



Ecological studies of an amphibious plant Schoenoplectus lineolatus with special reference to the mechanism of population maintenance

Ishii, Jun

(Degree)

博士 (理学)

(Date of Degree)

2004-03-31

(Date of Publication)

2014-08-11

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲3129

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1003129>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



【 292 】

氏 名・(本 籍) 石井 潤 (大阪府)
博士の専攻分野の名称 博士(理学)
学 位 記 番 号 博い第262号
学位授与の 要 件 学位規則第4条第1項該当
学位授与の 日 付 平成16年3月31日

【 学位論文題目 】

Ecological studies of an amphibious plant *Schoenoplectus*
lineolatus with special reference to the mechanism of
population maintenance
(両生植物ヒメホタルイ个体群の維持機構に関する
生態学的研究)

審 査 委 員

主 査 教 授 渡邊 邦秋
教 授 角野 康郎
教 授 竹田 真木生

(氏名： 石井 潤 NO. 1)

両生植物は、干出状態でも水没状態でも生存可能という他の水生植物にない性質を持ち、水位変動の大きい環境に適応した特徴的なグループである。両生植物に関しては、形態、生理、光合成、成長に関する詳細な研究が行われ、その結果、空中から水中へ、あるいはその逆という劇的な環境変化に対して、自己を可塑的に調節する仕組みが明らかにされてきた。しかし、両生植物が、干出と水没を繰り返す変動環境下で、個体群を永続的に維持する機構についてはほとんど調査が進んでいない。本研究では、カヤツリグサ科ホタルイ属のヒメホタルイ *Schoenoplectus lineolatus* を対象として、野外および圃場での調査・実験を行い、両生植物における永続個体群の維持機構を明らかにすることを目的とした。

第1章では、現在までの両生植物に関する研究を整理し、さらに、他の水生植物における永続個体群の維持機構を概説している。

第2章では、野外のため池において、3段階の水深 (0, 0.3, 0.7m) でヒメホタルイの比較栽培実験を行い、成長および繁殖を比較した。ヒメホタルイは、1本の稈を地下茎の節から伸ばしながらクローン成長をするモジュール構造を持ち、稈と地下茎を一単位のラメットと見なし、「ラメット数」の増減を追跡した。水深0mは常に干出状態であり、水深0.3mと0.7mは常に水没状態だった。

ヒメホタルイのラメットはどの水深でも指数関数的に増殖し、7月から10月までの約3ヶ月で、1平方メートル当たりの最大密度は水深0m、0.3m、0.7mでそれぞれ4876、1380、2452の数となった。水深0mは水深0.3mおよび0.7mの2倍以上であった。ラメットの増殖速度は、水深0mでもっとも大きかった。

ヒメホタルイは、繁殖器官として種子と殖芽を生産する。種子は常に干出状態だった水深0mでのみ生産された。この結果は、ヒメホタルイが水中では有性繁殖を行えない両生植物であることを明らかに示している。一方、殖芽は全ての水深で生産された。殖芽の総生産量と生産数、1個当たりの乾燥重は、いずれも干出状態でもっとも大きくなった。殖芽の総生産量は、水深0m、0.3m、0.7mでそれぞれ8173mg、493mg、580mg、生産数はそれぞれ372、57、90、1個当たりの乾燥重はそれぞれ21.0mg、8.6mg、6.3mgであった。

以上の結果から、ヒメホタルイのクローン成長と有性および栄養繁殖のための良好な環境は干出状態であり、野外個体群においては、岸辺がもっとも良好な環境であると考えられた。

第3章では、ヒメホタルイの有性繁殖の水深による制限メカニズム、および有性繁殖と水位変動の関係についての調査を行った。

野外の3ヶ所のため池で、ヒメホタルイの出穂、開花、結実を観察した。出穂は、干出状態および水没状態のいずれにおいても観察されたが、水深が深く

(氏名： 石井 潤 NO. 2)

なると累積出穂率は減少する傾向があった。出穂した稈は出穂しない稈に比べ有意に長く、水深が深くなると稈の長さは短くなる傾向があった。そのため、水深が深くなるのに伴い稈の成長が十分でなく、その結果、出穂が制限されたと考えられた。

開花は水面上でのみ観察された。開花しなければ種子は全く生産されなかった。しかし、開花後水没しても結実した。3ヶ所のため池のうち1ヶ所のため池では、8月から9月上旬にかけて一時的に水位が大きく低下した。このとき、干出に伴う開花が観察された。

ヒメホタルイが種子を生産するためには、水上で開花することが必須である。しかし、普段水深の深い場所でも、一時的な水位低下によって干出すれば、種子を生産できる。ヒメホタルイの種子生産のためには、水位低下の程度、期間、時期が重要だと考えられる。

第4章では、野外のため池において、4段階の水深 (0, 0.3, 0.7, 1.1m) でヒメホタルイの栽培実験を行い、種子と殖芽の発芽と定着を比較した。

ほとんどの種子は、実験を開始した4月から5月上旬までの約4週間の間に発芽した。水深0.3mと0.7mでは、夏の一時的な干出時に新たな発芽が観察され、発芽数がそれぞれ50%および114%増加した。最終的な発芽数は水深0mで最大となり、その他の水深に比べて3.2倍以上多かった。一方、殖芽は、実験を開始後2週間以内にほとんどが発芽し、どの水深においてもすべての殖芽が発芽した。

