

石川県に生育する県指定希少野生植物種オキナグサ *Pulsatilla cernua* (Ranunculaceae) の現状

吉 本 敦 子 石川県白山自然保護センター
野 上 達 也 石川県白山自然保護センター

THE CURRENT STATES OF ENDANGERED SPECIES, *PULSATILLA CERNUA* (RANUNCULACEAE), IN ISHIKAWA PREFECTURE

Atsuko YOSHIMOTO, *Hakusan Nature Conservation Center, Ishikawa*
Tatsuya NOGAMI, *Hakusan Nature Conservation Center, Ishikawa*

はじめに

オキナグサ *Pulsatilla cernua* (Thunb.) Bercht. et J. Preslは石川県ではわずか1か所にのみ生育する植物であり、2006年には「ふるさと石川の環境を守り育てる条例」で県指定希少野生動植物種の一つにも指定されている。石川県レッドデータブック(2010)では、絶滅危惧I類としても記載されている絶滅危惧植物である。オキナグサの自生地は多くは火入れや採草等人為的干渉の下で維持されてきた日当たりのよい二次草原とされている(内藤・高橋, 1998)。しかし、本県に残存する集団は河川敷の岩場に生育している。本県の自生地は、大雨による増水で、生育する植物が流されやすく、ススキ等のオキナグサを被陰する植物が生育しにくい環境である。本種は他の植物と異なり、地下部(根茎と根を含む)が岩の割れ目に食い込んでいるため、増水により一旦地上部が流されても地上部が再生することが多く、他の植物が生育できない環境で生存を続けると考えられる。個体群が局限されているという状況にも関わらず2009年、2010年、2012年には盗掘による繁殖個体の減少が確認されており、自生地における個体群の維持がますます困難になりつつある。しかし、石川県の個体群において有効な保全策を講じるために必要な自生個体の詳細な生育状況に関する報告はほとんどない。そこで、本研究は、オキナグサの自生個体群の効果的な保全策の立案のために、オキナグサの現存個体数および生活史特性、繁殖特性に関わる基礎情報を明らかにすることを目

的とし、現存個体数や開花・結実フェノロジー、交配様式、果実生産の現状について調査を行った。

調査種と調査方法

調査種

オキナグサは、本州～九州、中国北東部、朝鮮半島、シベリアなどに分布するキンポウゲ科の多年生草本である(北村・村田, 1977; 佐竹ら編, 1982)。短い根茎を持ち、複数の根出葉を付ける。花茎を1～10本ほど出し、花茎の先端に1個の両性花を付ける。雄蕊は多数で開花期の初め(葯が裂開はじめ)は明るい黄色であるが、葯の裂開が進み花粉が少なくなると白っぽくなっていく。円錐形の花床に多数の離生心皮が配列し、1心皮1胚珠で成熟すると瘦果となる。花後は花柱が伸長し、3cm～4cmになり、瘦果が成熟するころには白毛が密生する(北村・村田, 1977; 佐竹ら編, 1982)。また、キンポウゲ科の特徴でもある雌性先熟となっている。

自生個体の開花・結実フェノロジー

自生個体の生育状況及び開花状況、結実状況、それらのフェノロジーを明らかにするために、開花個体数、非開花個体数、個体ごとの花数を調査した。調査は、2010年3月31日～6月12日、9月9日～10日、2011年4月6日～6月7日、10月20日～21日、2012年4月5日～5月31日に実施し、個体が確認された6地点ごとに開花個体数、非開花個体数、個体ごとの花数を記録した。また、比較的開花個体数の多かった2地点(AM, C)で花ごとの開花・結実

(開花初日, 開花持続日数, 瘦果成熟日数(開花終了後から, 瘦果が成熟するまでに要した日数)を記録した。

授粉処理実験による交配様式の推定

交配様式の推定のために栽培個体を用いて授粉処理実験を行った。栽培個体は, 自生地から採取した瘦果を白山高山植物研究会において栽培した個体を用いた。開花前に袋がけを行い, 授粉処理を行う際に一旦袋をはずし, 処理後即座に袋をかけた。その後開花終了が確認されたのちに袋を外した。処理内容は以下の通りである。: ①強制他家授粉処理(cross); 他個体2~3個体の花粉を付加 ②強制自家授粉処理(self); 自個体の同個花の花粉を付加 ③花粉付加なしの袋がけ(bagging); 袋がけしたまま花粉の付加は行わない ④放置(open); 袋掛けせずそのまま放置, 花粉の付加も行わない。統計的な処理はSPSS ver.18を用いた。

