環境共生機能に配慮した新型ブロックの 効果検証現地調査

廣瀬 紀一¹・柴田 早苗²・若林 信孝¹・昇 悟志³・三井 順⁴・浜口 正志⁵

¹(株)不動テトラ ブロック環境事業本部技術統轄部 (〒103-0016 東京都中央区日本橋小網町7-2)

E-mail:norikazu.hirose@fudotetra.co.jp

E-mail:nobutaka.wakabayashi@fudotetra.co.jp

²(株)不動テトラ ブロック環境事業本部東京技術部 (〒103-0016 東京都中央区日本橋小網町7-2)

E-mail:sanae.shibata@fudotetra.co.jp

³(株)不動テトラ 総合技術研究所 (〒300-0006 茨城県土浦市東中貫町2-7)

E-mail:satoshi.noboru@fudotetra.co.jp

⁴正会員 (株)不動テトラ 総合技術研究所 (〒300-0006 茨城県土浦市東中貫町2-7)

E-mail:jun.mitsui@fudotetra.co.jp

⁵正会員 (株)不動テトラ ブロック環境事業本部北陸技術部

(〒950-0078 新潟県新潟市中央区万代島5-1)

E-mail:masashi.hamaguchi@fudotetra.co.jp

近年の港湾、漁港、海岸施設の整備では、環境や生物との共生が求められる。これらの施設に用いられる消波ブロックや被覆ブロックには、海藻類の着生が期待されるが、従来のブロックは海藻類の着生を考慮した形状ではなく、藻場の形成に強く寄与するものではなかった。そこで、従来のブロックと同等以上の安定性、水理機能を有し、環境共生機能、特に海藻類の着生に配慮した形状の消波ブロック並びに被覆ブロックを開発した。これらのブロックの環境共生機能を把握するために、全国で現地調査を実施した。その結果、調査実施箇所すべてにおいて、カジメやアラメ等の大型海藻の着生が観察された。さらに、アワビ、サザエ等の魚介類の蛸集も観察された。

Key Words : eco-friendly, seaweed bed, fish shelter, wave dissipation block, armor block

1. はじめに

近年の環境意識の高まりにより、港湾、漁港や海岸の施設整備にあたっては、環境や生物との共生に配慮することが不可欠となってきている。これらの施設整備に用いられる消波ブロックや被覆ブロックが設置される水深帯は、海藻類が着生する水深帯と一致していることが多く、消波ブロックなどに海藻類が着生し、藻場が形成された事例が報告されている¹⁾。しかし、これら従来のブロックは防災機能を目的に開発されており、海藻類の着生を考慮した形状ではない。そのために、藻場の形成、すなわち、海洋環境の保全・再生に強く寄与するものではなかった。そこで、著者らは、従来のブロックと同等以上の耐波安定性、水理機能を有し、環境共生機能、特に海藻類の着生にも配慮した消波ブロックおよび被覆ブロック²⁾を開発した。

藻場の形成や魚介類の蛸集などの環境共生機能の効果を確認するためには、現地での調査が必要である。新型消波ブロックは平成22年、新型被覆ブロックは平成21年に現地での設置が開始された。各地で環境共生機能の検証を目的に調査を実施したところ、海藻類の着生や魚介類の蛸集が観察されたので、以下に報告する。

2. 新型ブロックの形状検討

日本の沿岸域において、藻場を構成する種として水産有用種のコンブ類やアラメ、カジメなどのコンブ科海藻、ホンダワラ類などの大型海藻類、さらにはテングサ類などがあげられる。コンブ科海藻は、天然岩礁の凸部やブロックの稜線部に着生しやすいこと³⁾やカジメの固着力は、ブロックの稜角部に着生していた個体のほうが、平

図-1 新型消波ブロック (左) と新型被覆ブロック (右)

坦部の個体よりも大きい傾向にある⁴⁾ことが報告されている。海藻類の生長には光が必要であり、太陽光の当たる稜線が長ければ、これらの海藻類の着生に有効である。

そこで、新型ブロックには長い稜線を持たせることとした。開発した新型消波ブロックと新型被覆ブロックを図-1に示す。

一方、魚介類の増集には、これら生物の生息空間が広いこと、およびその空間が複雑であれば、生物量と生物種が豊富になると考えられる。新型消波ブロックの空隙率は60%であり、従来のブロックに比べて大きく、生物生息空間が広い。また、脚部が突起形状となっているため、形成される空間が複雑になり、多様な生物の利用が想定できる。新型被覆ブロックは、大きな開口部が生物の生息空間として利用でき、脚が高いため、海底面とブロック底面との空間も魚介類が利用できるものと考えた。

