

ウォータージェットを用いた藻場の修復

上野信平¹・松永育之²・社家間太郎²・舟越善隆²
(¹東海大学海洋学部・²東海アクアノーツ)

ウォータージェットを用いた藻場の修復

上野信平¹・松永育之²・社家間太郎²・舟越善隆²

(¹東海大学海洋学部・²(株)東海アクアノーツ)

概要:本研究では、ウォータージェット(WJ)を用いた藻場の修復方法を検討することを目的とした。磯焼け帯2地点で、5×4mの範囲の無節サンゴモ類を部分的に残しながらWJで剥離し、調査は2001年7月～2003年4月に計7回SCUBA潜水により実施した。調査期間に確認された海藻は計22種であった。WJ処理の2年後には種数が約3倍に増加した。WJ区では調査期間を通して対照区より種数は多く、被度も高かった。またWJ処理後に形成された海藻群落の多様性は、対照区と比較してしだいに高くなった。WJ処理は、対象海域の環境的理解の上で実施することが重要であると考えられた。

キーワード:ウォータージェット・磯焼け・藻場造成・修復

1. はじめに

近年、日本各地で磯焼けが発生し、藻場や有用海藻が衰退、消滅し社会問題となっている。磯焼けは藻場に依存する水産有用種の減少を招き、沿岸漁業に深刻な問題を与えている。磯焼けの発生要因には海況変動、植食動物の摂食圧など諸説があるが、明確な原因は解明されておらず、磯焼け対策は今後の重要な課題である。

すでに全国各地で磯焼け対策として、自然石や藻礁ブロックなどのコンクリート構造物の投入、人工リーフの設置などの大規模な藻場修復事業が行なわれている。これらの対策は海藻類の新たな着生基盤を生みだし一定の効果は得られている。しかし大規模な藻場修復事業は、経済的負担が大きいだけでなく、コンクリート構造物の設置や投石により、そこに生息するすべての動植物を下敷きにしてしまうなどの問題がある。この点に関してはウォータージェットを用いて磯焼けした岩から無節サンゴモ類を剥離する方法は優れている。青森県では、ウォータージェットノズルとテレビカメラを備えた無人による水中ビートルを用い、岩の表面に繁茂した雑海藻を除去するシステムが開発され、除去後にコンブ *Laminaria* sp. の着生も確認されている¹⁾。しかし青森県での方法は、実用化するには省力化、機動性などの問題点があった。また、潮間帯で使用された例としては、ヒジキ *Hizikia fusiformis* 漁場の清掃がある²⁾。この例でもウォータージェットの利用が有効であり、ヒジキと競合する海藻の選択的除去が容易であることが報告されている。このようにWJを利用した例はいくつかあるものの問題も指摘されており、さらに検討が必要である。

そこで本研究では、磯焼け帯において、藻場の回復手法としてのウォータージェット処理の有効性を明らかにすることを目的とした。

2. 調査地点の概略と方法

実験海域は長崎県松浦市青島地先のノ一瀬で、約30の岩が海面より突出した海域である全体としてみれば水深7mまでは巨岩と直径0.2～1mの転石が重積し、それ以深は砂地に

転石が散在する海底である。

実験区の磯焼け帯は、汀線からほぼ垂直に深くなった水深 6.2~7.4mの転石帯で、比較的平坦な地形である(図-1)。この磯焼け帯において、2001年5月26~31日に、5×4mの範囲の無節サンゴモ類 *Melobesioideae* をWJ(ウォータージェット)で剥離し、WJ区とした。これとは別にWJで岩の表面を剥離しない対照区を設定した。このWJ区と対照区において、1×1mの方形枠内の海藻を観察し、その被度を目視で求めた。

