

機関番号：24403

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2007～2010

課題番号：19580017

研究課題名 (和文) 高山帯・亜高山帯における侵入雑草の予防に関する研究

研究課題名 (英文) Research on prevention of invasive weed into alpine and subalpine regions

研究代表者

中山 祐一郎 (NAKAYAMA YUICHIRO)

大阪府立大学・生命環境科学研究科・助教

研究者番号：50322368

研究成果の概要 (和文)：白山 (石川県) の高山帯・亜高山帯には、12 種 (群) の雑草性植物が侵入していた。そのうち、オオバコでは、自生種ハクサンオオバコと雑種を形成していた。スズメノカタビラでは、高山の環境に適応した生活史特性をもつ個体が定着していると考えられた。外来タンポポでは、低地～山地に生育する様々な種や雑種の型のうち、一部の種や型が亜高山帯や高山帯に侵入していた。これらの知見に基づき、侵入雑草への対策について「白山国立公園生態系維持回復事業検討会 (環境省中部地方環境事務所)」等で提案した。

研究成果の概要 (英文)：Twelve species of weedy plants invaded into alpine or subalpine zone of Mt. Hakusan. Natural hybrids between *Plantago asiatica* and *P. hakusanensis* were found at a subalpine site. In *Poa annua*, several differences in life history characteristics were observed between lowland and alpine populations. In alien *Taraxacum*, part of species and hybrid types that distributed in lowland populations found in subalpine and alpine zones.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,900,000	570,000	2,470,000
2008年度	800,000	240,000	1,040,000
2009年度	500,000	150,000	650,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
年度			
総計	3,700,000	1,110,000	4,810,000

研究分野：雑草学・資源植物学

科研費の分科・細目：農学・作物学・雑草学

キーワード：雑草学, 植生管理, 環境保全, 侵入生物, 亜高山帯

1. 研究開始当初の背景

人間生活の多様化、活動域の拡大や土地利用の増大にともない、低地の人里や農耕地を本来の生育場所とする雑草の生育地も多様化している。これらの雑草は、山岳域を観光などのレクリエーションに利用するための道路や諸施設の建設にともない、1970年前後から高山・亜高山帯 (以下、高山とする) にも分布を拡大しはじめた (柴田, 1985)。近年では標高の高い場所での雑草の密度が顕著に増加しており、景観や生態系への影響が

懸念されている (野上, 2004)。現在では、登山者の増加に加え、地球温暖化や生物多様性の保全、外来種問題に関する知識が一般に浸透してきたこともあり、山岳域に侵入した雑草に対する社会的な関心は高まっており (朝日新聞, 2006.9.20)、侵入した雑草を駆除するなどの対策が始まっている山域もある。

しかしながら、面積の多くが国立公園に含まれる高山では、農耕地や里域のような薬剤や除草機を用いた雑草防除は不可能であり、

頻繁な手取りによる除草も困難である。また、高山の環境が観光のための資源として重要性を増してきている現在では、そこでの人間の活動を禁止・抑制するといった従来型の自然保護策も現実的ではない。このようなことから、侵入雑草を減少あるいは抑制させる有効な対策のないのが現状である。なにより、侵入した雑草について、生物学的な特性と、高山の生態系や景観に及ぼす影響が科学的に評価されていないことがその大きな原因と考えられる。

したがって、(1) 侵入した雑草による「害」を、生態系への影響と、その場を利用・管理する人間側の認識との両面から評価し、(2) 高山という特異な環境に侵入した雑草が、どのような生活史特性をもっているのかを明らかにして、すでに侵入・定着した雑草の繁殖体の形成と拡散を抑え、(3) 雑草の侵入状況を精査して侵入経路を解明して、今後の雑草の侵入を抑止することによって、(4) 短期的には「雑草害」を回避する措置をとりながら、中・長期的には、侵入先である高山帯・亜高山帯と侵入源となる低地・山地帯の雑草群落における埋土種子も含めた潜在的な雑草量を効果的に減らしていく、いわゆる「雑草の予防weed prevention」(伊藤, 1993) 措置を講じる必要がある。

