

## ■ 研究論文

# 茨城県菅生沼における火入れがオギ二次草原の タチスミレに及ぼす影響

Effects of Prescribed Burning on *Viola raddeana* in Wet Secondary Grassland Around Sugao-Numa, Ibaraki Prefecture, Japan

澤田みつ子\* 小幡 和男\*\* 上條 隆志\* 中村 徹\*

Mitsuko SAWADA Kazuo OBATA Takashi KAMIJO Toru NAKAMURA

**Abstract:** Effects of annual prescribed burning on *Viola raddeana*, an endangered wetland herb species were examined. We conducted 'burned site' and 'not burned site' in November 2006 in habitat of *V. raddeana*. Densities of seedlings and over-wintered individuals were recorded and sizes of over-wintered individual were measured. Soil water contents, temperatures of near ground surface and rPPFD were also compared between the two sites. Seedling densities in burned site were higher than not burned site both in 2007 and 2008. Seedling density significantly increased from 2007 to 2008 in burned site. Over-wintered individual densities in burned site were larger than not burned site both in 2007 and 2008. Therefore, annual prescribed burning was effective for seedlings of *Viola raddeana*. On the other hand, the sizes of over-wintered individual in burned site were lower than those in not burned site. Continuous burning may reduce growth rates of individuals.

**Keywords:** prescribed burning, secondary grassland, *Viola raddeana*, endangered species, wetland

キーワード：火入れ，二次草原，タチスミレ，絶滅危惧種，湿地

## 1. はじめに

タチスミレ *Viola raddeana* はスミレ科スミレ属の多回繁殖型多年生草本種である。現在、本種は関東の利根川水系（菅生沼・小貝川・渡良瀬遊水地）と、九州（宮崎県・大分県・鹿児島県）の限られた地域において、主にオギやヨシの優占する低湿地の草原内に生育し、絶滅危惧Ⅱ類（VU）に指定されている<sup>1)~3)</sup>。本種の生育環境であるいわゆるオギ原やヨシ原は資源採集の場として人の営みの場に維持され農業生態系の中に残されてきたが、明治期以降の水田等への土地利用転換によって自然の湿地は大規模に喪失した。そして今日では湿地に依存する生物の多くで減少や絶滅の危機の高まりが見られている<sup>4)</sup>。環境庁レッドデータブック<sup>5)</sup>によると、本種の生育地メッシュ数は11メッシュ（うち絶滅2メッシュ、現状不明2メッシュ）と少なく、減少の要因として植生の自然遷移、河川開発、管理放棄があげられている。そのため本種は残存する数少ない生育地をどのように保全・維持していくかが課題といえる。本研究の調査対象地である茨城県菅生沼の自生地では、管理放棄されていた生育地において、冬期に火入れを行うことによって、個体密度が増加したことが報告されている<sup>2)</sup>。

火入れや刈取りといった人為的圧力は絶滅危惧種となっている多くの草原性草本種の保全において有効な生育地の管理手法であり<sup>6), 7)</sup> 遷移の進行の抑制やリターの除去、セーフサイト創出の効果が注目されている<sup>8), 9)</sup>。また北アメリカやヨーロッパなど海外においても、湿地の草原はいくつかの絶滅危惧種の生育地になっている一方で、管理放棄や野火の抑制によって種多様性の減少や低木林化という問題が生じており、火入れや刈取りを用いた草原管理に関する研究が行われている<sup>10)~13)</sup>。

火入れは絶滅危惧種となっている草本種の保全にとって有効である一方で、毎年火入れを行った場合に必ずしも草本種の現存量が増すわけではない事例<sup>14)</sup> もあることから、火入れを継続した場合その周期によっては、絶滅危惧種を含めた草本植物へ負の影響

を及ぼす可能性もある。特定の絶滅危惧種（北アメリカ湿性プレーリーの *Lomatium bradshawii*）に対する長期間の繰り返しの火入れ影響についての研究では、今後最適な火入れ周期を明らかにするためとして1~6年の間隔に火入れ周期を変えた実験区を用いた実験デザインを提案している<sup>15)</sup>。

菅生沼のオギ二次草原を含めて、日本のヨシ、オギなどの湿地草原へ継続的に実施されている火入れのうちいくつかでは、毎年1回冬期から初春において行われている<sup>16), 17)</sup> が、特定の絶滅危惧種の保全を目的とした場合に、火入れの有無と対象種の応答について把握する必要があると思われる。