種子由来の個体は、どの水深においても、時間の経過に伴い死亡個体が徐々に増加したが、9月以降は死亡は観察されなかった。最終的な生存率は、水深0mにおいて58.3%で最大となり、水深の増加に伴い減少する傾向があった。一方、殖芽由来の個体は7月と8月に一部の個体の死亡が観察されたが、最終的な生存率はどの水深でも高く、90%から100%の範囲だった。

以上の結果から、ヒメホタルイは、種子の発芽および実生の定着に良好な環境は干出状態であるのに対して、殖芽は水深の影響を受けないことが明らかになった。しかし、普段水深の深い場所でも、一時的な水位低下によって干出すれば、種子は新たに発芽した。その結果、種子による新たな定着が誘導されたと考えられた。

第5章では、ヒメホタルイの永続個体群の維持における種子の水散布の役割を解明した。圃場において、3段階の水深 (干出状態、抽水状態、水没状態) でヒメホタルイを栽培し、花序からの種子の散布場所を観察した。ヒメホタルイは、干出状態では土壌表面に種子を散布し、抽水状態では水面および水中に種子を散布した。水没状態では、水中にのみ種子を散布した。

次に、種子の浮遊能力に関して実験を行った。水面に放たれた種子はすべて水面に浮遊したが、水中に放たれた種子はわずか 3%の種子しか浮遊しなかった。一方、干出した土壤に散布された種子が、その後水位上昇にさらされた場合の状況を調べた。直接の降雨によって水位が上昇したときは、種子は 1%しか水面に浮遊しなかった。上流域で降雨後、水が流入して水位が上昇する場合をシミュレートするため、側面から水を注いだところ、97.7%の種子が浮遊した。以上の結果、ヒメホタルイの種子は、水面に放たれた場合と上流域で降雨後水が流入して水位が上昇した場合に、水によって散布されるチャンスがあることが明らかになった。

ヒメホタルイの種子は、抽水状態では水によって岸边に散布される可能性があるが、水没状態では強い水流がない限り水散布の可能性は低いと言える。深い水深の場所において、一時的な水位低下のとき生産された種子は、水散布されずにその場で定着するか、上流域で降雨後水が流入して水位が上昇した場合は、水散布されて岸边で定着すると考えられる。

第6章では、兵庫県加西市新池において、ヒメホタルイを含む両生植物と他の植物の分布を3本のライントランセクトを使って調査した。

陸上植物と抽水植物は岸边付近で優占していたのに対して、浮葉植物と沈水植物はほとんど観察されなかった。対照的に、両生植物は水中で優占していた。新池で優占していた両生植物の多くは、isoetid の生育形を示し、新池では、貧栄養のために、他の水生植物が増殖できず、貧栄養に適応した isoetid の両生植物が水中で優占していたと考えられる。

ヒメホタルイは、他の両生植物より深い水深で優占していた。より深い水深では、生育種数が減少した。そのため、ヒメホタルイは、競争相手が少ないかあるいは存在しないより深い水深で優占していたと考えられる。そのようなハビタットにおいて、ヒメホタルイの永続個体群は、一時的な水位低下による干出という限られた機会に種子によって定着し、その後はクローン成長および栄養繁殖によって維持されていると考えられる。

ヒメホタルイの永続個体群は、有性繁殖に関しては、種子の生産、発芽、実生の定着ともに水中では制限されるにも関わらず、比較的短期間の水位低下による干出を利用していずれも促進される。また、種子の水散布は、水位変動下での定着を促進すると考えられる。一方、水位が上昇している間は、クローン成長と栄養繁殖によって個体群を永続的に維持することができる。このような個体群の維持機構は、特に水位が非予測的に変動する環境下で極めて効果的に機能すると考えられる。ヒメホタルイを含めた両生植物のハビタットの特徴は、非予測的な水位変動にある。沈水状態で群落が常時維持されていることは、ヒ