自然度の高いフィールドではあるが、近年では人が頻繁に活動する場となっている高山の植生・生態系管理に関わる諸問題の解決は、雑草学が対峙すべき新たな課題であると考えられる。

2. 研究の目的

石川県の白山では、以前から亜高山帯以上にオオバコ、フキ、シロツメクサ、スズメノカタビラが侵入していたが(石川県自然保護センター, 1995)、申請者が中心となって行った予備調査により、それぞれの分布高度が上昇していること(中山ほか, 2005; 朝日新聞, 2006.9.20)、エゾノギシギシ、ムラサキツメクサ、オオアワガエリ、カモガヤ、スギナが新たに侵入したこと、およびオオバコと同属の自生種であるハクサンオオバコとが同所的に生育している場所のあることが明らかになった。そこで本研究課題では、高山に侵入した雑草による害とその予防について考察するためのモデル地域として白山を選定し、以下について明らかにすることを目的とする。

1) 高山・亜高山帯における雑草害の評価

侵入した雑草が引き起こす害として、i) 雑草が自生種を駆逐する、ii) 侵入雑草が自生する近縁種と交雑する、iii) 侵入雑草が繁茂することによって景観を損ねる、が考えられる。これらについて、i) 植生分布調査とGISを使った解析による侵入雑草が自然植生

に及ぼす影響の定量的把握、ii) 人工交配実験や分子マーカーを用いた遺伝子浸透の解析による交雑の可能性と実態の解明および交雑が起こりうる条件(時期や範囲)の評価、およびiii) 登山者や管理者への聞き取り・アンケート調査(白山以外の山岳域も対象とする)などによる景観に対する人間の認識の調査を行い、雑草害を評価する。

2) 高山・亜高山帯に侵入した雑草の生活史特性

一般に、分布域の広い雑草は、同じ種でもその内部に多様な遺伝的変異を有することが多い。その変異には、生育地の環境に適応した生活史特性も含まれる。そこで、高山に侵入した個体がどのような生活史特性をもつか、とくに繁殖体(種子など)の形成に関わる特性について、現地(高山)での定期調査、制御環境下での栽培実験などによって明らかにする。

3) 高山・亜高山帯への雑草の侵入経路の解明

雑草の侵入先である高山と、侵入路と考えられる高山へ至る登山道、侵入源と考えられる登山口から低地帯の各所、およびもう一つの侵入源の候補である山地帯のヘリポート(高山・亜高山帯の整備のための資材が集積されている)において、雑草の植生を精査する。また、分布域が広く密度(雑草量)も多いオオバコとスズメノカタビラについては、マイクロサテライトなどの分子マーカーを用いて、高山に侵入した個体と、侵入路・侵入源の集団の遺伝子型を比較することにより、侵入経路を推定する。

4) 雑草の予防措置の試行

以上から、短期的な雑草害を回避するための知見(除去すべき雑草種、除去の方法、範囲、時期、頻度など)と、中・長期的に潜在的な雑草量を減らしていくための知見(出芽・開花～種子散布の時期、種子生産量、埋土種子の動態、侵入源と経路など)が得られるので、高山と侵入源の群落に実験区を設け、雑草の予防措置の実践を試行する。

3. 研究の方法

1) 高山・亜高山帯における雑草害の評価

i) 植生分布調査とGISを使った解析による侵入雑草が自然植生に及ぼす影響の定量的解明:

白山の南竜ヶ馬場および室堂において、雑草の詳細な分布状況を、自生種の植生や人為攪乱の程度などとともに詳細に調査・記録する。素データを中山が整理した後、渡邊が地理情報システムを用いて解析し、侵入雑草が自然植生に及ぼす影響を定量的に把握する。ii) 人工交配実験と分子マーカーを用いた遺伝子浸透の解析による交雑の可能性と実態の解明および交雑が起こりうる条件の評価:

侵入雑草のうち、オオバコについて、人工交配実験により、同属の近縁種との交雑親和性を調査する。並行して、侵入雑草種と自生近縁種および両者の雑種を識別できる分子マーカーを探索し、高山で自然交雑による雑種形成・遺伝子浸透を評価する。さらに、自然交雑のメカニズムを花器の観察と交配実験によって明らかにする。

