

# 涸沼における湖岸植生帯再生の モニタリング調査

## MONITORING INVESTIGATION ON RESTORATION OF LAKESHORE VEGETATION ZONE IN LAKE HINUMA

宇多高明<sup>1</sup>・平田 正<sup>2</sup>・櫻井 隆<sup>2</sup>・竹廣 学<sup>3</sup>・今村史子<sup>4</sup>・城野裕介<sup>5</sup>  
Takaaki UDA, Tadashi HIRATA, Takashi SAKURAI,  
Manabu TAKEHIRO, Fumiko IMAMURA and Yusuke SHIRONO

<sup>1</sup>正会員 工博 (財) 土木研究センター常務理事なごさ総合研究室長兼日本大学客員教授理工学部海洋  
建築工学科 (〒110-0016 東京都台東区台東1-6-4)

<sup>2</sup>非会員 茨城県土木部河川課 (〒310-8555 茨城県水戸市笠原町978-6)

<sup>3</sup>非会員 茨城県常総工事事務所 (〒300-2706 茨城県常総市新石下1317-10)

<sup>4</sup>非会員 農修 日本工営 (株) 中央研究所総合技術開発部 (〒300-1259 茨城県つくば市稲荷原2304)

<sup>5</sup>正会員 工修 日本工営 (株) 社会システム事業部環境部 (〒102-0083 東京都千代田区麴町4-2)

Field experiment of the lakeshore restoration for creating habitat of animals and vegetations using beach nourishment was carried out in Lake Hinuma. The monitoring survey data after the beach nourishment were analyzed. The changes in lakebed topography, grain sizes of bed materials, water level and salinity had been monitored. A barrier island with a 0.35-m-high berm was formed due to the cross-shore sand transport. A wetland was formed landward of this barrier, and the lakeshore vegetation was stabilized by the formation of this barrier, resulting in recovery of the habitat of *Mortonagrimon hirosei*.

**Key Words :** Lakeshore, restoration, vegetation, Lake Hinuma, barrier island, monitoring

### 1. はじめに

涸沼は、茨城県東部に位置する面積 9.4 km<sup>2</sup>、平均水深 2.1 m の汽水湖であり (図-1)、ヒメマイトトンボなど汽水性の貴重な生物相を有し、ヤマトシジミなどの漁業生産の場としても知られている。かつて湖岸沿いには広大な浅場が存在し、水中には沈水植物、汀線付近にはヨシやマコモなどの抽水植物が繁茂していたが、干拓事業や農地整備のための堤防建設に伴って浅場が減少した結果、現在では沈水植物はほぼ消失し、抽水植物も限られた場所で生育するのみである。こうした状況を受けて、茨城県では涸沼の湖岸植生帯の再生とともに、副次的に涸沼における代表的な生物の再生も考慮した湖岸植生帯の復元計画を策定した<sup>1)</sup>。

湖岸植生帯の再生はこれまで各地で行われてきており、茨城県の霞ヶ浦では沖合に消波構造物を設置し、浅場を造成することで植生帯の再生が行われた<sup>2)</sup>。矢道湖では消波沈床を護岸前面に設置した上で、ヨシの植栽が

行われた<sup>3)</sup>。また琵琶湖でも既存植生帯の前面に消波堤を設置した上でヨシの植栽が行われた<sup>4)</sup>。これらの手法は、いずれも再生区域前面に波浪制御のための人工構造物を設置するか、波浪作用のない閉じた区域内でヨシを植栽するなど、いずれも人工構造物の設置に依存する手法である。これに対し涸沼での自然再生では、自然の再生力を最大限利用する整備手法とした<sup>1)</sup>。

