

ホタルが棲むビオトープの構築技術 ～熊本県公共関与管理型最終処分場「エコアくまもと」での検討事例～

鹿島建設(株) 正会員 ○大野 貴子, 越川 義功, 高砂 裕之
林 文慶, 高山 晴夫, 中村 華子
(公財) 熊本県環境整備事業団 吉川 宗志
鹿島環境エンジニアリング(株) 瀬戸口 正海

1. 背景・目的

熊本県公共関与産業廃棄物管理型最終処分場（以下、「エコアくまもと」という）は、埋立容積約 42 万 m^3 の「クローズド・無放流型」の産業廃棄物処分場である。「エコアくまもと」は、周辺地域への環境に配慮した高い遮水性を有する最終処分場であることに加え、熊本県の県北の環境教育拠点として活用すべく、周辺自然環境との調和も盛り込まれた施設である。その中の一つとして、処分場西側にあるため池の水を利用したビオトープがある。施設のある熊本県南関町周辺は、ゲンジボタル及びヘイケボタルの生息地であることから、ビオトープを「ホタルの棲むビオトープ」（以下、「ホタルビオトープ」という）として構築した（図-1）。本報では、ホタルビオトープの構築に当たり行った設計支援の取り組みについて報告する。

2. ビオトープの設計支援

(1) ホタルビオトープとしての設計配慮

ホタルの生息には、ホタルの成虫が産卵するための産卵場、幼虫が成長するための水辺、幼虫が上陸・蛹化するための基盤と多様な環境条件が必要であり、中でも長い期間を過ごす水辺が特に重要である。

「エコアくまもと」周辺は、前述のようにホタルの生息地であるが、森林と水田が入り組んだ谷戸と呼ばれる地形となっている。また、森林と水田の境界にある小川や水田の用水路付近でホタルの飛翔やカワニナなどの生息が確認されている。そこで、ホタルビオトープの設計では、この生息地の環境をモデルとして、樹林地と湿性地の間にせせらぎを配置するデザインを採用した。これに池を組み合わせることにより、ホタル以外にも多様な生物が生息できる空間を創出した（図-2）。設計に当たり、ホタルが上陸しやすい基盤の傾斜やホタルの飛翔しやすい空間等を配置している。ホタルの生息上重要なせせらぎについては、前述にもあるように重要であるため、ホタルの生活環境を踏まえた検討を行った。

ホタルの幼虫は、水中で生きた巻貝（主にカワニナ等）を捕食して、1 齢～6 齢まで成長する。そのため、



図-1 「エコアくまもと」全景とホタルビオトープの位置

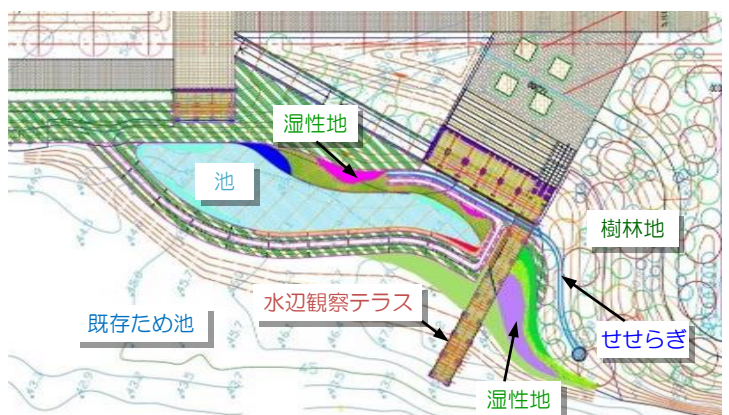
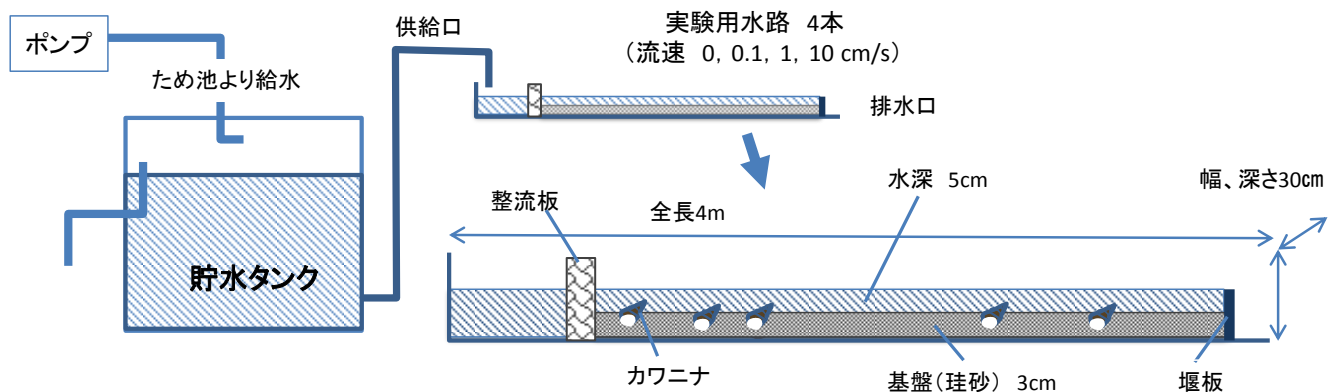