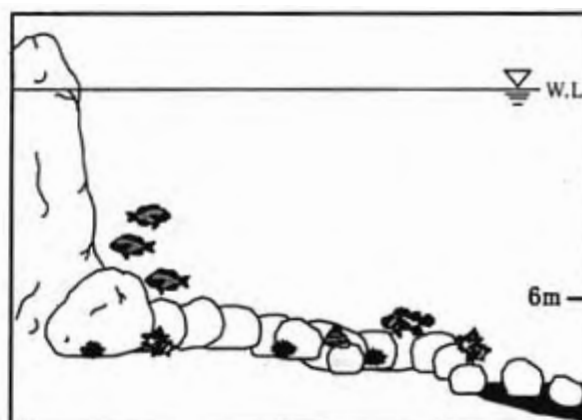


図-1 調査地点の概略

調査は2001年7・10月と2002年2・6・9・12月、2003年4月の計7回SCUBA潜水により実施した。WJは、ポンプから吐出する水をノズルの径を絞ることにより高压とし、噴出水の速度を速めて大きな衝動力を生み、対象物を切断したり剥離したりする方法である。今回用いたWJは、射程距離を長くするため空気と水を同時に噴射する気水噴流を用い、WJの噴射方向とは別に反対方向へも噴射することで、噴射時の反動を押さえた(写真-1)。今回の実験で用いたWJ用ポンプは吐出圧力 250kg/cm²、流量 150l/min、馬力 9.7 (PS)、寸法 90 (L) × 62 (W) × 68cm (H)、重量 95kgと小型であるため小型漁船に積載でき、汀線付近での作業が可能である。WJ区では岩の表面から無節サンゴモ類を部分的に剥離した。これは、完全に剥離するよりも部分的に剥離するほうが生態系に中程度の攪乱が生じ、生物生産はむしろ高くなることによる^{3~6)}。



写真-1 WJによる剥離状況

3. 結果と考察

3-1. 出現海藻

実験海域は無節サンゴモ類が卓越し、マクサ *Gelidium elegans* やテングサ属 *Gelidium* sp.、カキノテ属 *Amphiroa* sp. がわずかにみられる小規模な磯焼け帯である。この磯焼け帯の周辺には主にホンダワラ *Sargassum fulvellum* とノコギリモク *Sargassum macrocarpum* で構成された小規模なガラモ場がある。

2001年7月から2003年4月までに実施した計7回の調査で着生が確認されたのは、緑藻2種、褐藻4種、紅藻16種の計22種であった(表-1)。

種数は、WJ処理後2ヵ月の7月の4種から翌年2月には10種に増加し、その後は12月まで安定して推移した(図-2)。翌年4月には13種とさらに増加した。一方、対照区は、全体として増加傾向にあるが、2001年7月と10月以外、WJ区を上まわることはなかった。

すなわち、WJ区は、対照区と比較して種数が多く、特に調査期間中の2回目の冬季に種数がさらに増加したことは、WJ処理による効果であることは明らかである。

表-1 実験区に出現した着生海藻と被度 (%)

和名	学名	WJ区						対照区							
		2001		2002		2003		2001		2002		2003			
		July	Oct.	Feb.	June	Sep.	Dec.	Apr.	July	Oct.	Feb.	June	Sep.	Dec.	Apr.
緑藻植物門															
アオサ属	<i>Ulva</i> sp.			+	+										
シオグサ属	<i>Cladophora</i> sp.							+							+
褐藻植物門															
フクロノ	<i>Colpomenia sinuosa</i>			+				+		+	+				+
クロメ	<i>Ecklonia kurome</i>					+	+								
ホンタワラ	<i>Sargassum fulvellum</i>				5	50	70	50				5	20	5	5
アカモク	<i>Sargassum horneri</i>	20	+	5	10	5	+	20		+		+	5	20	20
紅藻植物門															
ソデカラム	<i>Actinotrichia fragilis</i>														+
ヒラカアラカ属	<i>Galaxaura</i> sp.														+
マクサ	<i>Gelidium elegans</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
テングサ属	<i>Gelidium</i> sp.		+	20	50	+	+	5		+	+	20	5	+	5
カニテ属	<i>Amphiroa</i> sp.					+	+			+	+	+	+		
無節サンゴモ類	Melobesioideae	30	60	50	30	40	30	20	90	90	80	70	70	70	70
フイリグサ	<i>Halymenia dilatata</i>				+										
タンハノ	<i>Pachymeniopsis elliptica</i>			+				+							
ムカデノ科	Halymeniaceae			+											
イワノカワ科	Peyssonneliaceae	+	+	+	+	+	+	5	+	+	+	+	+	+	+
カイノ	<i>Chondracanthus intermedius</i>			+			+	+	+	+	+	+	+	+	+
イハラノ属	<i>Hypnea</i> sp.							+							
ホノユカリ	<i>Plocamium leptophyllum</i>					+									
アミクサ	<i>Ceramium boydenii</i>							+							
イギス科	Ceramiales			+	+	+	+						+	+	+
ソゾノ属	<i>Laurencia</i> sp.				+										

