

## 「解明！ なぜ、ヒシモドキは絶滅するのか？ II」 ヒシとヒシモドキの生存戦略の違いが運命をわけた

吉村真由・渡邊健太郎・平嶋祐大  
(兵庫県立大学附属高等学校自然科学部生物班)

### 1. はじめに

里山やため池など私たちの身近な環境から、急速に生物多様性が失われている。

ヒシモドキもそのような植物の1つで、絶滅の危機にある一年生の水草である。兵庫県のため池は4万カ所以上あるが、自生地は1カ所しかない。全国的に見ても極めて稀な植物といえる。環境省レッドデータ絶滅危惧 I B類、兵庫県レッドデータ Aランクに指定されている。

ヒシモドキを絶滅から救うために、生育条件を調べ、自生地を守るために以下の方法が有効であることがわかった。(共生のひろば 2014で発表)

- ① ヒシモドキは陽生植物である。日照条件が悪いと種子ができなくなるので、自生地のガマやアシなどの大型草本を刈り取る。
- ② 水深が深くなると、ヒシモドキの根は土壌にとどかなくなり、養分を吸収できず種子ができないので、水深30cm程度より浅い水深を維持する。

今回は、普通種の水草ヒシとヒシモドキの生態などを比較し、多くのため池でヒシは大繁殖しているのに、なぜヒシモドキは絶滅するのか原因を調べた。

比較したのは以下の3点である。

- ① 根のはたらきの違い → 養分を吸収するのは水中根か地中根か。
- ② 果実の形態の違い → 種子の散布能力に違いはあるのか
- ③ 発芽率の違い → 土壌シードバンクを形成するのか

### 2. ヒシモドキとヒシの生存戦略を比較—根の機能に違いはあるのか？

これまでの実験でヒシモドキは用土のある時は地中根に側根が発達していた。用土のないときは側根は形成されず、生育が悪かった。

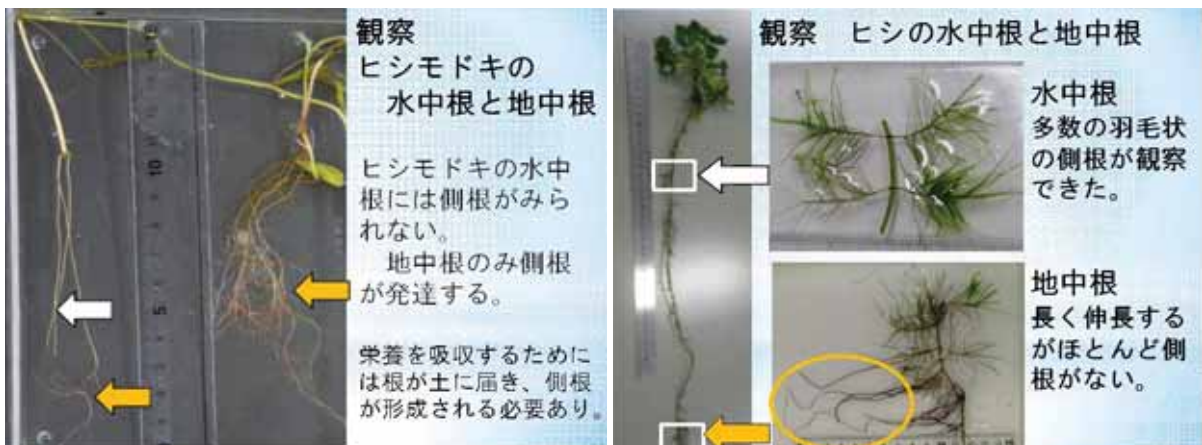


図3 ヒシモドキ (左) とヒシの水中根と地中根



図1 ヒシモドキ



図2 ため池の優占種ヒシ

ヒシモドキの根は、側根のある地中根から栄養を吸収しているが、側根のない水中根では栄養が吸収できないと考えた。ヒシの根は、羽毛状の側根を多数もつ水中根から栄養を吸収しているが、側根のあまり無い地中根は養分を吸収していないと考えた。