メホタルイ個体群の維持にとって重要な意味を持つと考えられる。

氏名	石井 潤		
論文 題目	Ecological studies of an amphibious plant <i>Schoenoplectus lineolatus</i> with special reference to the mechanism of population maintenance (両生植物ヒメホタルイ個体群の維持機構に関する生態学的研究)		
審査委員	区分	職名	氏名
	主査	教授	渡邊 邦秋
	副査	教授	角野 康郎
	副査	教授	竹田 真木生
	副査		
副査			
要 旨			
<p>両生植物は、干出（陸生）状態でも水没状態でも生育が可能で、水位変動の大きい環境に適応した植物群である。両生植物に関しては、その特異な生態から形態の可塑性や異なった環境下での生理的適応などに関して、これまでさまざまな研究が行われている。その結果、気中から水中へ、あるいはその逆という劇的な環境変化に対する適応の様相が明らかにされてきた。しかし、両生植物が、大きな水位変動を繰り返す変動環境下で個体群を永続的に維持する機構についてはほとんど調査が進んでいない。本研究は、カヤツリグサ科ホタルイ属のヒメホタルイ <i>Schoenoplectus lineolatus</i> を対象にその形態の単純さに着目し、またさまざまな水位変動パターンを示すため池という身近なフィールドを活用して詳細な野外調査と実験を行い、水位変動下における両生植物の個体群維持機構を明らかにすることを目的としたものである。</p> <p>第1章では、野外のため池において、干出条件を含む計3段階の水深でヒメホタルイの比較栽培実験を行い、成長および繁殖を比較している。ヒメホタルイは、稈と地下茎を一単位にクローン成長をするモジュール構造を持つので、それを1ラメットと見なし、「ラメット数」の増減として追跡した。</p> <p>ヒメホタルイのラメットはどの水深でも指数関数的に増殖したが、水深 0mすなわち干出条件で増殖速度は最大であった。栄養繁殖器官である殖芽は全ての水深で生産された。殖芽の総生産量と生産数、1個当たりの乾燥重は、いずれも干出状態でもっとも大きくなった。このように成長と繁殖器官の生産は、陸域で最大となり、光条件が悪化する水中では低下することが明らかになった。但し、各ラメットの寿命は水中のほうが長く、水中がより安定した環境であることが示唆された。</p> <p>第2章では、ヒメホタルイの有性繁殖の水深による制限メカニズム、および有性繁殖と水位変動の関係についての調査を行っている。ヒメホタルイの出穂、開花、結実を観察した結果、出穂は、干出状態および水没状態のいずれでも観察されたが、開花は水面上でのみ観察された。種子生産も水面上で開花した場合に限られていた。開花後に水没することは結実を妨げていなかった。ヒメホタルイにおいては他の両生植物で報告されているような水中の閉鎖花は確認されなかった。また季節的な水位変動を伴った調査地では一時的な水位低下に伴う開花・結実が観察されている。ただし、そのためには水位低下の程度、期間、時期が重要であると結論している。</p>			

氏名	石井 潤		
<p>第3章では、野外のため池において、4段階の水深 (0, 0.3, 0.7, 1.1m) でヒメホタルイの栽培実験を行い、種子と殖芽の発芽と定着を比較した。ほとんどの種子は、実験を行った春期に発芽した。干出条件下でもっとも発芽率が高く、水中では低かったが水中で未発芽であった種子も水位低下に伴う一時的な干出によって発芽が促進された。一方、殖芽は、どの水深においてもすべて発芽している。</p> <p>種子由来の実生は、どの水深においても、時間の経過に伴い死亡個体が徐々に増加したが、9月以降は死亡は観察されなかった。最終的な生存率は、水深0mにおいて58.3%で最大となり、水深の増加に伴い減少する傾向があった。一方、殖芽由来の幼植物は7月と8月に一部の個体の死亡が観察されたが、最終的な生存率はどの水深でも高く、90~100%の範囲だった。以上の結果から、ヒメホタルイは、種子の発芽および実生の定着に良好な環境は干出状態であるのに対して、殖芽は水深の影響を受けないことを明らかにしている。しかし、普段水深の深い場所でも、一時的な水位低下によって干出すれば、種子は新たに発芽し、定着が誘導されると考えられた。</p> <p>第4章では、ヒメホタルイの個体群の維持における種子の水散布の役割を解明している。野外で起こりうるさまざまな条件をシミュレートする条件を設定して種子の浮遊能力に関する実験を行った結果、降雨等による水面の攪乱がない限り表面張力によって一定期間は浮遊を続け、発芽好適地へ水散布される機構が明らかにされた。</p> <p>第5章では、ヒメホタルイを含む群落の植生調査を行った結果が示されている。ほぼ満水状態の水域の調査結果から、両生植物はもっぱら水中で優占し、特にヒメホタルイは水深 2.5m付近まで安定した群落を形成していることが判明した。成長や結実が制限される水深部に群落が存在することは、他種との競争を避けるだけでなく、ヒメホタルイの個体群維持に重要な役割をもつ可能性について以下のような仮説を提唱している。</p> <p>ヒメホタルイの生育する水域は毎年、あるいは数年に一度大きな水位低下が起こる場所である。このような場所では満水時の水際線付近の群落は乾燥にさらされ多くの個体が枯死する現象が観察される。この場合、より深い水深で優占していたヒメホタルイが適度な条件を保った状態で陸上に姿を現し、有性繁殖ならびに栄養繁殖が促進され、個体群全体としての消滅をまぬがれる。その意味で、水没状態にあって生産力が低い群落の存在が個体群の維持に重要な意味をもっているというものである。</p> <p>このように本研究はヒメホタルイの生態的特性を明らかにする一方で、非予測的な水位変動のある環境下での個体群の維持に際して沈水状態で群落が常時維持されていることの重要性を示したもので、両生植物の生態学研究に重要な知見を得たものとして価値ある集積と認める。</p> <p>よって、学位申請者の石井潤は博士（理学）の学位を得る資格があると認める。</p>			