"+"は被度5%未満を示す。

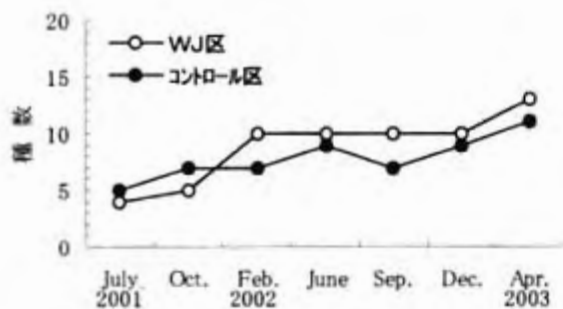


図-2 実験区に出現した海藻の種数

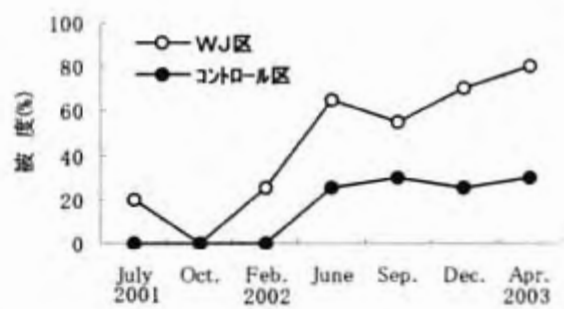


図-3 実験区に出現した海藻の被度 (%)

無節サンゴモ類以外の海藻類の被度は、WJ区で7月の20%から10月には5%未満まで激減するが、翌年2月には25%にまで増加し、6月には65%と急増した(図-3)。9月には55%と若干減少するが、翌年4月にかけて再び80%にまで達した。一方、対照区では、7月から翌年2月まで5%未満の着生しかみられず、その後6月には25%と増加するものの、翌年4月まで25~30%と低位安定であった。

WJ処理後2カ月の7月では、対照区で無節サンゴモ類が90%と卓越しているのに対し、

WJ区では大型海藻のアカモク *Sargassum horneri* の幼体が多数着生し、被度も20%となっている。これはWJ処理により新たに着生基盤ができたことによることは明らかである。しかし、着生したアカモクのすべてが生長することは希で、その後の被度の低下はアカモクの個体数の低下によるものである。また翌年の2月から6月にかけての被度の増加は、テングサ属の着生に起因し、6月の被度65%のうち50%はテングサ属である。その後テングサ属は9月に急減したが、かわりに大型海藻のホンダワラが50%と卓越し、12月には70%にまで増加した。翌年4月にはアカモクの被度も増加がみられ、全長5~6mにまで生長した。その他に実験区の周辺には少ないクロメ *Ecklonia kurome* も着生した。対照区では調査期間を通して無節サンゴモ類が70~90%と卓越していたが、調査開始から1年後の2002年6月から翌年4月にかけては、WJ区と同様にホンダワラやアカモク、テングサ属が5~20%着生した。しかしWJ区と比較して被度の増加は小さかった。