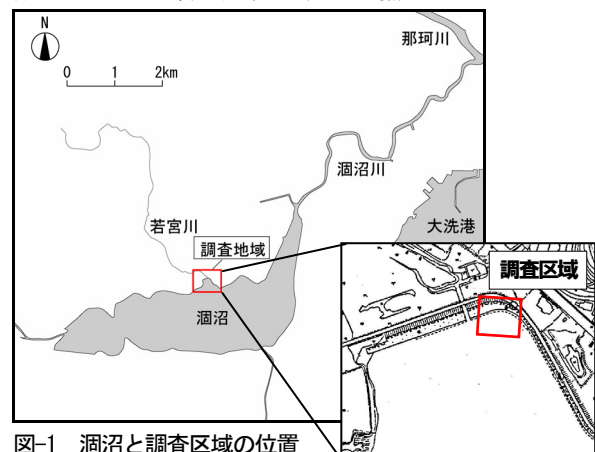


図-1 涸沼と調査区域の位置

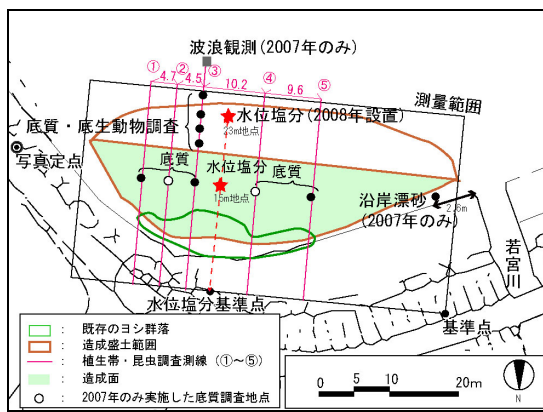
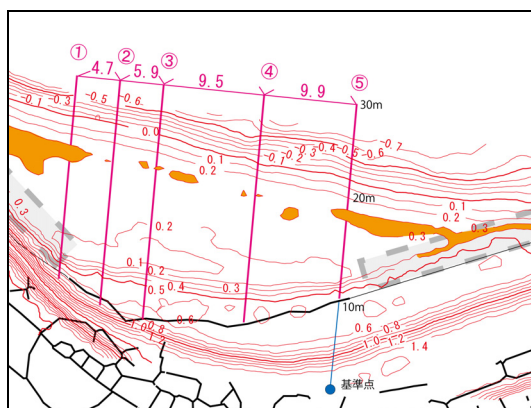
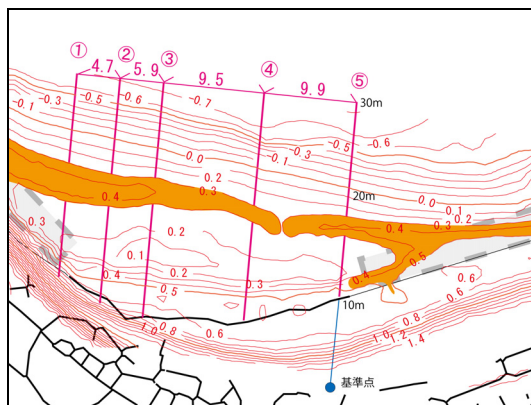


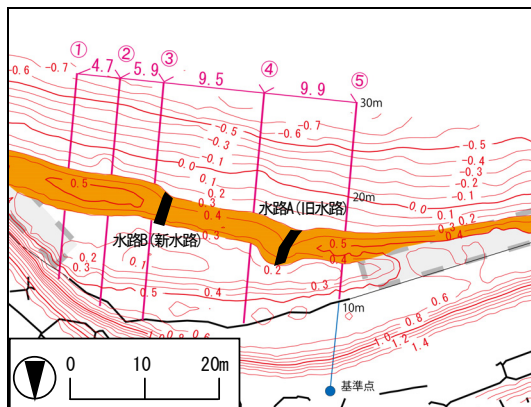
図-2 調査地点と測線配置



(a) 2007年5月28～29日 (養浜直後)



(b) 2007年10月30～31日 (養浜後半)



(c) 2008年11月11～12日 (養浜後1年半)

図-3 バームの発達状況

■ : 整備面 T.P. 0.25m より高い位置を示す。

整備計画では、既存植生帯の前面に土砂を投入して浅場を造成し、自然の営力（波浪）により平坦面ののり肩部にバームを発達させ、その陸側に静穏域を形成することで植生帯の拡大を期待するものである。2005年～2006年にかけて、地形、水位、底質、塩分、植生などに関する総合観測が行われ、それをもとに湖岸整備手法について検討した<sup>5)</sup>。2007年5月には涸沼に流入する河川で採取した当該地区と同様の粒径の土砂を用いて施工を行い、施工後1年間におけるモニタリング調査の結果を取りまとめた<sup>6)</sup>。底質や波浪に関する基礎情報についてはこれらを参照されたい。本論文では、前報<sup>5)6)</sup>に続いて施工後2年間（2008年まで）の継続観測結果のとりまとめを行う。