従って、本研究の対象であるタチスミレに関しても、適切な保全を行うためには、火入れを毎年継続した場合の効果と、火入れに中断期間を設けた場合の効果の差異を明らかにする必要がある。以上のことから、本研究では、火入れ管理が毎年継続して行われているタチスミレ自生地において、2年間にわたり火入れの中断実験を行うことで、タチスミレの個体数とサイズ構成に変化が生じるのかを明らかにすることを目的とした。

## 2. 調査地および方法

### (1) 調査地

調査地は、茨城県常総市、菅生沼東岸（北緯 35° 59' 45"，東経 139° 55' 20"：世界測地系）に位置する約 0.5ha のオギを優占種とする草原である（図-1）。標高約 5 m のほぼ平坦な地形である。メッシュ気候値 2000<sup>18)</sup> のデータでは 1971 年から 2000 年までの月平均気温の最高が 8 月の 25.4°C，最低が 1 月の 2.8°C であった。年間降水量の平均値は 1215.3mm で、月間降水量の平均値は最多が 9 月の 185.5mm，最少が 12 月の 33.9mm である。調査地ではオギ、タチスミレの他に、湿地性種であるヨシ（オギの中にまばらに生える）、セリ、湿地性の絶滅危惧種であるトネハナヤスリ、ハナムグラ、ホソバイヌタデ、スミレ属ではアリアケスミレ、ツボスミレなどの植物種が見られる。

\*筑波大学大学院生命環境科学研究科 \*\*茨城県自然博物館

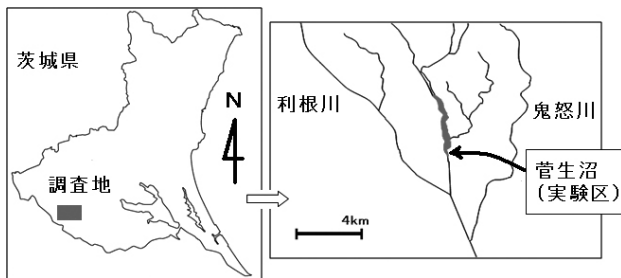


図-1 調査地  
右図の矢印の先が実験区の位置。



図-2 調査コドラートの配置

2007年と2008年に調査したコドラートは灰色，2008年のみ調査したコドラートは白色で示した。

調査地では，1998年まで付近の住民による草刈りや火入れが行われ，タチスミレにとって良好な環境が維持されてきたと考えられている。その後，管理が放棄されるとオギの枯れ葉や枯れ茎が残され地表にリターが蓄積した。そしてタチスミレは大型の個体のみがわずかに残存し，実生が見られない衰退した状態となった。2003年から毎年1月に火入れが実施されると，実生の発生がみられるようになった。タチスミレの個体密度は，2003年は2×8m 枠あたり15個体だったものが2004年には1,039個体，2006年には1,703個体に増加した<sup>2)</sup>。なおタチスミレは5月から6月にかけて開放花をつけ，その後晩秋まで閉鎖花によって種子を生産する。その間ヨシやオギに寄りかかるように茎を伸ばし続け，草丈はしばしば1mを超えるという特徴を持つ<sup>2), 19)</sup>。冬期には地上部は枯死し，翌春3月に地下部からの越冬生個体の出芽が，4月に実生の発芽が調査地で観察された。

### (2) 実験区

コドラートの設置は2006年11月に行った(図-2)。2003年以降火入れを継続している場所内に，火入れをそのまま継続する範囲と2007年から火入れを中断する範囲を隣接して設けた。以降，前者を火入区，後者を中断区と呼ぶ。両区について1×8mを0.5m四方に区切った32のコドラートを設置した。火入区への火入れは2007年1月28日，2008年1月27日に行った。タチスミレ個体密度と個体サイズの調査は，2007年は火入区16コドラート，中断区20コドラートで行った。2008年は火入れの有無によるタチスミレの反応をより詳しく把握することを調査の重点に置き，両区とも32コドラート全てで行った。

### (3) タチスミレ個体密度と個体サイズ

2007年と2008年にコドラートごとのタチスミレ個体数を記録した。タチスミレの個体数は実生個体と越冬生個体に分けて記録した。実生はその春発芽した個体であり，越冬生個体は前年からの根茎由来の個体である。越冬生個体については個体サイズとして株直径を測定した。調査は越冬生個体と新規個体である実生個