発芽実験

発芽率と瘦果の形態との関係を明らかにするために, 瘦果の形態を計測したうえで, 発芽実験を行った。栽培個体からの瘦果を成熟時に採取し, 瘦果長(花柱を含む)を測定した。瘦果から花柱の部分を切り取り, 瘦果重を測定した(成熟瘦果率=1花あたりの成熟瘦果数/1花あたりの心皮数)。1花ごとに全瘦果を播種(採取後, 当日~2日後)し, 約2週間後, 発芽数を数えた。その後, 発芽可能瘦果率=1花あたりの発芽数/1花あたりの心皮数として算出した。

自生地における発芽可能瘦果数を推定するために, 自生個体の心皮数と発芽率を計測した。2011年, 2012年の5月に, 自生地個体の花床に残っている全瘦果数(登熟瘦果及び未熟瘦果)を数え1花あたりの心皮数を推定した。採取瘦果の一部を播種し, 発芽数測定後, 発芽可能瘦果数を推定した。

自生地の地表面温度, 土壌水分の測定

生育地の環境条件を明らかにするために, 地表面温度と土壌水分を測定した。AM地点において2011年4月7日~12月14日にHOBO Water Temp Proを用い, 地表面温度を, 同年6月7日~12月14日にTDR土壌水分測定器を用い, 土壌水分を測定した。

結 果

自生地の生育個体数および開花花数

自生地は大きく分けて6集団(6地点)に分かれて生育していた(図1)。6集団の合計個体数は, もっとも少なかった2011年で125個体, もっとも多かった2010年で199個体が確認された(表1)。地上部が確認できた個体数は年ごとに異なっていた。開花, 非開花に分けた増減幅は, 開花個体数より非開花個体数の方が大きい傾向があった。2011年は, 開花~結実期間中の5月10日の大雨による増水のため, 個体の地上部が流されてしまった。また, 3年間で実生はほとんど見られなかった。6地点ごとに

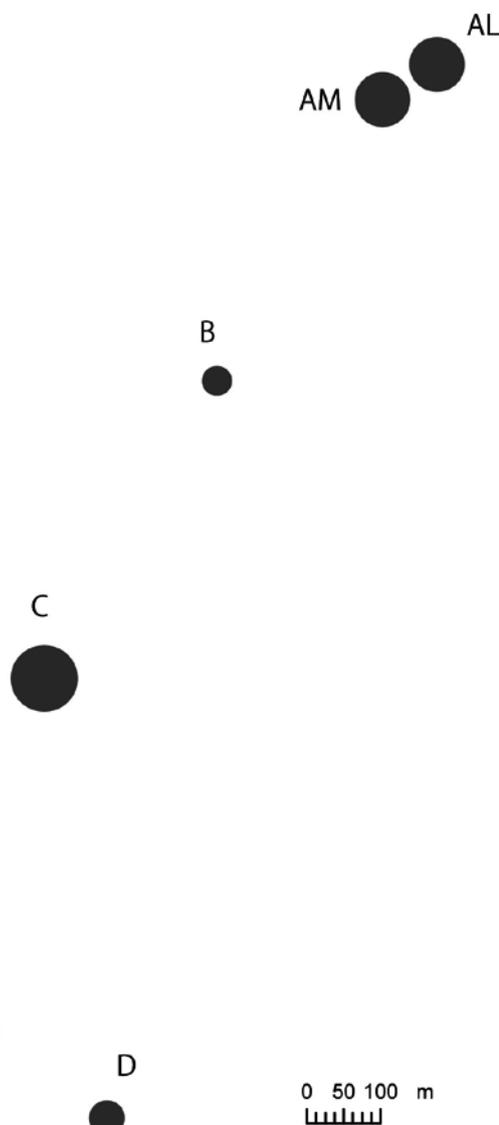


図1 6地点分布図

●の大きさは集団の概ねの大きさを表す

表1 自生地での開花個体数, 非開花個体数 (2010～2012)