なお、新型ブロックの耐波安定性、水理機能や構造強度は、水理模型実験や数値解析などにより従来のブロックと同等以上であることを確認している。

3. 新型ブロックの現地調査

現地調査は図-2に示す4カ所で行った。

(1) 新型消波ブロックの現地調査

a) 茨城県茨城港日立港区

平成22年9月に茨城県茨城港日立港区第3ふ頭の護岸の消波工前面に新型消波ブロック4 t型4個を試験的に設置した。ブロック設置箇所の水深は約3mである(図-3)。ブロック設置箇所周辺はコンブ科海藻のアラメが多く見られる場所である。

調査は平成24年2月(第1回)と6月(第2回)の2回行った。第1回調査では、潜水士により4個の新型ブロックに着生したアラメの着生個体数と全長の長い上位3個体の計測およびアラメのブロックへの着生部位の観察を行った。第2回調査では、ブロックを陸上に引き上げ、第1回調査と同内容の調査を陸上で行った。

図-4にブロックに着生したアラメの個体数の推移を示す。ブロックにはアラメが優占した状況であった(図-5)。第1回調査では、ブロック1個あたり36~61個体、

図-2 現地調査実施箇所

図-3 ブロック設置模式図

図-4 アラメの着生個体数の推移

第2回調査では32~60個体の着生が見られた。No.1とNo.3の個体数が多いのは、アラメの胞子の供給源となる護岸消波工に距離が近いと考えられる。No.4を除いて、第1回調査と比較して、第2回調査時の方が個体数が少ない。これは、一般に2月から6月にかけて、アラメの新規加入が無い時期なので、自然減耗による減少と考えられる。一方、No.4の増加については、2月の調査時には葉長が小さく、観察できなかった個体が6月には観察できた結果と考えられる。図-6にブロックに着生したアラメの全長上位3個体の平均値を示す。第1回調査では69~88 cm、第2回調査では93~123 cmであった。アラメは夏の終わりに枯れし、晩春から初夏にかけて著しく生長する⁵⁾。今回の調査でも、第1回調査から第2回調査にかけ

図-5 新型消波ブロックへの海藻着生状況

図-9 新型消波ブロック上のアワビ

図-6 アラメの全長上位3個体の平均値の推移

図-7 アラメの部位別着生個体数の割合

図-8 稜線部へのアラメ着生状況

て平均全長が増加しており、順調な生長が観察された。

図-7にブロックの部位別にみたアラメの着生個体数の割合を示す。稜線部に着生したアラメの個体数の割合は、全体の77%~94%と高く、開発時に想定したブロック稜線部の海藻類着生効果を示されている。稜線部へのアラメの着生状況を図-8に示す。

なお、魚介類ではアワビ (図-9) , ウニ, ホヤ類等の生息が観察された。

b) 静岡県宇佐美漁港

宇佐美漁港は静岡県伊豆半島に位置する漁港である。防波堤改良工事において、新型消波ブロック20t型が用いられ、平成23年2月~3月にかけて施工された。宇佐美漁港周辺は、カジメが繁茂する優良な藻場が形成されており、新型消波ブロックへのカジメの着生が予想された。

調査は平成24年6月(第1回)、平成25年2月(第2回)、7月(第3回)に実施した。図-10に示すよう、調査測線を2本設定し、海底から水深1 m毎(図-11)に50×50 cmの方形枠をブロックに当て、枠内に着生しているカジメの個体数を測定した。また、全長の長い上位3個体の計測も行った。なお、方形枠を当てる位置は、新型消波ブロックの特長である稜線部を含むように選定した。カジメ以外に着生している海藻類および生息している魚介類の観察もあわせて行った。

カジメの着生個体数を図-12に示す。第1回調査では、測線1が8~16個体/m²(第1回調査の水深4mは未測定)、測線2が12~20個体/m²、第2回調査では測線1が16~28個体/m²、測線2が20~136個体/m²、第3回調査では測線1が12~64個体/m²、測線2が8~12個体/m²の着生個体数であった。概ね、各水深とも第1回調査から第2回調査にかけ着生個体数が増加し、第3回調査では減少する傾向にあった。これは、第1回調査後の平成24年秋にカジメの胞子が放出され、翌年の第2回調査時に幼体が確認されたためで、その後の生長に伴い、個体数が減少したものと考えられる。特に、第2回調査の測線2の水深3mでは、幼体のみが観察されており、その傾向が強く