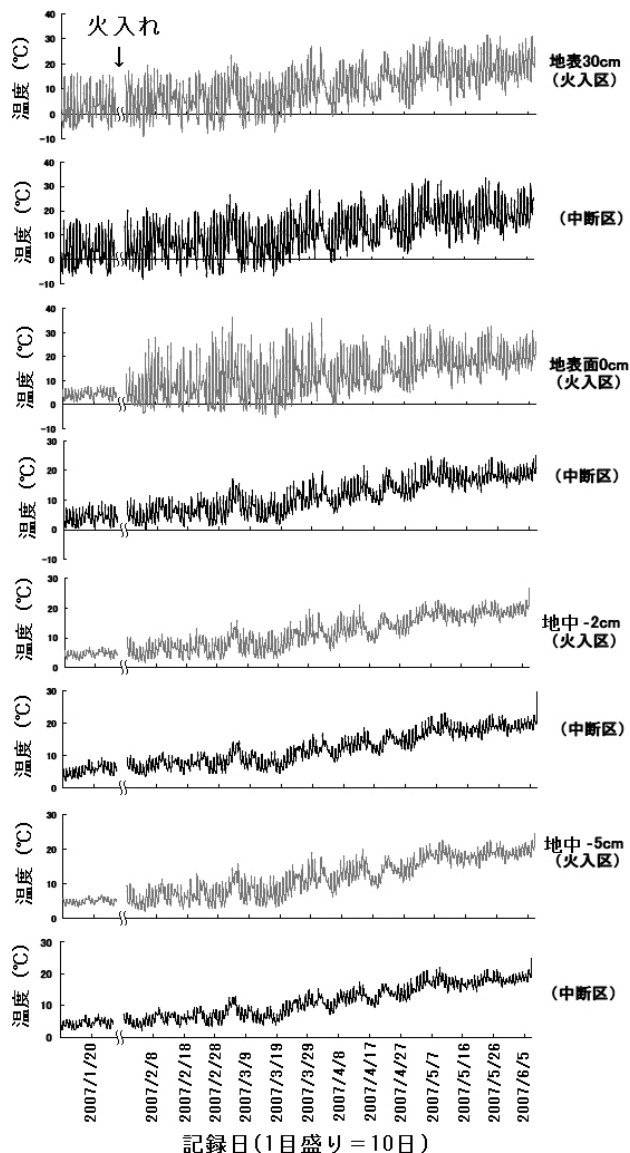


図-3 火入れ前後における地表付近の温度の日周変動

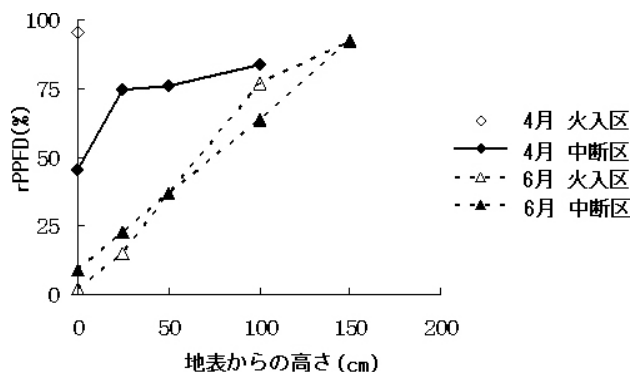


図-4 地表からの高さと同相量子密度 (rPPFD) の関係

体の判別が行える4月下旬から6月上旬にかけて行った。

### (4) 環境条件

土壌水分は，2007年7月20日に火入区内5ヶ所と中断区内5ヶ所において，TDR式土壌水分計(藤原製作所製 TDR-341F)を用いて計測した。

地表付近の温度を調べるために2007年1月から2008年6月に

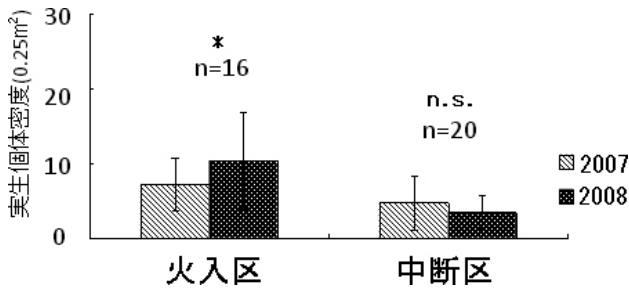


図-5 2007年と2008年を比較した実生個体の密度

p値はウィルコクソンの符号付順位和検定による (\*:p<0.05, \*\*:p<0.01, \*\*\*:p<0.001)。誤差棒は標本標準偏差を示す。

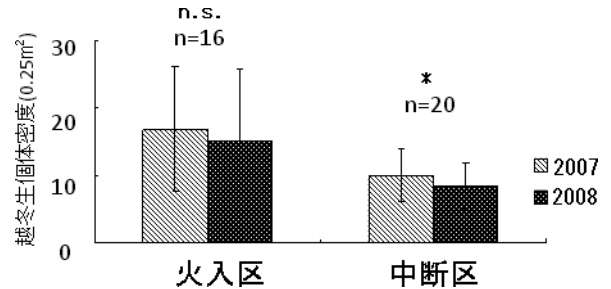


図-7 2007年と2008年を比較した越冬生個体の密度

p値はウィルコクソンの符号付順位和検定による (\*:p<0.05, \*\*:p<0.01, \*\*\*:p<0.001)。誤差棒は標本標準偏差を示す。

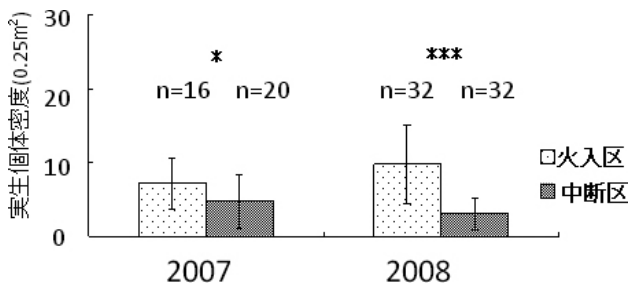


図-6 火入区と中断区を比較した実生個体の密度

p値はマンホイットニーのU検定による (\*:p<0.05, \*\*:p<0.01, \*\*\*:p<0.001)。誤差棒は標本標準偏差を示す。

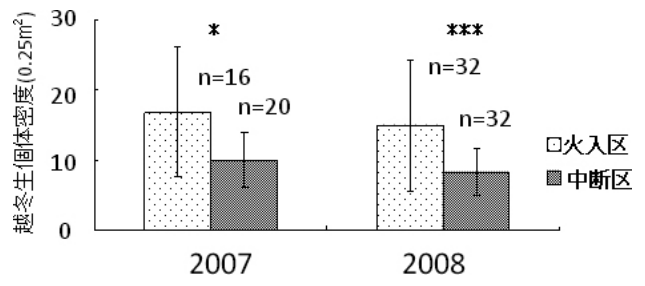


図-8 火入区と中断区を比較した越冬生個体の密度

p値はマンホイットニーのU検定による (\*:p<0.05, \*\*:p<0.01, \*\*\*:p<0.001)。誤差棒は標本標準偏差を示す。