セイヨウタンポポについては、近縁種との交雑可能性を、分子系統学的解析や染色体数の調査により推定する。

iii) 登山者や管理者への聞き取り・アンケート調査などによる景観に対する人間の認識の調査：

白山の登山者や管理者に対して、雑草が侵入している高山の景観をどのように捉えているのか、どのようにすれば良いと考えるか、などについて聞き取り調査を行う。

2) 高山・亜高山帯に侵入した雑草の生活史特性

高山において最も広く多く分布しているスズメノカタビラとその近縁自生種を対象に、山域の複数の地点において出芽～開花・結実、越冬に至るフェノロジーを定点観測する。採取したスズメノカタビラを対象に、制御環境下での栽培実験によって、生活史特性の遺伝的変異（とくに発芽特性と生長・開花速度、越冬様式について）を明らかにする。

3) 高山・亜高山帯への雑草の侵入経路の解明

高山と、高山へ至る登山道、登山口から低地帯の各所、山地帯のヘリポート（高山・亜高山帯の整備のための資材が集積されている）において、雑草の植生を調査する。また、登山靴や搬入資材に付着した種子や地表に落下している種子を採取・同定し、雑草種子の動態把握の基礎資料とする。

4. 研究成果

1) 高山・亜高山帯における雑草害の評価

i) 植生分布調査と GIS を使った解析による侵入雑草が自然植生に及ぼす影響の定量的把握：

2007年～2010年の夏に、決まったルート上での雑草の侵入状況を踏査した。白山の亜高山帯の南竜ヶ馬場（標高2080m）において、外来タンポポ、ミミナグサ、クサイの生育を初めて確認した。ミミナグサは2008年に1個体が確認されたが、翌年以降には生育が認められなかった。外来タンポポとクサイは、初確認後も分布範囲と個体数を増加させていた。さらに、エゾノギシギシとスズメノカタビラでは、分布高度の上昇が認められた。

そこで、南竜ヶ馬場と室堂における雑草種の侵入状況を定量的に把握するために、2009年に、雑草種と近縁の自生種の分布を携帯型GPS端末で記録した。そのうち、最も広範囲

に分布していたスズメノカタビラとオオバコの分布について、種間平均こみあい度を用いて解析したところ、両種の分布は排斥的であり、分布適応様式が異なっていると推定された。その他の種を含めたすべてのデータについて、解析を進めている。

ii) 人工交配実験と分子マーカーを用いた遺伝子浸透の解析による交雑の可能性と実態の解明および交雑が起こりうる条件の評価：

白山における自生種のハクサンオオバコと侵入雑草であるオオバコについて、自家交配、種内交配、および種間交配（人工交配実験）を行ったところ、どの交配処理でも結果・結実する個体が得られことから、オオバコおよびハクサンオオバコは自家和合性と種間の交配和合性をもつと考えられた。

そこで、ハクサンオオバコとオオバコとを識別できる核DNAおよび葉緑体DNAの遺伝マーカーを開発して、白山の南竜ヶ馬場で採取したオオバコ類について遺伝マーカーの型を調べたところ、オオバコとハクサンオオバコとの自然雑種個体が生育していることが明らかとなった。雑種は両種のいずれを種子親（母親）とした場合でも形成されているが、オオバコを種子親にもつ雑種個体の方が数が多く、分布範囲も広がった。また、オオバコを母親にもつ雑種では、F₁の分離や戻し交雑によって生じた後代が自生していることが示唆された。

さらに、雑種形成の要因を解明し、今後の予防につなげるために、ハクサンオオバコとの開花習性を栽培条件下で比較した。両種ともに、個々の花は雌性先熟を示し、一つの花序は下位の花から求頂的に咲きあがる開花パターンを示した。しかし花や花序における両性期の長さや、花序における開花の斉一性、花序の本数や出現パターンには種間で異なっていた。オオバコには、個々の花および花序レベルで両性期があり、花序間での開花期の重複はほとんどなかった。一方、ハクサンオオバコには両性期間がほとんどなかった。また、F₁雑種は、両種の間隔的な開花習性を示した。これらの開花習性と、栽培条件下および自生地での結果・結実率の調査から、オオバコはハクサンオオバコよりも自家受粉の機会が多く、それが亜高山帯に侵入したオオバコが増殖できた一因であると考えられた。一方、ハクサンオオバコは自生地において群生した個体の他花受粉によって種子生産していると考えられた。オオバコとハクサンオオバコが同所的に生育し、両種の開花期が重なれば、ハクサンオオバコは他家受粉しやすいのでオオバコの花粉を受ける可能性が生じる。一方、オオバコでは、ハクサンオオバコの花粉を、断続的につける花序の雌性期に受けやすい。現地で観察される双方向での雑種形成は、このようにして生じたと考えられた。ま