### 実験方法

培養液は市販の粉末肥料ハイポネックス1000倍液を用いた。肥料濃度の変化は水耕栽培で利用されている、培養液の電気伝導率を測定する方法を用いた。

電気伝導率が低下することで、肥料の吸収の程度を知ることができる。

### 実験1 ヒシモドキの地中根は養分を吸収するのか？

ヒシモドキの側根の形成を促進するために赤玉土を入れた栽培容器と、側根の形成ができないように赤玉土を入れない栽培容器を準備してヒシモドキを栽培した。比較のために、植物をいれない容器も準備した。その後、電気伝導率を測定し肥料の吸収能力を調べた。実験はA、Bの2グループでおこなった。

図4の写真の左3つは赤玉土を入れた容器。右3つは赤玉土を入れない容器。下の二つは対照実験のため植物は入っていない。



図4 実験開始時のヒシモドキ

### ヒシモドキは地中根で養分を吸収

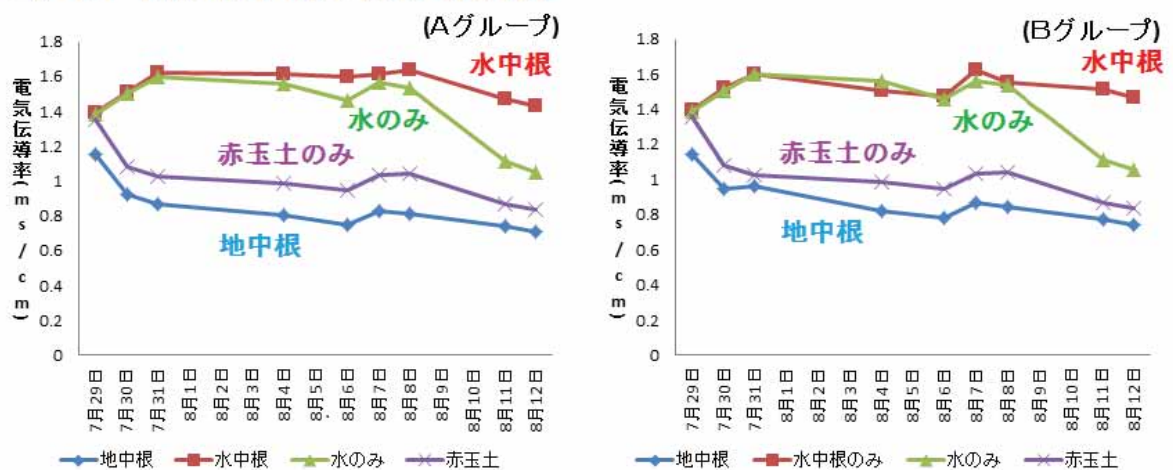


図5 ヒシモドキの水中根と地中根の吸肥能力の違い

**結果1** 赤玉土を入れた容器は、実験初期に電気伝導率は大きく低下した。この原因は肥料成分が赤玉土に吸着されたためと思われる。地中根がある場合に比較して、水中根のみのヒシモドキはあまり養分を吸収できないことがわかる。なお、対照実験のために水のみ入れた容器は8月8日から11日にかけて急激に電気伝導率が低下しているが、豪雨時に雨水が入ったためと考えられる。図6の右2つのヒシモドキは赤玉土が無いので地中根を形成できない。そのため養分を吸収できず葉は黄緑色で数も少なく、生育が著しく悪い。