図-2 ホタルビオトープの概要

キーワード：ビオトープ ホタル カワニナ 流速 モニタリング

連絡先：〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-489-6332



図－3 実験水路 概略図

餌であるカワニナの生息数の維持は、ホタルの成長に最も重要な条件である。カワニナの生息に必要な環境因子には、水質や底質、餌条件などがあるが、中でも重要な因子として流速条件が挙げられる。しかし、その範囲は 0～50cm/sec とされており、生息環境条件によるばらつきがある¹⁾。そこで、ホタルビオトープの仕様を検討するために、設定流速の異なる条件でカワニナの成長を比較した。また、水源となるため池の水質による影響も確認するために、実験にはため池の水を用いた。

(2) 流速条件を検討するためのカワニナ成長比較実験

a) 試験区設定および方法

実験は、ビオトープの建設予定地に実験水路を設置して行った。図－3 に実験水路の概略図を示す。全長 4m、幅 30cm の試験水路を設け、ため池より貯水タンクにくみ上げた水を各実験水路に分岐する仕様とした。流速は、供給流量を調節することにより、0cm/sec、0.1cm/sec、1.0cm/sec、10cm/sec の 4 試験区設定とした。実験水路内には基盤材として珪砂（粒径 2.36～3.35mm）を敷き均したうえで、水深が 5cm になるように水路流末部に堰板を設置した。

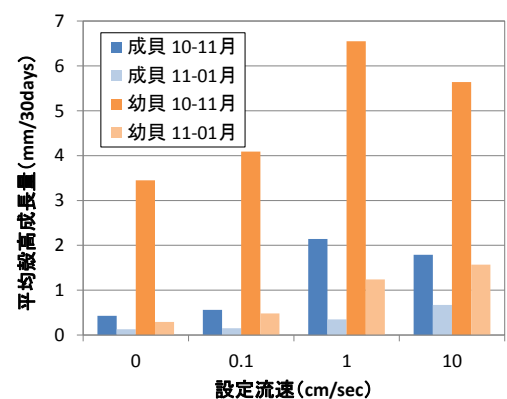
カワニナは、成長段階の異なる殻高 9～13mm の個体（幼貝）21 個体と、殻高 20～30mm の個体（成貝）11 個体を放流した。放流したカワニナは、現場周辺水路より採取し、殻高と殻径、生重量を計測した。成貝は、事前に稚貝の産出が確認された個体を選抜し、放流した。

試験は 2014 年 10 月から 1 月までの 3 ヶ月間実施し、試験開始から 1 ヶ月後及び 3 ヶ月後に殻高と殻径、生重量を計測した。その結果をもとに、カワニナの成長量を算出した。稚貝の産出された数と生残率を確認するために、3 ヶ月後に実験水路上流部及び下流部から稚貝を回収し、稚貝の個体数と殻高を計測した。その結果をもとに、各実験水路の稚貝生息密度と稚貝平均殻高を算出した。

b) 試験結果

図－4 に試験区毎の成貝及び幼貝の殻高成長量を示す。3 ヶ月間ではあったが、すべての実験水路で殻高の成長が確認され、流速 1.0cm/sec 以上の実験水路で成貝及び幼貝ともに成長量が大きい傾向があった。特に、試験開始直後の 10 月～11 月の 1 ヶ月間での成長量が大きく、11 月～1 月までの 2 ヶ月間の約 4～10 倍相当の成長がみられた。殻径成長量、生重成長量においても同様の傾向であった。また、成貝、幼貝どちらにおいても生残率は 85%以上であった。