## 2. モニタリング手法

モニタリング方法は前報<sup>5)</sup>に準じ、調査区域の地形測量、波高、底質、水位・塩分、植物、底生動物、昆虫類を調査項目とした。調査地点・調査区域及び測線配置を図-2に示す。地形測量は、2007年は5月28～29日、10月30～31日に、2008年は11月11～12日に測量範囲内において汀線方向2m間隔、岸沖方向では水域は1m間隔、陸域は2m間隔で実施した。底質調査は、2007年は測線①～⑤上の造成された平坦面上の5点で、2008年には3点で、さらに沖側斜面上では測線③上の4点において2007年は7月31日、2008年は11月11日にエクマンバージ採泥器を用いて採取し、粒度分析を実施した。水位・塩分観測は、2007年は測線③と④の間（水位塩分基準点より15m地点）の1地点において、2008年は沖側に1地点（水位塩分基準点より23m地点）を追加して2地点において通年の継続観測を実施した。

植物調査は、測線①～⑤上で植物種を確認するとともに、平坦面において整備後発芽した種の種名、確認位置を記録した。この調査については、2007年は5月28日、7月31日、10月24日、2008年は5月9日、8月15日、11月11日に実施した。底生動物調査では沖側斜面上の底質調査と同じ4地点において2007年は5月9日、10月24日に、2008年は5月9日、11月11日に定量採取を実施した。昆虫類調査は測線①～⑤において2007年は5月9日、7月6日、10月24日に、2008年は5月28日、7月8日、11月11日任意採取を実施した。

## 3. 観察結果（物理的変化）

### (1) バーム形状とその変化

図-3はバームの発達状況を示す。図には平坦面造成時の標高T.P.0.25mを基準として、砂が堆積してこれより標高が高まった区域を色付して示す。2007年5月にはバームは不連続であったが、同年10月には連続的なバー