図-10 調査測線図

図-11 調査地点模式図

図-12 カジメの着生個体数の推移

見られた。測線1の水深3mでは第3回調査時の個体数が最も多いが、その理由は不明である。なお、カジメの全長上位3個体の平均値は、第1回調査時が20 cm前後、第2回調査では10~40 cm程度、第3回調査では30~50 cm程度であった。これらのカジメはブロックの稜線部や突起部に着生している個体が多く（図-13）、前述の茨城港日立港区と同様、ここでも新型ブロックの形状の効果が確認された。

ブロック設置箇所近傍の天然岩礁の水深5.5mにおけるカジメの個体数は、第1回調査から第3回調査を通じて、20~28個体/m²、平均全長は70~80 cm程度であった。ブロック上のカジメの個体数は、天然岩礁と概ね同程度であるが、平均全長は小さい。これは、ブロック上のカジメは大きくても2年齢の個体であるのに対して、天然岩礁のカジメは3年齢以上であるためであり、今後は全長も天然岩礁と同程度になっていくものと考えられる。

カジメ以外の海藻類では、ホンダワラ類、ワカメ、テングサ類などが観察された。魚介類ではネブツダイやメジナの群れやイシダイなどが観察され、新型ブロックが魚礁の効果を発揮していると考えられた。サザエの生息も観察され（図-14）、豊かな生物相が形成されつつあることが確認できた。

(2) 新型被覆ブロックの現地調査

a) 福井県越前漁港

平成21年10月~11月に新型被覆ブロックが福井県越前漁港の城ヶ谷地区の北防波堤マウンドの被覆材として、4t型が設置された（図-15）。周囲の天然岩礁には、ク

図-13 稜線部へのカジメの着生状況

図-14 新型消波ブロック上のサザエ

ロメとホンダワラ類が混生した藻場が形成されている。平成22年4月から平成24年11月までに4回の調査を実施した。調査では、港内側に1測線を設定し、図-15に示す調査対象ブロックに着生した海藻類の被度（ある種が一定の面積内で占める投影面積の割合）や個体数の測定、蟄集している魚介類の観察を目視にて行った。

平成22年4月（第1回）、平成22年9月（第2回）の調査ではコンブ科海藻のクロメの幼体が優占して着生しているのが確認された。ここでは、クロメが2年齢以上の個体となった平成23年10月（第3回）、平成24年11月（第4回）の調査結果について示す。

各ブロックに着生したクロメの個体数を図-16に示す。第3回調査ではブロック1個あたり34~256個体、第4回調査では16~105個体のクロメの着生が見られた。ブロックNo.1~No.5の設置水深は10m以浅であり、この水深帯にクロメの着生が多い傾向が見られた（図-17）。表-1にクロメとホンダワラ類の被度観察結果を示す。第3回調査ではクロメの被度が高く、ホンダワラ類の被度は低い。この時のホンダワラ類は小型の個体であった。第4回調査では逆にホンダワラ類の被度が高く、クロメの被度が低い。ブロックの設置時期がクロメの成熟期に一致していたため、クロメが先に着生し、当初はクロメが優占する藻場であったのが、寿命が2~5年程度のクロメが世代交代の時期を迎え、ホンダワラ類が入植、生長し、クロメ、ホンダワラ類が混生した藻場へと遷移してきたものと考えられる。このように着生する海藻類の種類数も増加し、多様性が増加してきている。

クロメのブロックの着生部位に着目した個体数を図-18に示す。ブロックの稜線部に着生したクロメの割合は、第3回調査では設置水深の深いブロックで低い値がある

図-15 越前漁港城ヶ谷北防波堤断面模式図

図-18 クロメの部位別着生個体数の割合

図-16 クロメの着生個体数

図-17 クロメの着生状況

表-1 クロメとホンダワラ類の被度観察結果

ブロック No.	クロメ		ホンダワラ類	
	第3回	第4回	第3回	第4回
1	20	10	10	60
2	50	30	10	30
3	70	20	10	40
4	40	20	10	50
5	10	10	10	60
6	5	10	20	50
7	5	10	20	10
8	5	10	5	5
9	10	20	5	40

単位：%

ものの、平均では55%以上の割合となっており、ブロックの形状の効果がみられた。第4回調査では平均で50%程度であった。これは、クロメの幼体が稜線部以外にも多く着生していたためである。クロメと同じコンブ科のカジメの幼体は、基質表面全体に均一に着生すること、隅角部に付着したカジメは流出しにくいことが観察されている⁶⁾。クロメも同様と考えられ、今後は稜線部に着