た、自然交雑によって生じた雑種が種子生産し増殖している要因としては、雑種個体が個々の花や花序内での自家受粉の機会をもっていることが考えられた。

現在のところ、白山におけるオオバコとハクサンオオバコの雑種形成は南竜ヶ馬場の野営場に限定されている。しかし、雑種オオバコは種子繁殖によって分布範囲を広げる可能性がある。そこで、形態的特徴や遺伝マーカーを用いてオオバコや雑種個体を識別して、オオバコの侵入や雑種の拡散動態を監視したり、優先して駆除する範囲を設定するなどの対策をとる必要があると考えられた。

iii) 登山者や管理者への聞き取り・アンケート調査などによる景観に対する人間の認識の調査：

研究期間中に、自然体験プログラム「いしかわ自然学校エコロジーキャンプ」の1プログラムに講師として参加し、外来植物の侵入状況を観察した参加者に対して、現状をどう思うか？外来植物をどのようにすれば良いか？などについて意見を聴取した。多様な意見が得られたが、外来植物の生育は望ましいことではないという意見が多かった。

2) 高山・亜高山帯に侵入した雑草の生活史特性

白山の高度の異なる数箇所で採取したスズメノカタビラを用いた侵入高度別の生活史の比較では、高山帯・亜高山帯の集団は出穂までの期間が極めて長いこと、小穂数が少ないこと、低温条件下ですぐれた発芽特性を示すことが明らかとなった。また、高地集団は低地集団よりも低温での発芽が良好で、25℃の高温では生育が抑制されることが明らかになり、高山帯の厳しい環境への適応様式を持つ集団が定着していることが示唆された。さらに、分布調査の結果から、高地集団と低地集団の季節発生活消長が異なることが推測された。

3) 高山・亜高山帯への雑草の侵入経路の解明

①白山に侵入した外来タンポポの侵入・繁殖の過程を把握するために、金沢市（標高0m）～白山の高山帯（2450m）に至る地点で採集したタンポポ類について、形態的形質、倍数性および核と葉緑体の遺伝子マーカーを調査した。採集地点間では種や雑種型の構成比率が異なり、高山帯や亜高山帯では一部の種（アカミタンポポ）や雑種型（三倍体雑種）が優占していたことから、低地～山地帯の集団から侵入したわずかの個体が繁殖して増加したものと考えられた。

②登山靴や搬入資材に付着して持ち込まれる種子等の繁殖体の実態については、「白山国立公園外来植物防除業務（環境省中部地方環境事務所）」の業務協力として研究代表者が行った結果が、事業の報告書としてまと

められている。

4) 雑草の予防措置の試行

以上より、白山の高山帯・亜高山帯に侵入した雑草の種類と分布が明らかとなった。また、侵入・定着のメカニズムとその影響（雑草害）が、分類群によって異なることも明らかとなった。

すなわち、オオバコでは、侵入の時期が早い亜高山帯では、自生種ハクサンオオバコと雑種を形成し、自然雑種がテントサイトに広がっていた。侵入の時期が新しくハクサンオオバコの分布していない高山帯では、ボランテアによる除去によってほぼ駆除できた。スズメノカタビラでは、高山の環境に適応した個体が定着していると考えられ、亜高山帯から高山帯にかけて広く分布していた。外来タンポポでは、低地～山地に生育する様々な種や雑種の型のうち、一部の種や型が亜高山帯や高山帯に侵入しており、自生種であるミヤマタンポポの自生地を奪う可能性が考えられた。