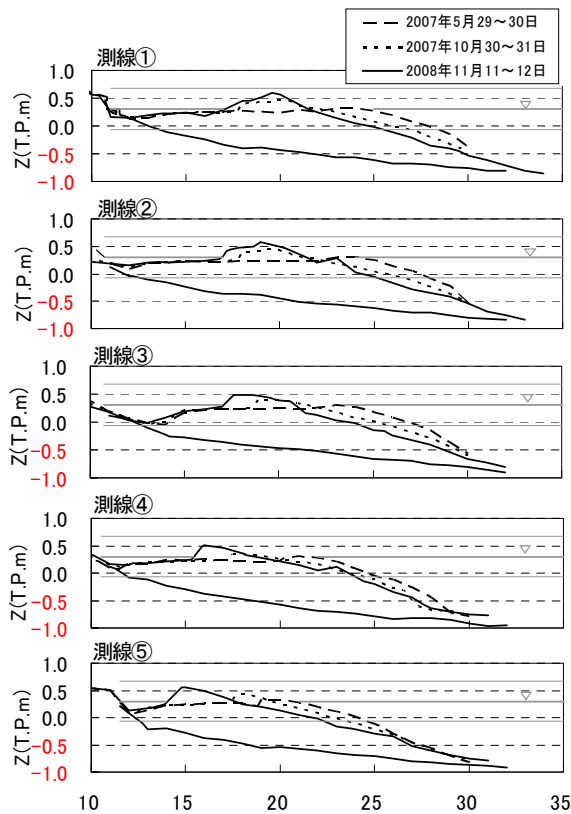


図-4 5 測線における縦断形変化

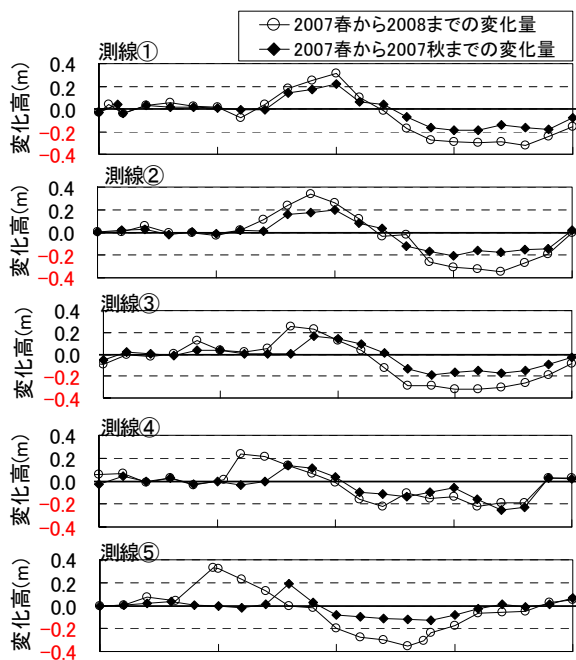
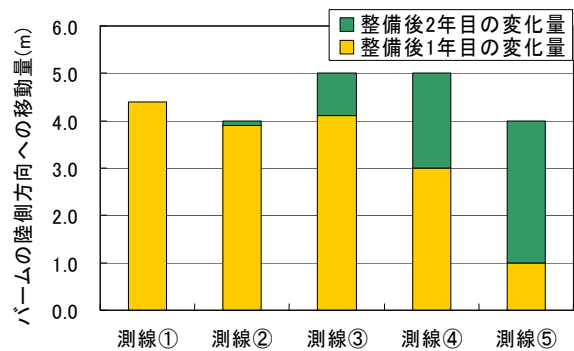
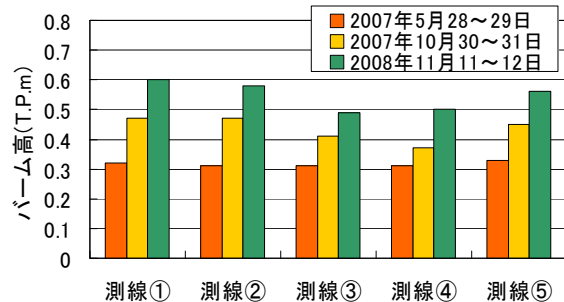


図-5 2007 年 5 月からの地形変化量の岸沖分布

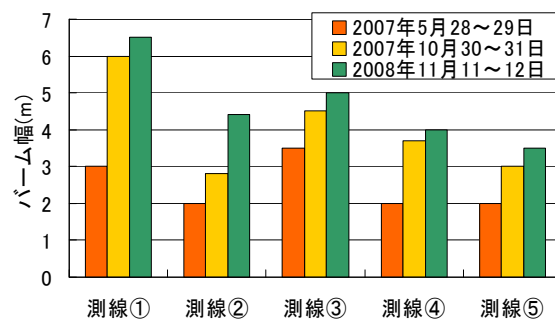
ムとして発達した。このとき測線④⑤間にはbreachingにより形成されたと考えられる狭い溝が確認できる。2008年11月では、測線③④⑤においてバームが陸側へ2~3 m移動した。この間も測線①②ではバーム位置の変化は少なく、ほとんど変化はみられなかった。調査区域に設けた5測線の湖浜縦断形の変化を図-4に示す。測線①では、2007年5月から2008年11月までに平坦面沖の湖底斜面が侵食され、岸向き漂砂により砂が運ばれて高さT.P.0.6 mのバームが形成された。前浜勾配は1/10.6から1/9.3と若



(a) バーム位置の変化



(b) バーム高の変化



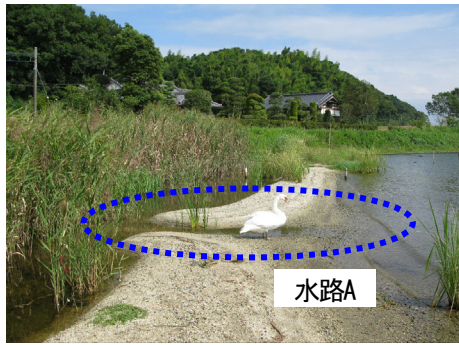
(c) バーム幅の変化

図-6 各測線におけるバームの陸向き移動距離、バーム高およびバーム幅の変化

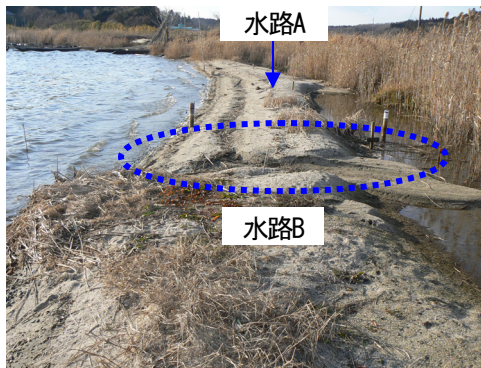
干急になった。測線②でも測線①と似た特徴が現れており、平坦面沖の湖底斜面が削り取られ砂が堆積してバームが形成されたと考えられる。このとき2007年10月から2008年11月までバームはその頂位置を変えずに高さが高まった。測線③④⑤でも前浜斜面が削り取られる点は測線①②と同様であるが、2007年10月から2008年11月の期間においてもバームが陸側へ移動しており、その移動距離は、測線③④⑤の順に0.9 m, 2.0 m, 3.0 mと西側の方が多く移動しており、バーム高はT.P.0.49 m, 0.50 m, 0.56 mとなり、こちらも西側の測線ほどバーム高が高まった。測線①は東側の護岸が近く奥まった場所に位置しているのに対し、測線⑤は湾口から入射する波浪が減衰せずに作用する条件下にあるためと考えられる。