地点	2010			2011			2012		
	開花個体数 (結実個体数*)	非開花個体数	秋発見 非開花個体数	開花個体数 (結実個体数*)	非開花個体数	秋発見 非開花個体数	開花個体数 (結実個体数*)	非開花個体数	秋発見 非開花個体数
AL	16 (11)	3	16	—	—	—	15 (1)	21	—
AM	18 (10)	11	4	17 (11)	9	—	17 (7)	15	—
B	5 (2)	11	30	11 (2)	8	—	5 (1)	18	—
C	27 (15)	11	5	27 (13)	24	3	26 (15)	26	—
D	7 (3)	16	10	5 (3)	18	—	6 (1)	9	—
E	3 (1)	1	5	3 (1)	1	—	1 (1)	4	—
計	76 (42)	53	70	63 (30)	59	3	70 (36)	93	—
全個体数	199			125			163		

*：1花でも成熟瘦果をつけた個体数
 -：2011増水による個体の地上部流出のため、調査不可
 2012調査未実施

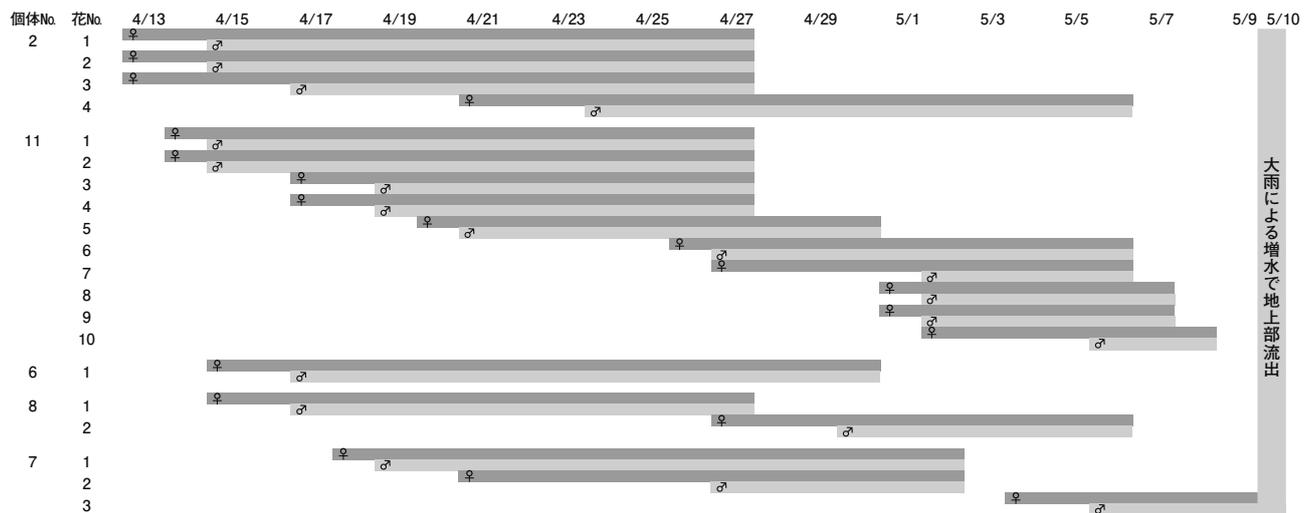


図2 2011年AM地点における開花状況 (数個体抜粋)

♀ 雌性が成熟 ♂ 雄蕊が成熟 (花粉が裂開開始以降)

開花花数を3年間記録し、結果、B, D, E地点では、2011年から2012年にかけて、C地点では2010年から2011年ならびに2011年から2012年にかけて、開花花数の減少が顕著であった(表4)。

自生個体の開花・結実フェノロジー

2011年AM地点において開花フェノロジーを観察したうちの5個体は、もっとも早い個体は4月13日から開花が始まり、遅い個体は5月10日の大雨で流されるまで開花が続いていた(図2)。どの個体の各花も(2010年, 2011年, 2012年)雌蕊の成熟が先で、1～2日遅れて葯が裂開していた。開花個体1