かけて温度計付きデータロガー (ESPEC MIC CORP 社製, THERMO RECORDER MINI RT30S) を火入区と中断区の各1地点において、地上30cm, 地表面, 地中-2cm, 地中-5cmの4段階の高さに1個ずつ設置し、計8個のロガーを使用した。火入れ直前に一旦回収し、火入れ後に再設置して火入れの前後を通した記録をとった。

相対光量子密度の測定は、群落の発達による群落内の光環境変化を知るために行った。実験区内で、群落上と群落内における光量子密度を同時に測定し相対光量子密度 (rPPFD) を算出した。測定は2007年4月, 6月に行った。群落内における測定高は地表面, 及び地表から25cm, 50cm, 以降50cmごとの高さとした。なお、測定を行った測定高は地表面から群落高 (枯死体を含む) を超えない高さまでとした。測定には光量子密度センサー (Spectrum社製, Spectrum Item #36681) と専用データロガー (Spectrum社製, watch dog date logger model 200) を用いた。

### (5) 解析

データの解析には統計パッケージRを使用した。土壌水分はシャピロ・ウィルクの正規性の検定により正規性が見られたため、F検定 (等分散検定) の後に、等分散を仮定した独立したサンプルのt検定を行って火入区と中断区を比較した。相対光量子密度は火入区と中断区の比較としてマンホイットニーのU検定を行った。タチスミレの実生密度と越冬生個体密度については、2007年と2008年の比較としてウィルコクソンの符号付順位和検定を行った。さらに実生密度と越冬生個体密度はマンホイットニーのU検定によって火入区と中断区の比較を年毎に行った。タチスミレの個体サイズについては、マンホイットニーのU検定によって火入区と中断区の比較を年毎に行った。