図-5は、バームの形成に伴う初期からの地形変化量の岸沖分布を示す。測線①②では、侵食堆積の変化点位置がほぼ変わらずに時間経過とともに侵食量と堆積量が増加したのに対し、測線③④⑤と、西側測線ほど堆積侵食





(a) 水路Aの状況 (2008年9月20日)



(b) 水路Bの状況 (2009年1月6日)

図-7 水路部の変化状況

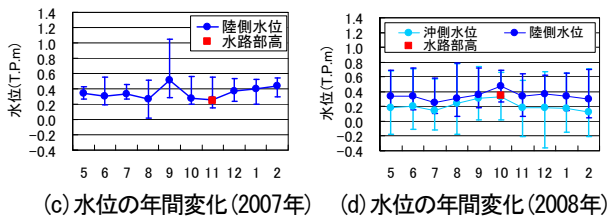
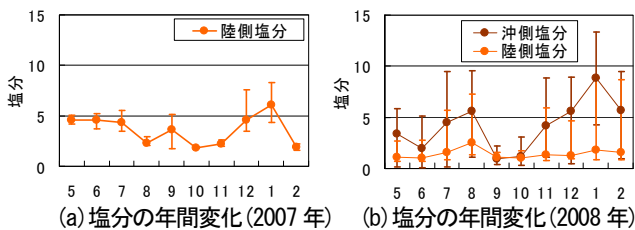


図-8 塩分・水位の平均値の年間変化

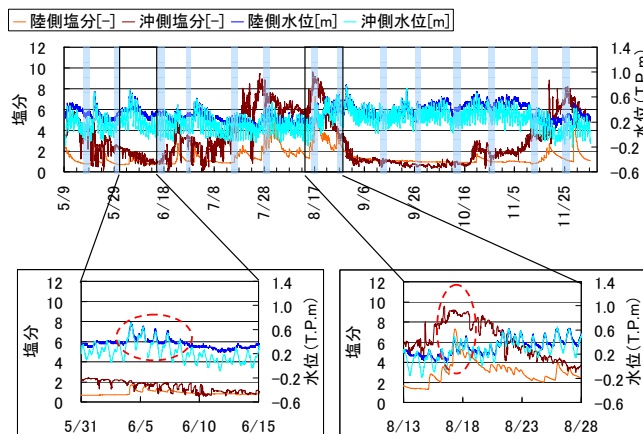


図-9 水位塩分の時系列変化 (2008 年)

の変化点が陸側にずれ、これと同時にバームの陸側への移動量が増加している。測線①ではほぼ安定なバームが形成されていることから、この付近では地形変化は収束状態に近いと考えられる。

図-6は、各測線におけるバームの陸向き移動距離、バーム高およびバーム幅の変化を示す。バームの陸向き移動距離は、2007年には測線③以東で大きかったが、2007～2008年には東部ではバームが安定し、西部のみで移動している。バーム高は当初沿岸方向にほぼ一様であったが、時間経過とともに中央の測線③④が低い状態となった。一方、バーム幅は場所的な変動が大きく、測線①では約6 mに達するが、測線⑤では最大でも3.5 mと短い。測線①⑤においては、バーム高はほぼ同様に推移していることを考慮すると、作用波高は同程度と考えられる。一方、バームが発達する場合入射波高が高いほどバーム高が高まり<sup>7)</sup>、かつバーム幅が大きくなるので、測線⑤のバーム幅は狭すぎ安定することができないと推定される。