図-19 新型被覆ブロック開口部内のアワビ

生した個体の割合が、相対的に高くなっていくものと考えられる。

新型被覆ブロックの特長である大きな開口部にはアワビ（図-19）や巻貝類の生息が観察され、期待通りに魚介類の増集効果がみられた。

b) 新潟県両津港海岸

新潟県佐渡市の両津港海岸では浸食対策として人工リーフが施工されている。この人工リーフに新型被覆ブロック4型が用いられ、平成22年秋季に設置された。当海域はホンダワラ類が優占するガラモ場が形成されている。

調査は、平成23年6月より年1回、これまでに3回の調査を実施した。図-20に示すように、人工リーフに3測線を設定し、各測線の沖側、堤体中央、岸側のブロックを調査対象とした。調査対象のブロックにおいて、目視観察を行い、着生している海藻類の被度を測定した。

平成23年6月の第1回調査では、設置後の経過年月が浅いことから、海藻類はウミウチワやアオサ類がわずかに見られる程度であった。3回の調査とも、測線による植生の大きな違いは見られなかったため、3測線の被度を平均した沖側のブロックの平成24年5月（第2回）と平成25年6月（第3回）の調査結果を図-21に示す。第2回調査では全体的に被度は小さく、フクロノリなどの小型海藻が多いが、第3回調査ではホンダワラ類の被度が80%と高くなり、藻場の形成が見られた。ホンダワラ類はブロック等の稜線部より平面部に着生することが報告されており⁴⁾、当調査でもホンダワラ類がブロックの平面部に着生しているのが観察された（図-22）。新型被覆ブロックは、稜線が多く、平面部は少ない形状ではあるが、ホ

図-20 調査対象ブロック

図-21 人工リーフ沖側の被度調査結果

図-22 ホンダワラ類の着生状況

ンダワラ類の着生も望めるブロックであることが示された。また、ブロックの開口部にはサザエの生息やアイナメ、メバルなどの魚類が見られた。

人工リーフが施工された箇所は砂地であるが、新型被

覆ブロックを用いることで、岩礁性の生態系の早期形成に寄与することが可能になると考えられる。

4. おわりに

海藻類の着生や魚介類の蛸集などの環境共生機能に配慮した消波ブロックおよび被覆ブロックを開発した。実海域に設置されたブロックの環境共生機能を把握するための調査を行ったところ、アラメやカジメ、ホンダワラ類などの大型海藻の着生、アワビ、サザエなどの生息や魚類の蛸集が見られ、環境共生機能が発揮され始めていることが確認された。これらのブロックの利用によって、今後の港湾等での構造物と環境との共生に一層の貢献ができるものとする。

参考文献

- 1) 武藤昭光, 外崎昭男: 防波堤築造における魚礁効果について—御前崎港魚礁効果調査報告—, 港湾, 62巻, 5号, pp.73-82, 1985.
- 2) 浜口正志, 久保田真一, 松本朗, 半沢稔, 山本方人: 大きな開口部を有する新しい被覆ブロックの開発と人工リーフへの適用, 海岸工学論文集, 54巻, pp.961-965, 2007.
- 3) 川島昭二: コンブの着生基質と着生様式についての提言, 海藻魚礁ニュース, No.14, pp.35-41, 1992.
- 4) 寺脇利信: 海中砂漠緑化技術の開発 第4報 砂地海底に設置したコンクリートブロック上でのアラメ・カジメ類の生育, 電力中央研究所研究報告, U91024, 1991.
- 5) 西川博, 吉田範秋: 人工種苗クロメ・アラメの生長と養成について, 水産増殖, 26巻, 1号, pp.6-15, 1978.
- 6) 山本秀一, 児玉理彦, 野口雄二, 綿貫啓: 相模湾西部海域におけるカジメ場造成試験, 水産土木, 23巻, 1号, pp.13-18, 1986.

VERIFICATION OF EFFECTIVENESS USING FIELD OBSERVATIONS OF NEW ECO-FRIENDLY BLOCKS

Norikazu HIROSE, Sanae SHIBATA, Nobutaka WAKABAYASHI,
Satoshi NOBORU, Jun MITSUI and Masashi HAMAGUCHI

In recent years, when ports, fishing harbours and coastal structures are constructed, it is desirable to consider the natural environment. There is a hope that seaweed will attach onto wave dissipating blocks or armor blocks, but conventional blocks do not have a shape condensive. In response to this, we have developed new wave dissipation blocks and armor blocks. These have shapes which accommodate eco-friendliness. Stability and hydraulic functions are equal to or greater than conventional blocks. Field observations were carried out to verify the eco-friendly functions of these blocks. In all the observations, large seaweed growths such as *Ecklonia cava* or *Eisenia bicyclis* were observed. Furthermore, the abalone or the tutban shells congregations were observed. Eco-friendliness of these newly designed blocks was verified.