## 3. 結果

### (1) 環境条件

#### (i) 土壌水分

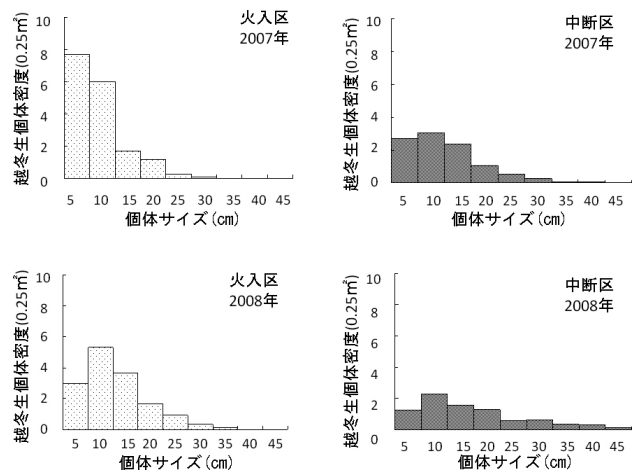


図-9 越冬生個体の個体サイズヒストグラム

土壌水分率は火入区では平均  $42.3 \pm 2.8\%$  (平均±標本標準偏差, n=5), 中断区では  $39.5 \pm 3.9\%$  (平均±標本標準偏差, n=5) であった。火入区と中断区の土壌水分の結果について等分散を仮定した独立したサンプルのt検定を行ったところ有意な差は見られなかった ( $t=1.3454$ ,  $df=8$ ,  $p=0.2154$ )。

#### (ii) 地表付近の温度

火入れ前はどの高さの測定点の記録でも火入区と中断区の温度変化パターンは類似していた (図-3)。また、火入れ後についても、地上30cmの温度変化パターンは火入区と中断区との間で類似していた。一方、地表面 (地表0cm) については、中断区に比べ火入区の温度の日変動幅が非常に大きくなった。特に、火入区の日最大温度が高くなっていた。地中-2cm, 地中-5cmも、火入れ後で火入区の日変動幅が中断区と比べやや大きくなった。地表面以下の高さにおける火入区と中断区の日変動の差は群落地上部の成長とともに4月初めごろから徐々に顕著でなくなった。

### (iii) 相対光量子密度

4月と6月に計測した各高さでの相対光量子密度を図-4に示す。4月の地表面における相対光量子密度の平均値は火入区は $95.6 \pm 7.0\%$  (平均±標本標準偏差,  $n=5$ ), 前年の枯死した植物の残る中断区は $45.5 \pm 10.2\%$  (平均±標本標準偏差,  $n=5$ )であった。火入区と中断区の相対光量子密度の結果をマンホイットニーのU検定を行った結果には有意差が見られた ( $W=25, p=0.0079$ )。6月は火入区, 中断区ともに地表面の相対光量子密度の平均値は10%以下だった。また, 6月は両区とも群落高に対して相対光量子密度は直線的に増加した。

## (2) タチスミレ

### (i) 実生個体密度

1コドラート(0.25㎡)あたりのタチスミレの実生個体密度は図-5, 図-6に示す。実生個体密度を2007年(中断1年目)と2008年(中断2年目)とで比べると, 火入区では2008年のほうが有意に高く(ウィルコクソンの符号付順位和検定,  $V=20, p=0.0241$ ) 密度が増加したことを示している。一方, 中断区では, 実生個体密度に有意な違いは見られなかった(ウィルコクソンの符号付順位和検定,  $V=121.5, p=0.1165$ )。年毎に火入区と中断区の実生個体密度の平均値を見ると, 2007年は火入区で $7.1 \pm 3.5$  (平均±標本標準偏差,  $n=16$ ), 中断区で $4.7 \pm 3.7$  (平均±標本標準偏差,  $n=20$ )であり, 2008年は火入区で $9.7 \pm 5.3$  (平均±標本標準偏差,  $n=32$ ) 中断区で $3.0 \pm 2.1$  (平均±標本標準偏差,  $n=32$ )だった。さらに火入区と中断区の実生密度についてマンホイットニーのU検定を行ったところ, 2007年, 2008年ともに有意差が見られた(2007年  $W=224.5, p=0.0405$ , 2008年  $W=931.5, p<0.0001$ )。