個体あたりで、1個～17個の花をつけた。1つの個体の各花は順々に開花し、開花期が開始から終了まで全く重なる花もあれば、遅くに開花する花は、開花期が多少ずれている場合もあった。

AM地点, C地点の開花初日及び開花ピークは3年間で両地点とも2010年が早く、次いで2012年, 2011年の順であった(表2, 図3)。開花持続日数は、両地点とも長い順に2010年, 2011年, 2012年であり(表2), 年間, 地点間で有意な差があった(表3)。AM地点における開花ピーク時の開花花数は2010年が2011年, 2012年より多かった(図3)。C地点では、開花ピーク時の開花花数は2010年が最

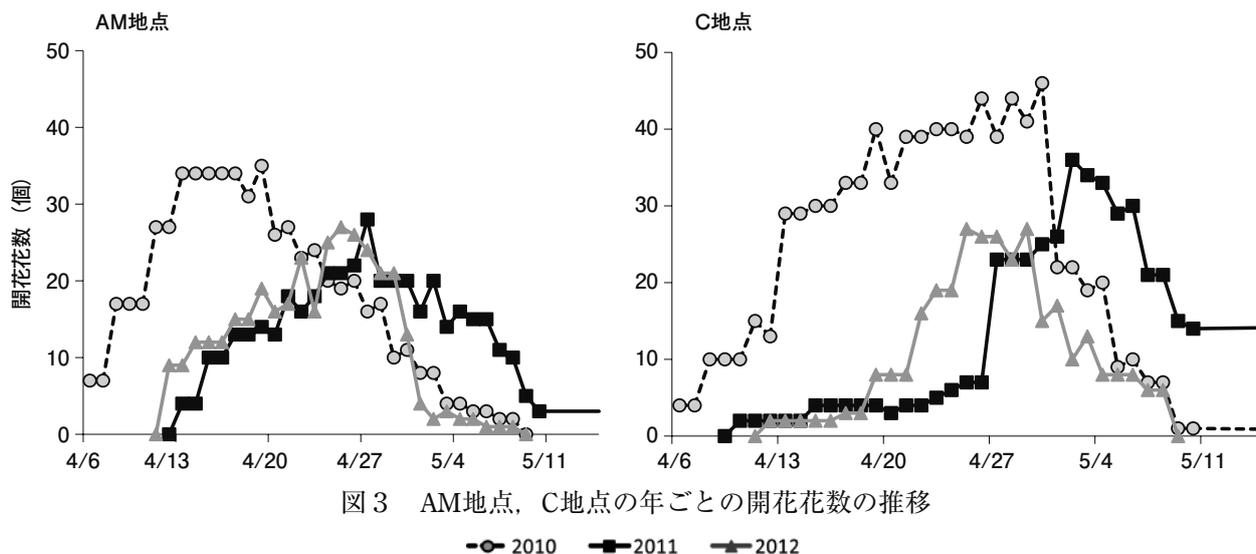


図3 AM地点, C地点の年ごとの開花花数の推移

表2 AM地点, C地点での個花の開花初日, 開花持続日数, 瘦果成熟日数

地点	年	平均開花初日	平均開花持続日数***	平均瘦果成熟日数**NS
AM	2010	4月13日	13.4 ± 3.8	24.2 ± 6.0
	2011	4月23日	10.4 ± 3.4	19.0 ± 9.9*
	2012	4月19日	8.3 ± 1.9	27.2 ± 3.7
C	2010	4月18日	12.7 ± 5.0	26.1 ± 7.2
	2011	4月28日	9.2 ± 1.9*	23.3 ± 5.1*
	2012	4月23日	7.6 ± 2.1	25.4 ± 6.1

*: 流されずに残った花

** : 開花終了から瘦果が成熟するまでに要した日数

*** : 平均開花持続日数における2-way ANOVAの結果は表3に示す通り

表3 平均開花持続日数における2-way ANOVA

ソース	SS	df	F	P
年	1331.4	2	57.830	0.000
地点	86.9	1	7.546	0.006
年*地点	30.4	2	1.320	0.269
誤差	3223.2	280		