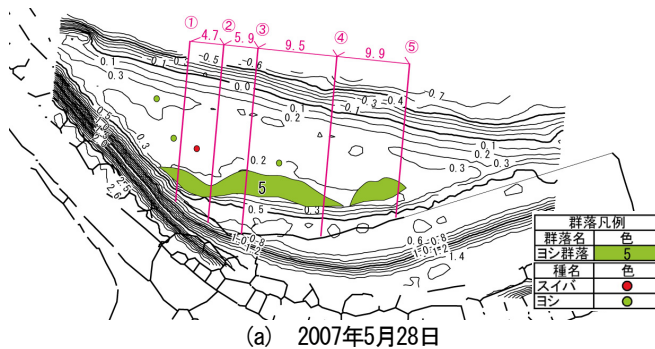
## (2) 水路の形成

沖側をバームで囲まれた静穏域と湖との間には自然水路が形成された。水路は2009年1月以前では西側のAにあった(図-3(c))。図-7(a)は2008年9月20日の水路状況であり、図-7(b)は2009年1月6日に水路Aの東側に新しく確認した水路Bである。水路は高水位時の波浪の作用によりバームのbreaching時に形成されたものと考えられ、この水路は静穏域と湖との水交換により静穏域内の塩分を保つ上で重要な役割を果たしている。なお水路Bの形成と同時に水路Aは波の作用で塞がったと考えられる。

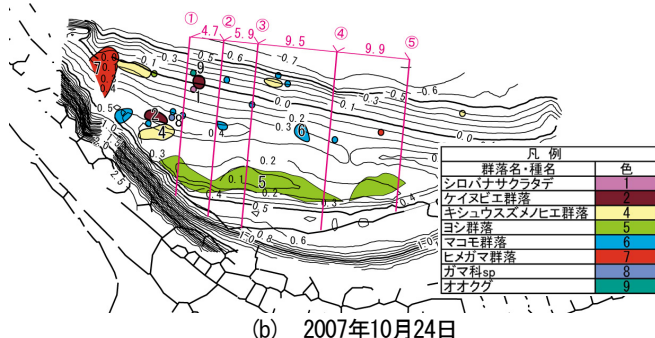
## (3) 水位・塩分の変化

図-8に水位・塩分の月平均値の経時変化を示す。誤差バーは各月の最大値・最小値を示す。塩分については2007年には季節的変動はあるものの2～5、最大8程度で推移していたが、2008年には2～3、最大7程度と2007年と比較して低くなった。これはバームや水路部の地盤が高くなったことにより通常の水位変化によって高濃度の塩分が流入する頻度が低下したためと考えられる。水位については、平均T.P.0.3 m程度であり、基本的に陸側水位は沖側水位よりも高い値で推移している。

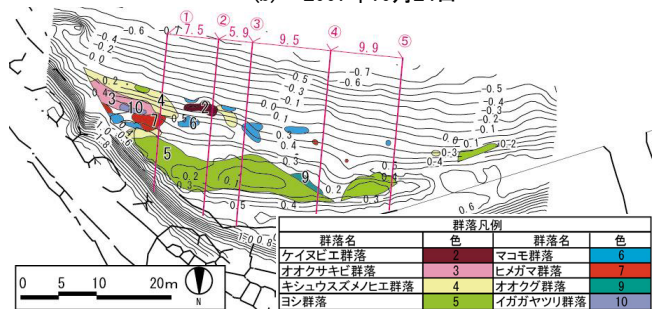
図-9には、水位塩分の時系列変化を示す。塩分については、沖側塩分が急激に上昇した際に陸側塩分が連動して上昇しており沖側に濃度の高い塩分が分布した際にその塩水が陸側へ流入していると考えられる。上昇後については陸側・沖側ともに緩やかに塩分が低くなる傾向にある。水位については、沖側水位が水路部の高さであるT.P.0.33 mより高くなると陸側の水位が連動して変化していることがわかる。このことより、陸側水位は沖側水位よりも平均的に高い値となる。