これらの知見に基づき、短期的な雑草害を回避するための方策と、中・長期的に潜在的な雑草量を減らしていくための方策について、除去すべき雑草種、除去の方法、範囲、時期、頻度などを、「白山国立公園生態系維持回復事業検討会（環境省中部地方環境事務所）」等で提案した。

計画していた雑草の予防措置の実践までは至らなかったが、今後、「白山国立公園生態系維持回復事業」の中で実践されることとなった。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計2件）

①中山祐一郎・野上達也・柳生敦志，白山高山帯・亜高山帯における低地性植物の分布について（6）‘雑種オオバコ’と‘外来タンポポ’の分布，石川県白山自然保護センター研究報告，査読無，35巻，2008年，17-22.

②野上達也・中山祐一郎・柳生敦志，白山の室堂と南竜ヶ馬場に侵入したオオバコの個体数とサイズの年次変化，石川県白山自然保護センター研究報告，査読無，34巻，2007，21-30.

〔学会発表〕（計5件）

①佐野沙樹・中山祐一郎・野上達也・柳生敦志，ハクサンオオバコとオオバコの雑種形成の要因：開花習性の影響，日本雑草学会，2011年4月3日，東京大学.

②中山祐一郎・寺尾勇人・西野貴子・野上達也・柳生敦志，雑草の山岳域への侵入経路の解明と影響評価に関する研究 4. 白山の高山

帯・亜高山帯に侵入した外来タンポポの実体，日本雑草学会，2010年4月10日，AOSSA(福井県福井市)

③大村匡弘・渡邊修・中山祐一郎，高山帯に侵入したスズメノカタビラとオオバコの分布特性，日本雑草学会，2010年4月10日，AOSSA(福井県福井市)。

④大村匡弘・渡邊修・中山祐一郎・野上達也，高山帯に侵入したスズメノカタビラ (*Poa annua* L.) の生育特性と分布，日本雑草学会，2009年4月12日，倉敷市芸文館(岡山県倉敷市)。

⑤中山祐一郎・田中寛人・野上達也・柳生敦志，雑草の山岳域への侵入経路の解明と影響評価に関する研究 3. 白山におけるオオバコとハクサンオオバコの自然雑種の分布，日本雑草学会，2008年4月20日，宇都宮大学(栃木県宇都宮市)。

[その他]

報道関連情報(いずれも研究代表者・中山祐一郎関わった報道)

①2007年5月17日，北國新聞，ハクサンオオバコ低地の種と交雑

②2008年8月24日，北國新聞，白山の外来植物 官民連携の対策本格化

③2008年1月9日，北國新聞，登山靴に低地性植物の種子

④2009年4月27日，北國新聞，ハクサンオオバコ低地の種と自然交雑

⑤2009年7月31日，中日新聞，ハクサンオオバコ守ろう

⑥2010年7月号，グリーン・パワー(森林文化協会)，里の生きものがたり(7)身近なオオバコ，神社仏閣などでは小型化 雑種できやすく、遺伝子汚染も

⑦2007年9月28日，北陸朝日放送，HAB スーパーJ チャンネル 現場検証「白山・高山植物の危機」

⑧2007年11月6日，テレビ金沢，「びーびーみつばち シリーズ森に光を 『外来生物から白山を守れ』」

⑨2008年9月23日，北陸朝日放送，HAB スーパーJ チャンネル ニュース特集「白山に侵入した雑草」

アウトリーチ活動情報

①自然体験プログラム「いしかわ自然学校 エコロジーキャンプ：みんなで白山の植物を調べよう」講師，2007年～2010年(中山祐一郎)，2009年(渡邊修)。

②「平成20年度白山国立公園外来種対策事業 検討委員会」委員，2008年(中山祐一郎)。

③「平成22年度白山国立公園生態系維持回復事業検討会」委員，2010年(中山祐一郎)。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中山 祐一郎 (NAKAYAMA YUICHIRO)
大阪府立大学・生命環境科学研究科・助教
研究者番号：50 322368

(2) 研究分担者

西野 貴子 (NISHINO TAKAKO)
大阪府立大学・理学系研究科・助教
研究者番号：20264822

(3) 連携研究者

渡邊 修 (WATANABE OSAMU)
信州大学・農学部・准教授
研究者番号：30360449