したがって、対照区と比較してWJ区では種数が調査期間を通して多く、被度も高く、実験区周辺には少ないクロメもWJ区に着生したことはWJ処理の効果と推察される。伊豆半島の下田でも、WJ処理によりアマノリ *Porphyra* sp. とマクサの現存量の増加や、石灰藻区で出現種類数が大幅に増加し、カジメ *Ecklonia cava* 幼体の出現からカジメ群落への方向性が示された報告がある⁶⁾。

3-2. 海藻群落の構造と構成

海藻群落の構造を Shannon-Weaver の多様度指数 H' でみると、WJ区では7月の2.32から翌年の9月にかけて増加して4.00と最大となり、その後減少し2003年4月では2.79となった(図-4)。これに対し対照区では7月に3.29と最も高く、10月には2.25と急減するが、再び翌年の9月にかけて緩やかに増加して3.20となった。その後緩やかに減少し2003年4月には2.85となった。

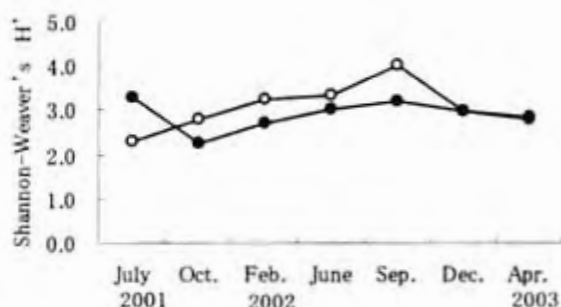


図-4 実験区における海藻群落の構造的推移

すなわちWJ処理後に形成された海藻群落の多様性は、2002年9月にかけてしだいに高くなり、対照区と比較して複雑な群落構造となった。

Horn の重複度指数 R_0 を用いてWJ区と対照区の間での海藻群落間の構成的類似性をみると、 R_0 は7月の0.72から10月にかけて急増して0.98と最も高くなり類似性が高いが、翌年の2月には0.78と減少し、再び9月にかけて増加して0.88と類似性は高くなった(図-5)。その後12月には急減して0.57と最も類似性が低くなるが、翌年4月

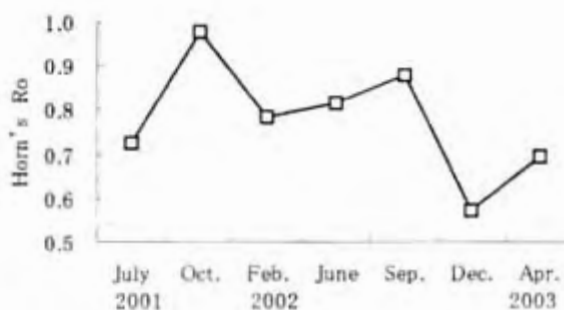


図-5 実験区における海藻群落の構成的類似性

には 0.69 と再び増加するなど変動が大きく不安定であった。2001 年 7 月に類似性が低いのは、対照区で調査期間を通して無節サンゴモ類が、被度 70~90%と卓越していたのに対し、WJ 区ではアカモクが被度 20%も着生したことで、無節サンゴモ類も WJ 処理により 30%と少ないことによる(表-1)。すなわち、WJ 処理により対照区と大きく異なる群落となったことが明らかである。また 10 月では、アカモクの個体数が減少したことにより被度が低下したことに加え、無節サンゴモ類が 60%と卓越したことが、調査期間を通して最も類似性を高くした。その後も類似度は増減を繰り返し不安定であるが、これは WJ 区での出現海藻の項で述べたように、2002 年 6 月にテングサ属が卓越し、12 月にはホンダワラが 70%と卓越するなど、群落の主要構成種が調査月ごとに異なることが主因である。このように WJ 区と対照区で海藻群落の構成的類似性の変動が大きいことは、磯焼けの主因である無節サンゴモ類が WJ により剥離され、磯焼け帯の海藻群落に攪乱が生じたことを示している。つまり WJ 区では新たな海藻群落が形成され始めていると考えられる。このことは WJ 区で群落構造の多様性が、しだいに高くなってきていることから支持されよう。ただし、今回の報告からは割愛したが、同時に WJ 処理をした別の地点では、想定した成果が得られなかった。これは WJ 処理を同時に実施しても地点による波当たりや、周囲の海藻群落の質的、規模的な相違、また海底の基質の相違など、環境的な相違が考えられる。このことは、回復させようとする磯焼け帯の環境的特性の理解の重要性を示唆している。WJ の使用にあたっては、対象海域の環境的理解の上に、WJ による処理、すなわち剥離の程度を決定し、実施することが重要である。