### (ii) 越冬生個体密度

1コドラート(0.25㎡)あたりのタチスミレの越冬生個体密度は図-7, 図-8に示した。越冬生個体数密度を2007年(中断1年目)と2008年(中断2年目)とで比べると, 火入区では有意な変化は見られなかった(ウィルコクソンの符号付順位和検定,  $V=76.5, p=0.1389$ )。中断区では越冬生個体密度が2007年より2008年が有意に低い値であり, 密度が低下したことを示した(ウィルコクソンの符号付順位和検定,  $V=140, p=0.0181$ )。年毎に火入区と中断区の越冬生個体密度の平均値を見ると, 2007年は火入区で $16.9 \pm 9.3$  (平均±標本標準偏差,  $n=16$ ), 中断区で $10.0 \pm 3.8$  (平均±標本標準偏差,  $n=20$ )であり, 2008年は火入区で $15.0 \pm 9.4$  (平均±標本標準偏差,  $n=32$ ), 中断区で $8.3 \pm 3.4$  (平均±標本標準偏差,  $n=32$ )だった。さらに火入区と中断区の越冬生個体密度の結果についてマンホイットニーのU検定を行うと2007年, 2008年ともに有意な差が見られた(2007年  $W=238, p=0.0134$ , 2008年  $W=768, p=0.0006$ )。

### (iii) 越冬生個体の個体サイズ

越冬生個体の個体サイズの平均値は, 2007年は火入区で $7.8 \pm 5.1\text{cm}$  (平均±標本標準偏差,  $n=270$ ), 中断区で $11.0 \pm 7.3\text{cm}$  (平均±標本標準偏差,  $n=200$ )であり, 2008年は火入区で $11.1 \pm 6.6\text{cm}$  (平均±標本標準偏差,  $n=481$ ), 中断区で $15.2 \pm 10.1\text{cm}$  (平均±標本標準偏差,  $n=265$ )だった。同じ年の火入区と中断区の結果についてマンホイットニーのU検定を行うと2007年, 2008年ともに有意な差が見られた(2007年  $W=19816.5, p<0.0001$ , 2008年  $W=50262, p<0.0001$ ) (図-9)。

## 4. 考察

### (1) タチスミレ個体群の密度変化

本研究の結果, 火入れを中断することによって, 越冬性個体の密度が減少することが示された。また, 実生個体の密度については, 年変化は認められなかったが, 火入区については密度の増加

がみられた。調査地では管理放棄の後の火入れの再開で個体数が増加した<sup>2)</sup>ことから管理放棄された4年間のうちに光の減少やリターの堆積したことにより個体密度が著しく減少したと推測される。

中央ヨーロッパの河川に生育するスミレ属3種(*V. elatior*, *V. pumila*, *V. stagnina*)の事例では, 生育地の管理をしていない場所では地表を覆うコケの被覆率が大きく実生数が減少したことを示し,刈取りによる草原管理の重要性が述べられている<sup>20)</sup>。また, 山火事による植生への影響においては, 変温条件を与えることで発芽が促進されるような種子や発芽に光を必要とする種子は, 火事後の地表面の黒化と日射条件の変化, 及びそれともなう熱収支の変化によって発芽が促進される可能性がある<sup>21)</sup>。火入れにおいても同様の効果が生じると予想され, タチスミレの生育にも火入れの有無による地表面の温度や光環境, 被覆物の状態の違いが大きく影響していると考えられる。ただし, 火入区における地表面の温度変動幅はオギの芽吹き後(5月~)小さくなること, 2007年6月の地表面の光環境は火入区と中断区ともに暗い環境であることから, 火入れが植物の発芽と成長に影響する群落内環境の変化に与える影響は春季に限られるものと推察された。

光の重要性は, 湿地性の草本種で絶滅危惧種であるタコノアシ(*Penthorum chinensis*)についても指摘されている。タコノアシは発芽において高い光要求性と変温条件を必要とする<sup>22)</sup>。そして, 相対光量子密度が高くリター被度の低い生育地でタコノアシの被度は高くなる<sup>23)</sup>。タチスミレと同様に湿地の草原に生育するヨーロッパのスミレ属*V. palustris*の一次休眠種子に対する発芽実験においては, 暗条件下では種子発芽が見られず, 明条件下では温度の日周期が5/15℃のものに比べ, 高温状態である15/25℃のほうが, 高い発芽率である<sup>24)</sup>。