表－1 に稚貝の採取数と平均殻高を示す。生貝は、流速



図－4 成貝及び幼貝の殻高成長量

表－1 稚貝の採取数と平均殻高

設定流速 (cm/sec)	採取数(個)		平均殻高(mm)	
	生貝	死貝	生貝	死貝
0	0	25	0	1.9±0.6
0.1	0	7	0	1.7±0.3
1	31	29	4.5±1.7	2.7±0.8
10	63	4	4.7±1.9	4.1±2.2

1.0cm/sec 以上でのみ採取され、平均殻高 4.5～4.7mm であった。カワニナの産まれた直後の殻高は、一般的に 0.5～1.5mm と報告されている²⁾。この結果から、流速 1.0cm/sec 以上の試験区では、試験期間中に成貝より産出された稚貝が、十分に成長できる環境にあったといえる。一方、流速 0.1cm/sec 以下の試験区では生貝は採取できず、貝殻のみ採取された。この結果から、稚貝が成長するには、1.0cm/sec 以上の流速環境が必要であることが明らかになった。

実験の結果を踏まえて、ホタルビオトープのせせらぎ部は流速 1～10cm/sec を目標に設計した（図-5）。



図-5 ビオトープせせらぎ部（竣工直後）

3. カワニナ、ホタルの飼育増殖

(1) 飼育増殖コンセプト

施工したホタルビオトープを「ホタルの棲むビオトープ」として機能させるためには、ホタルや餌となるカワニナが十分に生息していることが必要である。西側ため池には元来カワニナの生息が確認されていないため、ホタルビオトープへ人為的にカワニナを放流し、定着させなければならない。遺伝的な攪乱を防ぐためには、定着させるカワニナは周辺地域に生息する個体を活用する必要がある。しかしながら、必要なカワニナをすべて採取することは、地域のカワニナの個体群密度を減少させ、周辺地域のホタルの生息に影響を与える可能性がある。そこで、カワニナ採取量を必要最低限に抑え、かつ飼育増殖するために、事前にカワニナの増殖特性を把握し、その結果を踏まえてカワニナの大量飼育増殖を行った。

(2) カワニナの増殖特性の把握

a) 試験区設定と方法

カワニナの採取数の試算を行うにあたり、成長段階の異なるカワニナを用いて、水槽での飼育試験を 16 週間行った。飼育は、20L 水槽で水を循環、曝気した環境下で行った。飼育 4 週経過毎に、生残率と殻径を計測し、成長量を計測した。また、稚貝の産出のある殻高 20～30mm のカワニナは、週に 1 度カワニナの産出数を計測した。