も多く, 次いで2011年, 2012年の順であった。

開花終了日から, 瘦果が成熟するまでに要した日数は, 地上部が流された2011年を除けば, およそ25日間で, 年間, 地点間で差がなかった(表2)。

授粉処理実験による交配様式の推定

全瘦果を播種したところ, 発芽したものの98%が, 花柱の長さを含む瘦果長が30mm以上, もしく

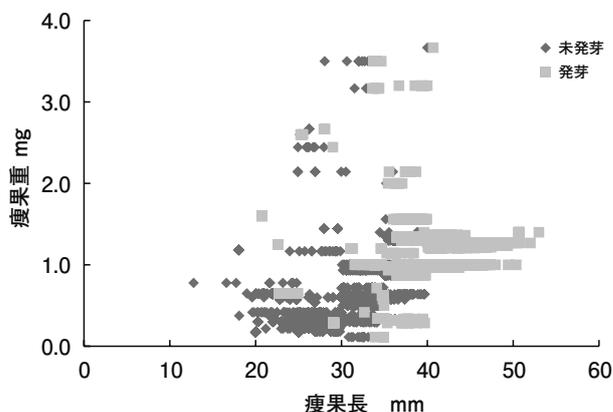


図4 瘦果長と瘦果重

は花柱の部分を除く1瘦果0.5mg以上の瘦果であった(図4)。したがって, 授粉実験では, 瘦果長が30mm以上, もしくは1瘦果0.5mg以上の瘦果を成熟瘦果とした。

授粉処理実験の結果, 4処理の成熟瘦果率は多重比較の結果, 強制自家授粉処理selfと花粉付加なしの袋がけbaggingの値に有意差が見られた(Games-Howell: $P=0.035$) (図5)。発芽可能瘦果率は, 4処理間で差がなかった(ANOVA: $F=2.443$, $P=0.078$) (図6)。

開花数及び花単位での瘦果生産

2011年と2012年でAM, B, C, D地点の平均発芽可能瘦果率は, 年間, 地点間ともに差がなかった(表4)。平均心皮数は年間では有意差がなかったが, 地点間では有意差があった(表5)。発芽可能