以上のことから火入れの中断は, 光や温度の環境等に変化を生じさせることでタチスミレの個体数を減少させる, ないし増加傾向を抑制するものであると考えられる。

二次草原の維持という視点からは, 本研究の調査地の優占種であるオギと同属であるススキが優占する阿蘇の草原の事例では火入れの中断により, 直後から6年程度にかけて立ち枯れ量やリター量が増大し, その後は草原内に木本が侵入し植生遷移が進行していると考えられている<sup>25)</sup>ことから, 数年にわたる火入れの中断は好ましくないと推測される。

### (2) タチスミレの越冬個体の個体サイズ

火入区では中断区に比べて, 小型の個体が多く見られる傾向が見られた。一方で, 中断区で見られたような直径36cm以上の大型の越冬生個体を火入区では見ることが出来なかった。草本種の個体サイズと繁殖については, 雑木林の林床草本での研究<sup>26)</sup>において, 特にタチツボスミレなどの栄養繁殖をせず種子による繁殖を行う種では個体サイズ(葉数)が増加すると開花率が高くなるという結果が示されている。火入れによって個体数が増えた一方で, 繁殖への貢献度の大きい可能性がある大きな体サイズの個体が減少した場合には, 生産種子数などへの負の影響が生じることが考えられる。草原性絶滅危惧種の保全に関する北アメリカでの先行研究では, 絶滅危惧種の保全管理として継続的な効果の検討するに当たり, 個体数や個体サイズだけでなく繁殖個体数や花数, 果実数等を含めた対象種の火入れに対する応答についての評価がなされていた<sup>15)</sup>。

タチスミレにおいても, 今後火入れの継続が繁殖に及ぼす影響を明らかとすることが必要であるだろう。

## 5. まとめ

毎年継続して火入れを行うことはタチスミレの個体密度の増加に正の効果を与えることがわかった。タチスミレの更新と個体数

の増加には毎年継続して火入れを行う管理が有効であると考えられる。一方で、火入れを中断した場所でのみ大型の個体を見ることが出来た。これらの変化は火入れを行うことによって地表面の温度変化や相対光量子密度が変化したことが影響しているものと思われる。今後も継続的なモニタリングを続けながら火入れを行っていく必要があるだろう。また、刈取りによる管理を行った場合のタチスミレ個体群への影響を評価し、併用を試みる等の必要があるかもしれない。

#### 謝辞

本論文をまとめるにあたり、岐阜大学流域圏科学研究センターの津田智准教授および東京大学農学生命科学研究科の西廣淳助教には植生と火入れについて様々な面からご教授を頂き大変お世話になりました。茨城県自然博物館植物研究室の今村敬さんには温度測定の際に大きなご協力を頂き大変お世話になりました。また、茨城県自然博物館植物研究室の皆様および博物館ボランティアの皆様には調査地における火入れの実施や調査において大きなご協力を頂きました。皆様に深く御礼を申し上げます。

#### 引用文献

- 1) 茨城県 (1997) : 茨城における絶滅の恐れのある野生生物<植物編> 茨城県版レッドデータブック : 茨城県環境保全課, 19pp
- 2) 小幡和男 (2007) : 利根川支流に生きる湿地の絶滅危惧植物 : 日本植物学会第 71 回野田大会公開シンポジウム・講演会要旨集 : 日本植物学会, 小幡 1-小幡 6pp
- 3) 絶滅危惧種情報 : 環境省生物多様性情報システムホームページ : <[http://www.biodic.go.jp/rdb/rdb\\_f.html](http://www.biodic.go.jp/rdb/rdb_f.html)>, 2007, 10.5 更新, 2009.5.5 参照
- 4) 鷺谷いづみ (2007) : 氾濫原湿地の喪失と再生 : 水田を湿地として活かす取り組み : 地球環境 12(1) 3-6
- 5) 環境庁編著 (2000) : 改訂・日本の絶滅のおそれのある野生生物 (レッドデータブック) 8 植物 I (維管束植物) : 財団法人環境研究センター, 314pp
- 6) 高橋佳孝 (2004) : 半自然草地の植生持続をはかる修復・管理法 : 日本草地学会誌 50(1), 99-106
- 7) 大窪久美子 (2002) : 日本の半自然草地における生物多様性研究の現状 : 日本草地学会誌 48(3), 268-276
- 8) 松本雅道・田金秀一郎 (2006) : キスミレ (*Viola orientalis*) の生育環境特性 : 日本緑化工学会誌 32(2), 355-360
- 9) 市川貴美代・前中久行 (2003) : 絶滅危惧植物ツチグサ (*Potentilla discolor* Bunge) の個体群動態と植被の関係 : 日本緑化工学会誌 29(1), 9-14
- 10) Middleton, B. (2002) : Winter burning and the reduction of *Cornus sericea* in sedge meadows in southern Wisconsin : Restoration Ecology 10(4), 723-730
- 11) Pendergrass, K.L., Miller, P.M., Kauffman, J.B (1998) : Prescribed fire and the response of woody species in Willamette Valley wetland prairies: Restoration Ecology 6(3), 303-311
- 12) Clark, D.L. & Wilson, M.V. (2001) : Fire, mowing, and hand-removal of woody species in restoring a native

