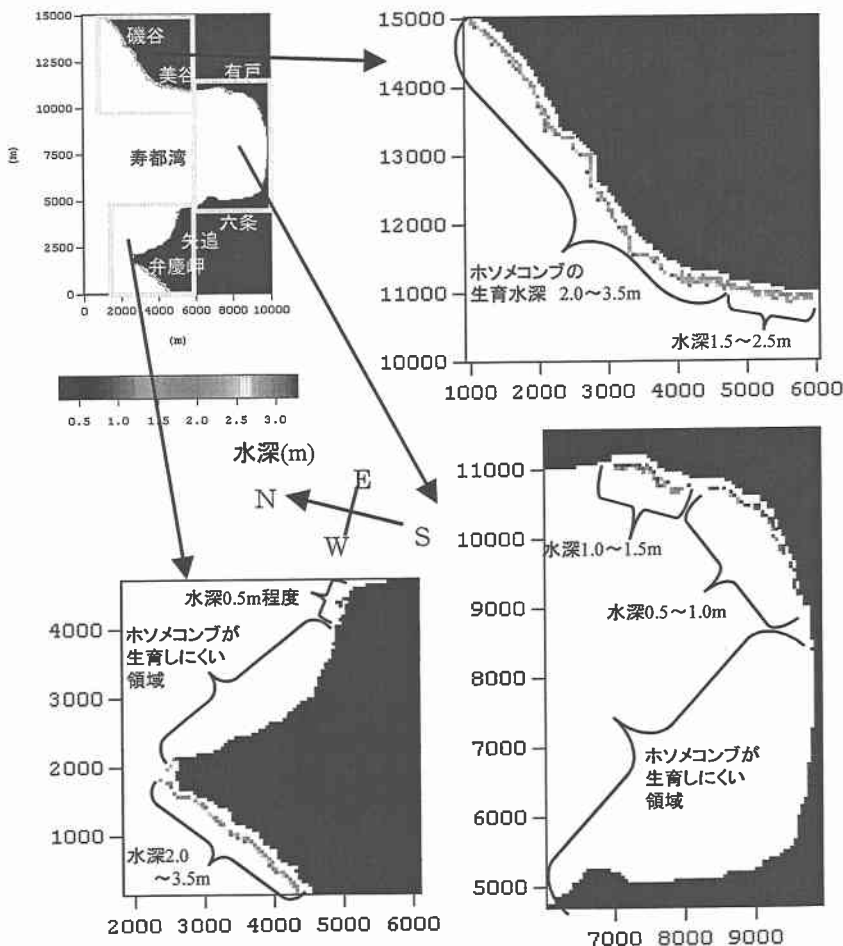


図-8 ホソメコンブ群落が形成すると予測される領域と水深

2) 波当たりからウニの食圧を計算すると、いずれの囲い礁も、冬期はウニ食圧が小さく、夏期は大きくなる傾向にあるが、3～5月あるいは9～10月のウニ食圧を見ると、西河と有戸は、野塚と美谷に比較して、大きく、この時期のウニ食圧の大小が、その後の海藻群落形成に大きく影響するものと考えられる。

3) ウニの食害を制御するために必要な底面波浪流速を求めた結果、図-7が得られた。この流速を満足するような環境を造れば毎年ホソメコンブが形成される。

4) 北海道南西部磯焼け海域において、ホソメコンブの生育可能領域と水深を予測する方法を、寿都湾の沿岸域をモデルに解析を行った。

参考文献

川俣 茂 (1994): 磯根漁場造成における物理的攪乱の重要性,

水産工学, 31, 2, pp. 103-110.

桑原久実・川井唯史 (1998): 北海道忍路湾における波浪, ウニの摂食および海藻の関係, 海岸工学論文集, 第45巻, pp. 1071-1075.

桑原久実・川井唯史 (1999): 北海道寿都町美谷海域の沿整施設におけるホソメコンブ群落の形成条件, 海岸工学論文集, 第46巻, pp. 1166-1170.

桑原久実・金田友紀・川井唯史 (2000): 磯焼け海域におけるホソメコンブ群落の形成機構とそれに基づく対策, 水産工学講演会要旨集, pp. 73-76.

合田良実 (1974): 浅海域における波浪の碎波変形, 港湾技術研究所報告, 14, pp. 59-106.

北海道 (1994): 海域特性総合利用技術開発調査報告書 (磯焼けグループ), 海域特性総合利用技術開発調査事務局, 68 p.

名畑進一・干川 裕・酒井勇一・船岡輝幸・大堀忠志・今村琢磨 (1999): キタムラサキウニに対する数種海藻の餌料価値, 北海道立水産試験場研究報告, 54, pp. 33-40.