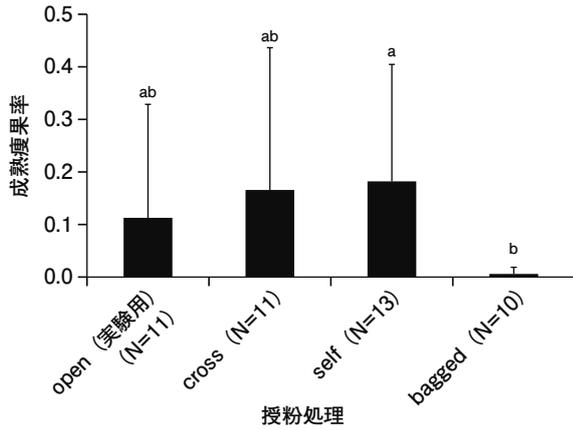


図5 授粉処理ごとの成熟瘦果率

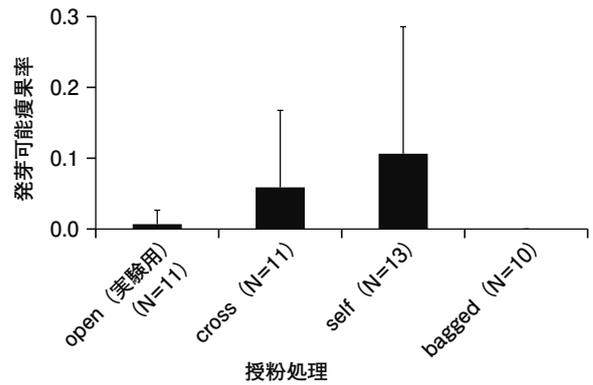


図6 授粉処理ごとの発芽可能瘦果率

表4 地点別, 年ごとの開花花数, 成熟瘦果ができた花数, 心皮数, 発芽可能瘦果率, 発芽可能瘦果数

地点	年	開花花数	成熟瘦果ができた花数	平均心皮数 (N)**	平均発芽可能瘦果率 (N) ^{NS}	発芽可能瘦果数
AL	2010	32	18	—	—	—
	2011	—	—	—	—	—
	2012	36	22	152.6 ± 58.4 (12)	0.18 ± 0.25 (12)	751
AM	2010	47	17	—	—	—
	2011	42 (2*)	2	138.5 ± 16.3 (2)	0.02 ± 0.03 (2)	5
	2012	46	16	122.8 ± 55.4 (8)	0.12 ± 0.17 (8)	544
B	2010	10	2	—	—	—
	2011	14 (3*)	0	105.7 ± 17.6 (3)	0.00 ± 0.00 (3)	0
	2012	7	2	102.0 ± 33.4 (4)	0.10 ± 0.17 (4)	37
C	2010	74	34	248.2 ± 68.6 (11)***	0.33 ± 0.09 (7)	—
	2011	53 (20*)	16	163.3 ± 30.6 (18)	0.17 ± 0.29 (18)	511
	2012	46	25	144.2 ± 42.6 (16)	0.15 ± 0.20 (16)	1,030
D	2010	13	10	—	—	—
	2011	19 (4*)	2	151.0 ± 32.8 (4)	0.07 ± 0.11 (4)	35
	2012	11	1	114.3 ± 29.2 (6)	0.09 ± 0.13 (6)	27
E	2010	10	4	—	—	—
	2011	8 (4*)	0	—	—	—
	2012	3	3	146 (1)	0.61 (1)	221

* : 流されずに残った花

** : 2011, 2012 地点AM, B, C, Dにおける2-wayANOVAの結果は表5に示す通り

*** : 盗掘後に残されていた3個体の瘦果の平均数

表5 平均心皮数の2011, 2012 地点AM, B, C, Dにおける2-way ANOVA

ソース	SS	df	F	P
年	3242.0	1	22.32	0.134
地点	16304.7	3	3.89	0.014
年*地点	1159.5	3	0.28	0.842
誤差	74094.0	53		