wetland prairie in the Willamette Valley of Oregon : Wetlands 21(1), 135-144

- 13) Billeter, R., Peintinger, M., Diemer, M. (2007) : Restoration of montane fen meadows by mowing remains possible after 4-35 years of abandonment: Botanica Helvetica 117(1), 1-13
- 14) Brockway, D. G. & Lewis, C. E. (1997) : Long-term effects of dormant-season prescribed fire on plant community diversity, structure and productivity in a long-leaf pine wiregrass ecosystem : Forest Ecology and Management 96(1-2), 167-183
- 15) Pendergrass, K.L., Miller, P.M., Kauffman, J.B., Kaye, T.N. (1999) : The role of prescribed burning in maintenance of an endangered plant species, *Lomatium bradshawii*: Ecological Applications 9(4), 1420-1429
- 16) 谷口哲郎・杉浦俊弘・齋藤宗勝・馬場光久・小林裕志 (2007) : 仏沼干拓地における環境教育牧場の創出 (20) 仏沼干拓地における断続火入れがヨシ (*Phragmites australis* Trin.) 群落に及ぼす影響 : 日本草地学会誌 53 (別号), 226-227
- 17) 松井圭介・丹治達義・加藤晴美 (2004) : 渡良瀬遊水地の利用形態からみたオープンスペースの多機能化 : 筑波大学地球科学系人文地理学研究グループ地域調査報告 26, 151-182
- 18) 気象庁 (2002) : メッシュ気候値 2000 (CD-ROM) : 財団法人気象業務支援センター
- 19) 佐竹義輔・大井次三郎・北村四郎・亘理俊次・富成忠夫編著 (1982) : 日本の野生植物草本 II 離弁花類, 平凡社, 251pp
- 20) Eckstein, R.L., Danihelka, J., Hölzel, N., Otte, A. (2004) : The effects of management and environmental variation on population stage structure in three river-corridor violets : Acta Oecologica 25(1-2), 83-91
- 21) 津田智 (1995) : 火の生態学 - 植物群落の再生を中心として : 日本生態学会誌 45(2), 145-159
- 22) 米村惣太郎・那須守・田澤龍三・逸見一郎・松原徹郎 (2000) : 絶滅危惧植物タコノアシ (*Penthorum chinense*) 群落の保全に関する基礎的研究 : 日本緑化工学会誌 25(4), 317-320
- 23) 大黒俊哉・白戸康人・伊藤一幸 (2003) : 絶滅危惧植物タコノアシ個体群の維持に関わる放棄水田の環境特性 : ランドスケープ研究 66(5), 599-602
- 24) Jensen, K. (2004) : Dormancy patterns, germination ecology, and seed-bank types of twenty temperate fen grassland species : Wetlands 24(1), 152-166
- 25) 山本嘉人・進藤和政・萩野耕司・平野清・中西雄二・大滝典雄 (2002) : 阿蘇地域の半自然草地における火入れ中止にともなう植生の変化 : 日本草地学会誌 48(5), 416-420
- 26) 深田健二・亀山章 (2003) : 雑木林における上層木の伐採が林床草本の生育に及ぼす影響 : ランドスケープ研究 66(5), 525-530

(2009.7.25 受付, 2010.2.4 受理)