b) 結果

図-6 に 16 週間の殻径成長量測定結果と図-7 に生残率測定結果を示す。図-6 から殻高 10mm 以上では、

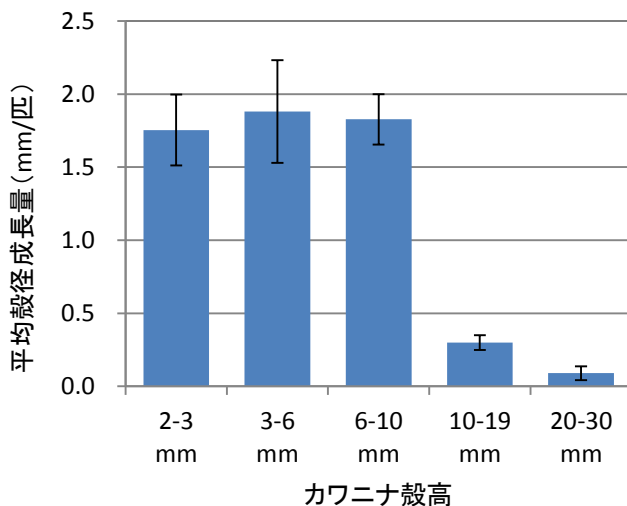


図-6 カワニナ殻径成長量

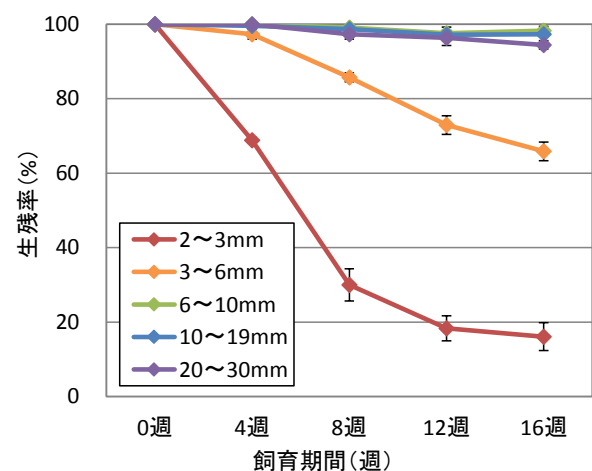


図-7 カワニナの生残率

0.1～0.3mm/匹であるのに対し、殻高2～10mmのカワニナでは、1.8mm/匹と6～20倍の成長量であった。また、図－7からは、殻高6mm以上のカワニナでは16週間生残率90%以上であるのに対し、殻高3～6mmでは60%、殻高2～3mmでは20%と生残率が低いことが確認された。試験の結果、カワニナの成長段階に応じて、生残率や成長速度が異なることが確認できた。また、カワニナの産出数に関しては、時期によるばらつきはあるものの、成貝雌1匹あたり平均10匹/週であった。

以上の結果を踏まえて、カワニナの増殖速度を試算すると、成貝雌は1年間で約480匹を産出し、1年後に稚貝は平均殻径6.0mmになり、個体数は24匹（生残率5%）まで減少すると試算された。カワニナの成貝の雌雄比率は1:1であることから、カワニナの成貝1匹から1年間で12匹のカワニナの増殖が可能であると考えられた。

(3) 放流カワニナの飼育増殖

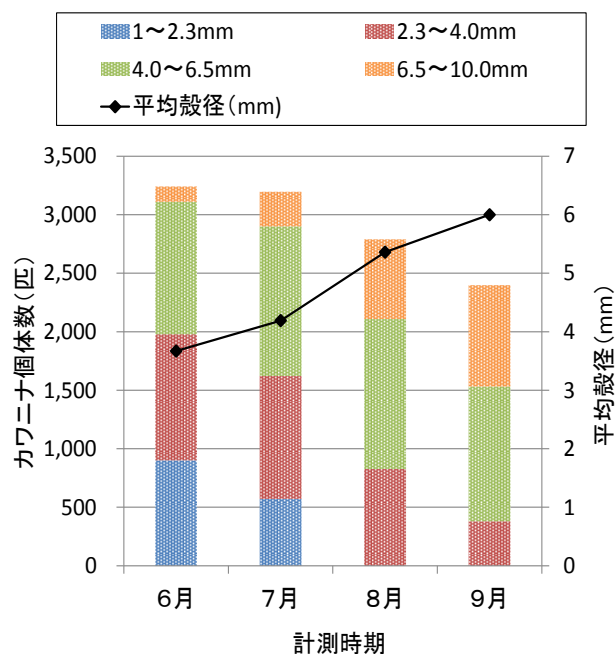
試算結果を踏まえ、カワニナの成貝を2014年8月に「エコアくまもと」周辺用水路から約270匹採取し、飼育増殖を開始した。飼育は、2014年9月から2015年9月までの1年間行い、室内環境（室温18～20℃）、自然光条件にて飼育した。カワニナ稚貝の生残率が落ち着くのを待って、2015年6月から2015年9月までの4ヶ月間得られた稚貝の平均殻径と殻径毎の個体数の計測を行った。図－8にカワニナの殻径毎の個体数推移とカワニナ個体群の平均殻径を示す。カワニナ個体群の平均殻径は2015年6月に3.7mmであったが、2015年9月には6.0mmとなった。また、大量飼育増殖にて得られたカワニナ成貝の稚貝産出数は2014年9月～2015年5月の9ヶ月間で約48,000匹確認されたが、2015年9月には約2,400匹となり、1年間での生残率は5%であった。カワニナの増殖特性把握試験の結果を踏まえて、カワニナの飼育増殖を行った結果、ほぼ同率の成長速度、生残率での大量飼育増殖ができた。