瘦果数の6地点の合計は2012年で2,610個であった(表4)。

自生地の地表面温度, 土壌水分

AM地点において地表面温度が高くなる6月中旬ごろから8月中旬ごろにかけて, 土壌水分が低くなっていた(図7)。

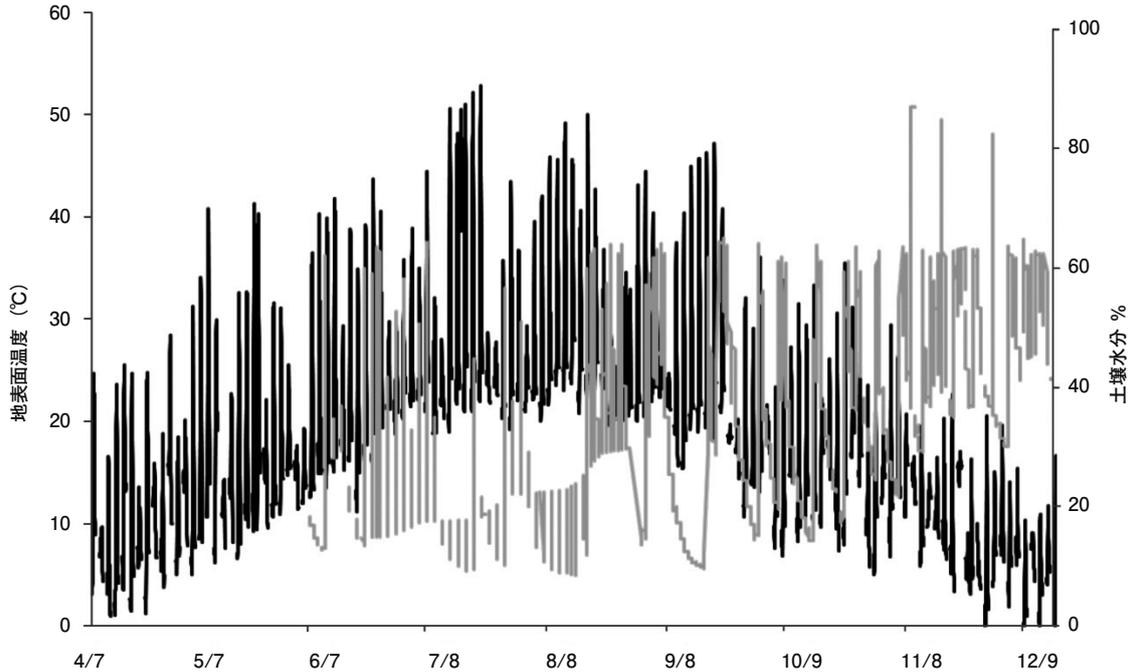


図7 2011年A地点における地表面温度と土壌水分の変化

— 地表面温度 — 土壌水分

考 察

自生地の生育個体数及び花数の推移

地点ごとの生育個体数は年間で異なっており、集団の存続には地上部と同時に地下部の存続が重要であることが示唆された。ほとんどの個体は毎年、生育が確認できるが、中には昨年まであった個体がなくなっていたり、昨年までみあたらなかった個体が、発見できたりという場合もあった。自生地は、大雨による増水が起これば地上部がながされてしまう自然攪乱が起これやすい場所である。このような場所に生育する植物のあるものは、攪乱が起き地上部が消失すると地下部が1～数年間休眠することが経験上知られている。オキナグサの個体数（＝地上部をだしている個体）が年ごとに变化する原因の一つは、攪乱後に地下部が休眠することである可能性が高い。2011年から2012年にかけて花数の減少が起これていたが、個体数の減少数は地点Bを除きほとんど変わらなかった。2011年の大雨による増水で、地点AMでは、1個体を除きすべて地上部が流出したにもかかわらず、2012年には、すべての個体で葉が再生した。したがって地下部が残っていればその個体は生存を続けることが可能な場合が多いことを示唆している。

今回の調査は、オキナグサの生育にとっては、継続的な地上部の攪乱が必要であることも示唆している。花数や地上部の減少は、個体サイズの減少を示しているが、個体の死亡を意味しない。より大規模な増水による岩盤の破壊と地下部の流出が起これば、集団ごとなくなってしまう危険性がある。しかし地下部が残る程度の増水による自然攪乱であれば、競合する他の植物が失われ、オキナグサが相対的に有利となる環境が維持されてきたと考えられる。これは、他県のオキナグサ生育地が火入れ等の人為攪乱の下で維持されてきた野草地に多いことと同様である。他県の生育地では、人為的攪乱により他の植物が生育できない状況が作られた結果、オキナグサだけが生き残ることができたといえる。逆に、過去には生育が確認されていた場所でも、ダムによる出水調整により川岸の遷移が進んだ結果、現在はオキナグサが確認できない場所も知られている。今後個体群の拡大を目指すのであれば、生育地において適度な攪乱を起こす方法を合わせて検討する必要がある。

現在危惧されるのは人間の手による盗掘が起これた場合である。C地点2010年から2011年にかけての花数の減少は、花を多くつける大きなサイズの個体の損傷による。盗掘があった個体のうち地下部が残

されていた数個体は、翌年かろうじて小さな葉が出てきていた。同個体が再び多くの花茎をつけるには損傷程度により数年要する可能性があるが幸いにして死亡にはいたらなかった。しかし、盗掘された個体の中には、地下部の損傷により、翌年、翌々年になっても葉が出ない個体があり、その個体は死亡したと思われる。盗掘による根こそぎの採取は、オキナグサにとって自然攪乱とは質の異なる多大な損傷を与えることになる。

自生個体の開花・結実フェノロジーと交配様式

本種の開花は早春にはじまることから、春先の雪解け状況や気温に大きく左右され、結実は花粉媒介者となる訪花昆虫の動向に左右されると考えられる。交配及び発芽実験の結果、並びに先行研究の結果から、本種は自家和合性であり、他殖と自殖の両方を行っていると考えられる (Huang et al., 2002; 高橋ら, 2003)。袋掛け実験の結果や交配実験の際に除雄を行い、その後袋掛けを行った結果 (1 個体のみ実験)、成熟瘦果を一つもつけなかったということからも、本種は自家和合性であるが、自動自家受粉は行われず、訪花昆虫等の授粉媒介者が必要である。1 個体中で数個の花をつける場合、各花の開花期が重なっていることから、同じ個体の異なる花で隣家授粉が行われている可能性がある。他殖が促進されるためには、周辺にある程度の開花数が必要となるであろう。