図6 実験後のヒシモドキ

## 実験2 ヒシの水中根は養分を吸収するのか？

同じくらいの大きさのヒシを選び一方は水中根を残し（図7左2本）、他方は水中根を除去した。なお、地中根はともに残している。

培養液は粉末ハイポネックス1000倍液を用いた。実験はA・Bの2グループでおこなった。対照実験として植物を入れない容器も準備した。

### 結果2

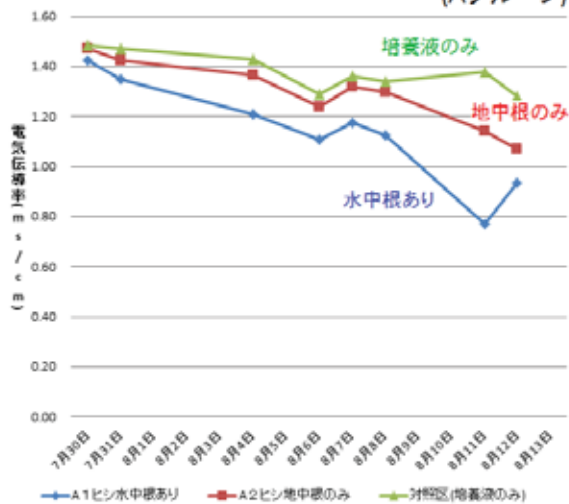
予想したとおり、結果は2セット（A・Bグループ）共に、ヒシは羽毛状の水中根がある時に電気伝導率の低下が大きく、水中根は地中根より効率よく養分を吸収していることがわかる。水中根の役割は主に植物体を流されないように固定することと考えられる。

実験終了時、水中根を取り除いたもの（図9の右側）は、葉が溶けるように枯れてしまったことから、水中根が養分吸収に重要であると考えられる。



図7 実験開始時のヒシ

### ヒシは水中根で養分を吸収 (Aグループ)



### (Bグループ)

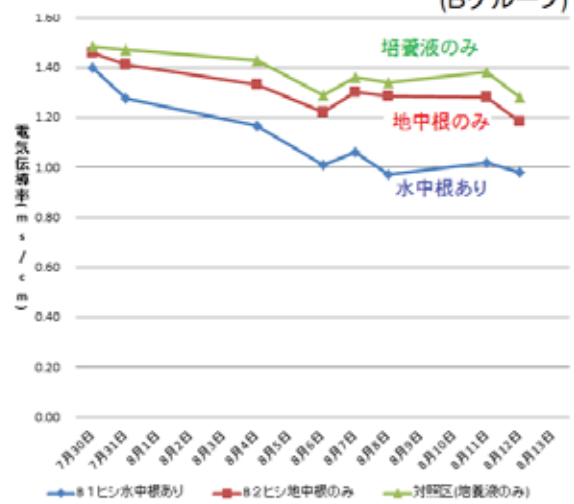


図8 ヒシの水中根と地中根の吸肥能力の違い

**考察** 浮葉植物であるヒシモドキは水底に根を下ろすために、水面より水中根を伸長させる。しかし水中根は、生育に十分な養分を吸収するはたらきをもたない。したがって水深が深くなると、ヒシモドキは側根ができないので急速に成長が悪くなり枯死する。

水中根を取り除いたヒシは実験開始2週間後には枯れた（図9の右）。ヒシは地中根だけでは生育に必要な養分の吸収ができなかったことがわかる。

ヒシの地中根は水流に流されないための「アンカー」で養分吸収はあまりしない。ヒシの茎が途中で切断されても、茎には水中から養分を吸収可能な水中根が多数あるので生育に支障はない。



図9 実験終了時のヒシ



### 3. ヒシモドキとヒシの生存戦略を比較—果実の突起のはたらきを調べる

忍者の道具「マキビシ」に利用されたように、ヒシの果実にはするどいトゲがある。一方ヒシモドキはツルのような長い突起が5本存在する。この特徴的な果実はそれぞれの植物の生存戦略と考えられる。

ヒシとヒシモドキの果実の機能の違いや種子の性質の差が、ヒシモドキが絶滅し、ヒシがため池の普通種になる要因ではないかと考えた。改修工事のためにため池の水が抜かれてしまったヒシモドキの自生地から、ヒシとヒシモドキの果実を持ちかえり、トゲやツルの役割について調べた。

また土壌シードバンク（埋土種子集団）の形成について調べた。

#### 実験3 ヒシモドキのツルは「巻きひげ」か？

上下3本のツルは巻きひげの役割があると考えた。そして果実が流されないように、水草などに巻きつくと予想した。

もし、ヒシモドキのツルが巻きひげならば近くにあるものに巻き付くはずである。そこでヒシモドキ栽培容器に金網・ネット、竹串をいれてヒシモドキを植え込み、できた果実のツルが金網などに巻き付いているか観察した。