(a) 2007年5月28日



(b) 2007年10月24日



(c) 2008年11月11日

図-10 調査区域における植生帯の変化

(a) 2007年5月31日



(b) 2007年8月29日



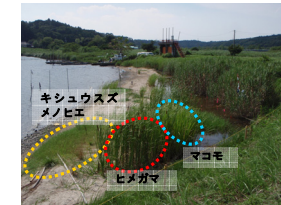
(c) 2007年9月21日



(d) 2008年5月9日



(e) 2008年8月15日



(f) 2008年11月11日



図-11 静穏域内における植生状況の変化

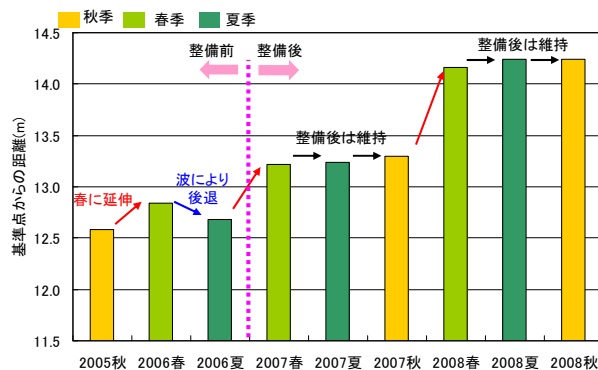


図-12 各測線におけるヨシ帯幅(岸沖方向)の平均値

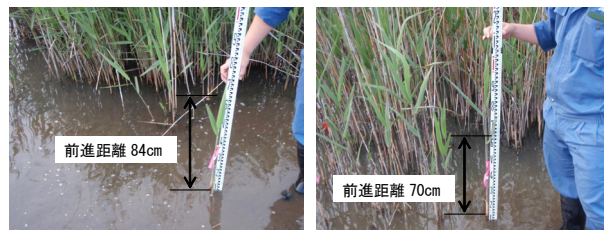


図-13 ヨシの延伸状況

#### 4. 観察結果 (生物的变化)

##### (1) 植生域の変化

図-10には調査区域における植生帯の変化を示す。植生帯の分布調査は2007,2008年にそれぞれ3回ずつ行ったが、ここでは整備直後の2007年5月31日と、植生が最も繁茂した秋季の2回(2007年10月24日と2008年11月11日)の調査結果を示す。2007年5月は整備直後であったことから、ヨシ群落の沖合にはスイバが点在するのみであった。しかし2007年10月では植生帯が大きく広がり、調査区域の東部には大型抽水植物のヒメガマ群落、またキシュウスズメノヒエ群落が確認された。2008年11月では、キシュウスズメノヒエ群落がバーム前面に急激に拡大したほか、測線④のヨシ帯付近でオオクグを確認しており、これは陸側に生育していた群落がヨシ群落内部から沖側に拡大したものである。平坦面の植物は、測線①の東側に偏って分布しており、バーム上では比較的冠水頻度が低いことから陸生の草本類が多く、常時水位が保たれている静穏域では大型の抽水植物が多い傾向にある。

図-11に静穏域内における植生状況の変化を示す。2007年5月と8月では植生群落はなく、植生は点在していたのみであったが、2007年9月からバームの陸側ではヒメガマを始めとした群落の形成が始まった。2008年5月からはそれらが大きく拡大した。この場合、群落の拡大が進んだのは調査区域の東側がほとんどであり、バームの移動が大きかった西側では、群落の形成はほとんど見られなかった。

図-12は各測線において測定したヨシ帯幅の平均値の変化を示す。整備前の2005～2006年は、春季にはヨシが生育するものの夏には台風などにより倒伏するという季



表-1 ヒヌマイトトンボの確認状況

| 調査年   | 調査日   | 確認状況                |
|-------|-------|---------------------|
| 2007年 | 7月31日 | 若宮川河口左岸の草地で成虫2個体を確認 |
| 2008年 | 5月9日  | 整備地区で幼虫1個体確認        |
|       | 7月8日  | 整備地区で成虫2個体を確認       |

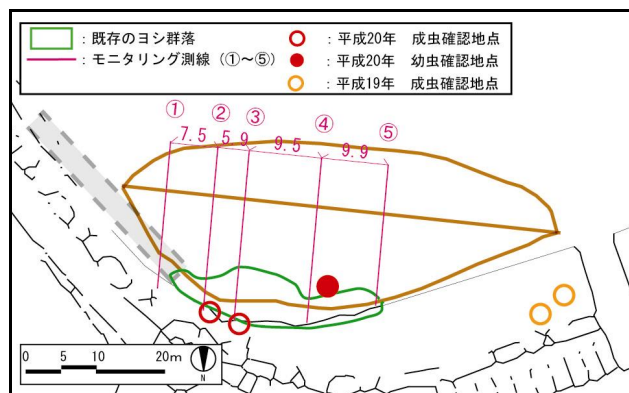
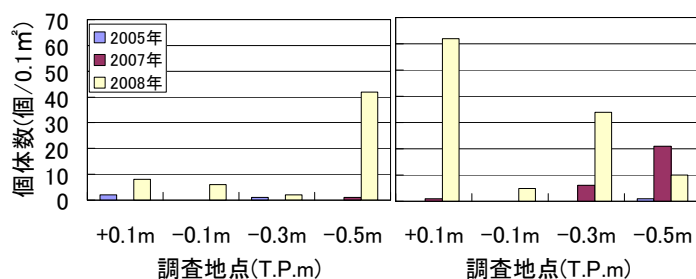