瘦果生産と瘦果の定着、及び自生地の保全

今回の一連の調査結果は、増水による攪乱があっても、現在生育している個体が比較的安定的に生存する可能性が高いことが示された一方で、新規参入個体がほとんどなく、個体数の増加が極めて難しい状況にあることも示している。発芽可能瘦果が、6 地点で数千個あるにもかかわらず、実生はほとんど見あたらなかった。これは、本集団が河川敷の岩場に生育しており、実生の定着サイトが岩の割れ目やコケのある場所等きわめて限定的であることが原因と考えられる。長い花柱をつける瘦果の形状から、瘦果自体は風による長距離散布が可能であり (佐竹ら編, 1982; Kalliovirta et al., 2006; Roder and Kiehl, 2006) 定着可能場所があれば、容易に生育できる。しかし、生育地が主に岩場であることにより、土壌が限られた場所にしかないこと、運よく定着し発芽できたとしても、実生の発生時期が、7 月～8 月の

暑い時期の高温や乾燥にさらされることにより、成長ができず、死亡に至ると考えられる (図7)。

その一方で、岩場から離れた内陸側の個体については、土壌の豊かな定着サイトがある。しかし、ススキ等の他の植物との競争に負け、成長できない状況にあると考えられる。そこで、生育地を増やす1つの方法として、内陸側の個体近くの他の植物の刈り取りを行い、植生高の低い草地を作ることが考えられる。近隣の住民の話によれば、数十年前には現在の集団よりも広範囲に個体が広がっていたということがたびたび聞かれる。上流にダムができる以前は、増水が頻繁におこっていたはずである。つまり、オキナグサにとって増水という自然発生的攪乱がおこることで、他の植物との競争を免れ、生育しやすい状況になっていたと考えられる。増水という自然発生的攪乱が少なくなっている現在、オキナグサの自生地を少しでも増やすには、実生が定着できるような場所を人為的に増やすことが必要であると考える。

摘 要

石川県に生育するオキナグサについて2010年から3年間、自生地集団の開花結実調査および栽培個体による交配実験を行い、果実繁殖に関する基礎的データを記録した。個体数に大きな変動はなかったが、花数は減少していた。この原因の一つとしてたびたびおこる盗掘が考えられる。2011年河川増水による地上部流出があったが、地下部が残り個体数は維持されていた。同様の自然発生的攪乱が数年に一度起こることで、他の植物との生存競争を回避し、集団を維持しながら、現在に至ったと考えられる。絶滅を回避するためには、人間の手による盗掘をなくすことが急務であり、草刈り等の植生管理によって果実繁殖ができるような場所を確保することが必要である。

文 献

- Daniela Roder, Kathrin Kiehl (2006) Population structure and population dynamic of *Pulsatilla patens* (L.) Mill. In relation to vegetation characteristics : Flora 201 : 499–507.
- 石川県自然環境課 (2010) : 石川県レッドデータブック植物編 CD-ROM
- 北村四郎, 村田源 (1977) 原色日本植物図鑑 草本編 (II) : 52, 229.
- Mika Kalliovirta, Terhi Rytteri and Risto K.Heikknen (2006)

- Population structure of a threatened plant, *Pulsatilla patens*, in boreal forests : modeling relationships to overgrowth and site closure : Biodiversity and Conservation **15** : 3095–3108.
- 内藤和明, 高橋佳孝 (1998) 三瓶山牧野における絶滅危惧種オキナグサの動態 : Japanese Society Grand Science **44** : 48–49.
- 佐竹義輔, 大井次三郎, 北村四郎, 亘俊次, 富成忠夫編 (1982) 日本の野生植物 草本Ⅱ. 平凡社, PL68, 70.
- Shuang-Quan Huang, Yoshitaka Takahashi and Amots Dafni (2002) Why does the flower stalk of *Pulsatilla Cernua* (Ranunculaceae) bend during anthesis ? : American Journal of Botany. **89 (10)**: 1599–1603.
- 高橋佳孝, 黄双全, 内藤和明, 井出保行, 小林英和, 佐藤節郎 (2003) オキナグサの種子生産は天候に左右されやすい? : Japanese Society Grand Science **49** : 46–47.