#### 結果3

金網上の果実の27個、ネット上の果実79個のうち、ツルの先端が巻き付いた数は各1～2個程度であった。竹串を入れた容器では38個のうち0個であった。巻き付いたツルは偶然的であり、ツルは「巻きひげ」のはたらきはないことがわかった。

**考察** ヒシモドキのツルの形は巻きひげに似るが、実験結果から、巻きひげとはいえなかった。水の抜かれた自生地のため池の底にみられたヒシモドキの果実（発芽済みも含む）を観察したところ、果実のツルが互いに絡まり合っ毛玉のような状態であった。ツルは水流によって果実が流されないためのしくみであると考えられた。ほとんどは発芽済みの果皮であり未発芽種子が流されないように、発芽済みの果皮も数年間は腐らずに種子の流出を防ぐために役立つことがわかった。

#### 実験4 ヒシのトゲの役割は「ヒツキ虫」？

ヒシの果実を網ですくうと、なかなか網から離れなかった。これはヒツキ虫と同じ仕組みで、果実にトゲなどがあり水鳥などに付着して種子散布をしていると予想した。

実体顕微鏡でヒシのトゲを観察したら、ヒシのトゲの先端には「カエシ」が多数見られた。まるで魚を刺す「モリ」のようだ。

自生地ではマガモやヒドリガモなどが飛来することを確認している。実際に水鳥など動物に運ばれた痕跡がないか、ため池から果実を持ち帰り調べることにした。

#### 結果4

2014年3月27日に採集したヒシの果実1292個のうち608個にトゲの部分に羽毛が付着していた。割合としては47.1%であり予想を大きく上回る数であった。



図10 ヒシの果実



図11 ヒシモドキの果実



図12 金網に巻き付いた果実



図13 水底の果実の状態

カモなどの水鳥によりヒシの果実は移動することがわかった。

ヒシモドキの果実の場合、自生地から持ち帰った1855個のうち羽毛の付着したものは0個であった。ヒシモドキのツルの先端を実体顕微鏡で観察しても、ヒシにみられたようなカエシはない。

**考察** 実際に多くのヒシの果実に羽毛が絡まっており、なかなか取り除くことができないくらいしっかり付着していた。このことから、ヒシは想像以上にカモなどの水鳥を種子散布に利用していることがわかった。

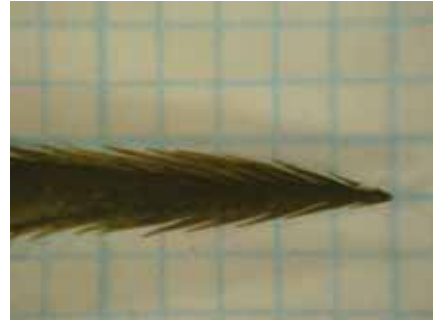


図14 ヒシの棘のかえし



図15 ヒシのトゲに付着している羽毛



図16 海岸に漂着したヒシの果実

一方ヒシモドキは、これまでヒシと同様に水鳥により種子散布すると考えられていたが、自生地の果実の観察から、水鳥の羽毛に付着して果実が移動することは、極めて困難であると考えられる。

また、兵庫県高等学校西播磨地区自然科学部合同海浜植生調査時、漂着物の中に多数のヒシやオニビシの果実が観察できた。ヒシは水鳥により空路をつかって種子散布するだけでなく、水流による種子散布も優れていることが確認できた。

#### 実験5 土壌シードバンクは存在するか？

野生植物は一度にすべての種子が発芽しない。発芽時期をずらすことで、生育期間中の乾燥や低温などの異常気象による絶滅を回避している。

ヒシとヒシモドキの果実を自生地より持ち帰り、未発芽種子の数と割合を調べた。

#### 結果5

ヒシモドキは2014年3月27日に自生地より持ち帰った果実1855個中、種子の入ったものは8個(0.4%)であった。その果実を水につけておいたところ、4月中にはすべて発芽した。ヒシは果実1292個中、796個(61.6%)に中身(種子)があった。