(4) ホタルの飼育増殖

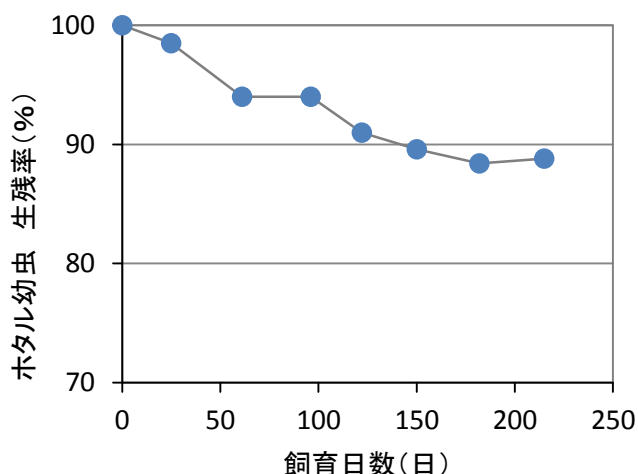
ホタルについてもカワニナ同様に飼育増殖を行った。ホタルは3月に終齢幼虫を放流することを目標に2015年5月、「エコアくまもと」周辺で飛翔しているゲンジボタル成体（雄13個体、雌9個体）を捕獲・産卵させ、2015年7月からホタルの幼虫飼育を開始した。

ホタル幼虫への給餌は、成長に合わせてサイズの異なるカワニナを与え、換水は、ホタル幼虫の4令（生育段階を示し脱皮回数で表す）までは月1回、4令以降終齢（飼育後期）は週1回とした。また、4令以降飼育後期には溶存酸素不足発生を防ぐため、曝気を行った。

図－9に飼育中の幼虫の生残率を示す。飼育開始30日目までは生残率が低下し、歩留まりの低下が懸念されたが、30日目以降は死亡個体数が減少し、最終的な生残率（飼育期間：210日間）は平均で88%となった。



図－8 カワニナの個体数推移と平均殻径



図－9 ホタル幼虫の生残率変化



図-10 ビオトープせせらぎ（竣工後1年半経過）



図-11 ビオトープで飛翔したホタル

4. ホタルビオトープ竣工後のモニタリング経過

2015年10月にホタルビオトープは無事竣工した。竣工後定期的にモニタリング調査を行っているが、当初の目標通り徐々に自然な水辺環境へと移行している状況が確認されている（図-10）。

飼育増殖したカワニナとホタルは、2015年11月～2016年3月にかけてカワニナ合計2,000個体、2016年3月にホタル約650個体を放流した。放流後2016年5月～6月にホタルの飛翔調査を行った結果、ビオトープでは最大目撃数20匹/分の飛翔が確認された（図-11）。周辺自生地での目撃数は15匹/分であり、ほぼ自生地と同等の飛翔数であった。

また、カワニナについても2015年11月以降、ホタルビオトープ内のせせらぎ部7地点でコドラート調査（一定の面積の四角形を設け、その内部の生物について調査する手法）によるカワニナ生息密度調査を実施した。2015年11月のカワニナ生息密度は50個体/m²であり、2016年の3月に一時減少がみられたものの、2016年12月には270個体/m²が確認でき、順調に定着が進んでいることが確認できた。

5. まとめ

「エコアくまもと」のホタルビオトープでは、設計から施工までの支援業務を行い、ノウハウの蓄積を進めることができた。今後とも、モニタリングを継続的に行い、設計、施工技術へのフィードバックにつながるよう進める予定である。

参考文献

- 1) 関根ら：生息場評価手法を用いたホタル水路の建設,応用生態工学,10(2),pp.103-116,2007.
- 2) 高見：カワニナ属3種の産仔頻度、産仔数と新生貝の大きさ,VENUS Vol.50,No.3,pp. 218-232, 1991.
- 3) 高砂ら：ホタルが棲むビオトープの構築,第71回土木学会年次学術講演集,VII-116,pp.231-232,2016.
- 4) 大野ら：地域在来資源に考慮したカワニナの飼育増殖,第71回土木学会年次学術講演集, VII-115,pp.229-230,2016.
- 5) 大野ら：ホタルビオトープにおけるカワニナの生息密度,第72回土木学会年次学術講演集, VII-123,pp.245-246,2017.