図-14 ヒヌマイトトンボの確認状況



(a) 春季

(b) 秋季

図-15 ヤマトシジミの個体数の変化

節変動を繰り返しており、ヨシ帯幅の増加は見られなかった。しかし整備後の2007,2008年の変化では、沖側をバームで守られた静穏域となったために波浪の作用が抑制され、春季に生育したままの状態で推移し、ヨシ帯が順調に拡大したことが分かる。

## (2) ヒヌマイトトンボの移入

図-14と表-1にはヒヌマイトトンボの確認状況を示す。2007年には、若宮川東側で成虫を2個体確認したのみであったが、2008年には調査区域で幼虫1個体、成虫2個体の確認ができた。宮下<sup>8)</sup>によれば、ヒヌマイトトンボの競合種が生息可能な塩分は3程度であることから、7程度の塩分が一時的にでも流入する調査区ではヒヌマイトトンボの生息に適した生息環境であると考えられる。

## (3) ヤマトシジミの増加

ヤマトシジミの個体数変化を図-15に示す。整備前にはヤマトシジミはほとんど確認されなかったが、整備後1,2年目と増加している。調査区域は、整備開始直後から禁漁区としているが、当地区周辺は整備前から主な漁場とはなっていないことから、整備の効果と考えられる。

## 5. まとめ

涸沼の湖岸において土砂投入により湖岸環境を再生する計画を立て、2007年に実際の整備を行った。この計画では、平坦面ののり肩部にバームが発達し、その陸側に形成された静穏域が動植物の生息生育に良好な条件となることを期待した。整備後のモニタリング調査によれば、バームは概ね計画通り発達し静穏域が形成され、植生帯が拡大・再生するとともに、ヒヌマイトトンボやヤマトシジミなどの生物の移入も確認され、一定の効果が確認された。しかしながら、調査区域西側の測線③～⑤についてはバームが陸側へ移動し、静穏域が想定よりも狭くなった。この原因として西側の測線⑤付近では東部と比較して沖水深が大きく波浪が高いことが考えられた。バームは現在まだ安定状態に達しておらず、西部ではさらに陸側に砂が移動し、バームが接岸する可能性がある。このような現象が続くようであれば、結果背後の静穏域の面積が狭まり、ヒヌマイトトンボの生息可能域が狭まる可能性がある。この点についてはさらに検討を加える必要がある。

謝辞：本論文は、涸沼植生帯等再生整備検討委員会における検討結果の一部を報告したものです。検討委員および関係各位の多大なご助言、ご協力に感謝致します。

## 参考文献

- 1) 宇多高明・照澤孝雄・見澤正勝・熊谷明子・新沢 丘・内田肇：湖岸植生帯の新しい再生手法―茨城県涸沼の例―，河川技術論文集，第11巻，pp.511-516, 2005.
- 2) 中村 圭吾・天野 邦彦：霞ヶ浦における湖岸保全対策の評価，応用生態工学会誌，Vol.11, No.1, pp.81-88, 2007.
- 3) NPO法人斐伊川流域環境ネットワーク：宍道湖ヨシ再生プロジェクト, 2005.
- 4) 滋賀県琵琶湖環境部自然環境保全課：琵琶湖北地域ヨシ群落再生事業平成20年度実施計画(案), 2008.
- 5) 宇多高明・見澤正勝・古川秀一・今村史子・城野裕介：湖岸植生帯の再生手法に関する検討，水工学論文集，第51巻，pp.1451-1456, 2007.
- 6) 宇多高明・見澤正勝・中村和也・竹廣 学・今村史子・城野裕介：涸沼における湖岸植生帯再生のモニタリング調査報告，河川技術論文集，第14巻，pp.397-402, 2008.
- 7) 武田一郎・砂村継夫：バームの形成条件と高さ，地形，Vol.3, pp.145-157, 1982.
- 8) 宮下 衛：ヒヌマイトトンボ生息地の立地条件とその復元に関する一考察，環境システム研究論文発表会講演集, No.28, pp.475-483, 2000.

(2009. 9. 30受付)