4. まとめ

- (a) 長崎県松浦市青島地先のノー瀬の磯焼け帯において、2001 年 5 月 26~31 日に、5×4m の範囲の無節サンゴモ類を WJ (ウォータージェット) で剥離した。使用した WJ 用ポンプは小型で 2~3t の小型漁船に搭載可能で、大型船舶の航行困難な浅海域でも使用可能である。
- (b) 2001 年 7 月から 2003 年 4 月までに実施した計 7 回の調査で着生が確認されたのは、緑藻 2 種、褐藻 4 種、紅藻 16 種の計 22 種であった。種数では WJ 区で、2001 年 7 月の 4 種から 2 月には 10 種、さらに翌年の 4 月には 13 種と約 3 倍に増加した。したがって、調査期間に冬季を 2 回経過した結果からみて、この種数の増加は、海藻類の季節的消長、つまり冬季に繁茂することを考慮しても WJ 処理による効果であることは明らかである。
- (c) WJ 処理後 2 ヶ月の 7 月では、対照区で無節サンゴモ類が卓越しているのに対し、WJ 区では大型海藻のアカモクの幼体が多数着生し、被度も 20%となっていた。これは WJ 処理により新たに着生基盤ができたことによることは明らかである。種数が調査期間を通して対照区より WJ 区のほうが多く、実験区の周辺には少ないクロメも WJ 区に着生したことは WJ 処理によるものと推察された。
- (d) WJ 処理後に形成された海藻群落の多様性は、しだいに高くなり、対照区と比較して複雑な群落構造となった。
- (e) 同様な WJ 処理を施しても、磯焼け帯の海藻群落の変遷は相違した。このような相違が生じた原因として、地点による波当たりや、周囲の海藻群落の質的、規模的

な相違，また海底の基質の相違など，環境的な相違が考えられた．すなわち回復させようとする磯焼け帯の環境的特性の理解が重要である．

引用文献

- 1) 濱田研一：磯焼け対策．pp.1358-1363．平野敏行（監），沿岸の環境圏，フジ・テクノシステム，東京，1597p,1998.
- 2) Yasuyuki K, Teruo Y, Kiyotatsu S, Hiroshi Y: Use of water jet technology to reduce competition for the culture of the sea weed "HIJIKI", *Hijikiya fushiformis* (Fucales, Phaeophyta). Proceedings of the 4th Pacific Rim International Conference on Water Jet Technology, pp.403-412,1995.
- 3) 上野信平，永井 彰，八尋暉夫，山田信夫，佐々清辰：ウォータージェットを利用した磯焼け対策工法の施工効果，日本ウォータージェット学会第12回研究発表講演会論文集，pp.25-30,1997.
- 4) Nagai A, Yahiro T, Yamada N, Ueno S, Koizumi K, Yanase R, Wada T, and Sasa K: A technological development of countermeasures against "Isoyake" utilizing high speed water jet. Proceedings of the 4th Pacific Rim International Conference on Water Jet Technology, pp.413-430,1995.
- 5) 八尋暉夫，永井 彰，山田信夫，上野信平，佐々清辰：磯焼け漁場の回復工法．pp.214-222. 八尋暉夫(編)，ウォータージェット工法，鹿島出版会，東京，230p,1996.
- 6) 上野信平，永井 彰，八尋暉夫，山田信夫，佐々清辰：ウォータージェットを利用した海洋開発技術，噴流工学，Vol.17, No.1, pp.41-47,2000.