ヒシモドキについては屋外の栽培でも、乾燥保存した種子を除いて、ほぼすべての種子が翌春に発芽することを確認している

**考察** ヒシは果実が数年間にわたり、まばらに発芽するが、ヒシモドキは翌春にほとんどの種子が発芽するためにシードバンクの形成は困難であると予想される。

また、栽培により得られたヒシモドキの果実と自生地から採集したヒシの果実を、実験室内で同じバットに水につけておいたところ、ヒシモドキは腐った種子を除いてすべて発芽したが、ヒシは発芽しなかった。

このことからヒシモドキの種子は翌春にほとんどが発芽してしまい、土壌シードバンクを形成できないことがわかった。一方ヒシは翌春に発芽する種子は少数であることが予想される。

土壌シードバンクをもたないヒシモドキは、環境の悪化を休眠種子で乗り越えることができずに消滅した自生地も多いと考えられる。

### 3. 結論 ヒシはため池の覇者となり、ヒシモドキは絶滅するのか？

ヒシは水底で発芽し水面に向かって茎を伸長成長させ水面に到達すると放射状に葉を展開する。ため池周辺で採集したヒシの茎の長さは5m近い株もあった。水深の深い場所ではさらに伸びる可能性が高い。

一方ヒシモドキの水中根は20~30cm程度で、水深が深い場所では水底に根が届かず、養分を吸収する地中根を形成できない。

ため池の改修工事により貯水量が増加し水深が深くなることで、絶滅したヒシモドキも少なくないと考えられる。

ため池周辺部の水深の浅い場所に生育するヒシモドキは樹木の枝が水面に張り出したり、アシやガマが生育すると、光量不足のためにヒシモドキは生育不良となり、種子ができなくなる。

一方ヒシは、アシやガマなどが生育できない水深のある池の中央部でも長い茎に生えている水中根で養分を吸収し生育できるので、種間競争することなく繁栄することができる。

あらたな生育環境をもとめて移動する種子散布能力もヒシに比較してヒシモドキは極めて低いため、新たな自生地が増えることはない。さらにヒシモドキの種子は翌春にほぼすべてが発芽するために、土壌シードバンクを形成できない。そのためヒシモドキは生育期に干ばつなど環境の悪化があった場合、急速に絶滅へと向かう。農耕の普及にともなう水辺の環境変化は、ヒシの生態には有利に作用した。しかしヒシモドキは、本来浅い日当たりの良い水辺の植物であり、ため池の環境に適応した生態とはいえない。

ため池に遺存種として生育しているヒシモドキは、日照や水深などの環境変化によって絶滅する危険性が極めて高い植物であり、残された自生地の保全は急務といえる。



図17 ヒシの茎と水中根



図18 浅瀬のヒシモドキ

### 4. 参考文献

- 角野康郎 (1994) 日本水草図鑑, 文一総合出版  
環境省 生物多様性情報システム <http://www.biodic.go.jp/J-IBIS.html>  
兵庫県 (2010) 兵庫の貴重な自然 兵庫県版レッドリスト2010 (植物・植物群落)  
田中法生 (2012) 『異端の植物「水草」を科学する』 ベレ出版.  
丸山純孝ほか (2002) 絶滅危惧種ヒシモドキの調査報告書, 河川整備基金助成事業  
丸山純孝ほか (2003) 絶滅危惧種ヒシモドキ群落の水位と発達過程, 河川整備基金助成事業  
田崎 冬記ほか (2006) 北海道十勝川水系に自生する絶滅危惧種ヒシモドキ (*Trapella sinensis* Oliver) の保全対策に向けて  
田崎冬記ほか (2008) 日本国内における北限の絶滅危惧植物ヒシモドキ, 34 (1) p. 51-56, 日緑工誌.  
加藤亮太ほか (2008) 異なる栄養条件下におけるヒシモドキの成長と繁殖, 水草研究会誌 No. 90  
山形県環境科学研究センター (2008) 村山市内のヒシモドキ保全対策と効果調査報告書  
兵庫県立大学附属高校自然科学部生物班 (2013) ヒシモドキ環境教育キットの改良