

島根県隠岐諸島における侵略的外来植物セイタカアワダチソウ *Solidago altissima* L. の侵入状況と拡散機構の調査

三浦壮太・林 蘇娟

Survey on invasion situation and diffusion mechanism of invasive alien plant *Solidago altissima* L. in Oki Islands, Shimane prefecture

Souta MIURA, Su-Juan LIN

Abstract In recent years, *Solidago altissima* L., one of the 100 worst invasive alien plants in Japan, is known to intrude into Oki Islands in Shimane prefecture. In this study, we investigated the situation of invasion and reproductive mechanism of *S. altissima* L. in these remote islands. It was confirmed that this invasive species is a hexaploid having $2n = 54(x=9)$ chromosomes. A strong fecundity of seeds (sexual reproduction) and rhizomes (asexual reproduction) of this polyploid played an important role in invasion and diffusion rapidly. It is also suggested that the increase in human activity is involved in the spread of invasive species.

Keywords : 隠岐諸島, 外来種, 攪乱依存種, 倍数体, ラメート

序

セイタカアワダチソウ *Solidago altissima* L. は北アメリカ原産のキク科 Compositae アキノキリンソウ属の多年草植物であり, 日本生態学会により「日本の侵略的外来生物ワースト 100」に指定されている (村上, 鷺谷, 2002).

島根半島から約 60–80km 離れた隠岐諸島 (島前, 島後) はオキタンポポ (*Taraxacum maruyamanum* Kitam.) をはじめとする固有種や絶滅危惧種, 南方系, 北方系の生物が共存する, 豊かな生物多様性を有する島嶼である.

近年, 隠岐諸島でセイタカアワダチソウの侵入が問題となっており, 2014 年の隠岐の島町議会で議題に挙がるなど, 対策が必要とされている. 本種は種子 (瘦果) と根茎を用いて繁殖することが可能であり (榎本, 中川 1975, 1977), 冠毛を持つ瘦果を大量に生産することで急速に生息域を広げるため, 隠岐諸島の多くの固有種, 外来種, 生態環境に対して大きな影響が予測される. 中

川と榎本 (1975) により, 日本国内での本種の侵入状況が報告されたが, 中国地方及び島根県隠岐諸島での調査報告はされていない.

海外では本種は複数の倍数性 ($2x, 4x, 6x$) の記録 (Halverson et al. 2008) があり, 日本国内 13 都道府県で本種は $6x$ と報告された (Sakata et al. 2013) が, 中国地方の本種の倍数性は未だ確認されていない.

また, 本種は生活史戦略として, 山崩れや火事・人間活動 (草刈り・工事) などの攪乱と呼ばれる外的要因が頻繁に行われる環境に適応し, 競争の少ない裸地を利用する競争的攪乱依存種 (Grime 1979) をとっている. 攪乱の起こった地に散布された種子が侵入し, 高い丈で他種の光を奪い, 地下茎によって周辺環境を制圧するため周囲の生態系に重大な被害を及ぼす危険性を持っている.

本種の有性生殖と地下茎による無性生殖の生殖能力を調べ, 本種の生殖戦略を解明することは駆除対策に重要なデータとなる. また, 外来種の生息域の拡大は人間の活動によって起きる可能性が高いと考えられ (鷺谷

2007; 西川と宮下, 2011). 隠岐諸島へのセイタカアワダチソウの侵入は比較的近年であることから, 人為的攪乱とその侵入のルートと拡散の実態を把握することで, 早急な対策への提案が必要とされている.

本研究では, 島根県隠岐諸島の生態環境と生物多様性保全のため, セイタカアワダチソウの持つ生殖戦略のメカニズムの解明を目的とする. 2016年から隠岐諸島におけるセイタカアワダチソウの侵入状況の調査を行い, 隠岐諸島に侵入している本種の各集団の生物学的実体(染色体数・倍数性, 生殖様式など)を調べ, 得られた新知見を報告する.

材料と方法

本研究は島根県隠岐諸島にてセイタカアワダチソウの調査・採集を行った. 比較するため, 松江市周辺, 島根大学構内のサンプルも使用した.

I. 隠岐諸島の踏査

隠岐諸島の島前(西ノ島・海士町), 島後の3島を巡ってセイタカアワダチソウの侵入地点を調査し, サンプルングを行った. また, 巨大な群落の形成が見られた地点における人為的攪乱の起こった年代を行政機関に照会し, 侵入の時期の推定を行った.

II. 細胞学的観察

(1) 染色体数の観察

松江市内・隠岐諸島に侵入しているセイタカアワダチソウの染色体数と倍数性を確認するために, 根端材料を使用し, 体細胞分裂の染色体数を観察した.

(2) フローサイトメトリーによる倍数性の推定

フローサイトメトリーを用いて体細胞分裂の染色体数と倍数性のわかっている個体の葉の細胞核 DNA の蛍光強度を計測し, 得られた値を基準値として, 松江市内・隠岐諸島全 47 集団について倍数性の推定を行った.

III. 生殖様式に関する観察

(1) 有性生殖: 頭花と結実率の観察

セイタカアワダチソウの頭花を解剖し, 筒状花と舌状花の成熟状況の観察を行った. 種子生産能力を観察するため, 松江市周辺の野生株より結実している頭花の採集を行った. 1 個体につき計 10 個の頭花の瘦果(種子)を観察し, 成熟している種子の割合を計測した. 採集した計 30 個体の結実率の観察を行った.

(2) 無性生殖: 地上部ラメット(ramet)の増加量の観察

松江市内よりセイタカアワダチソウの地下茎を切断しないように採集し, 島根大学構内の圃場にて 2017 年 12

月から 2018 年 5 月にかけて栽培した. 計 50 個体栽培し, 地下茎によるラメットの増加量を観察した.

結果

I. 踏査結果

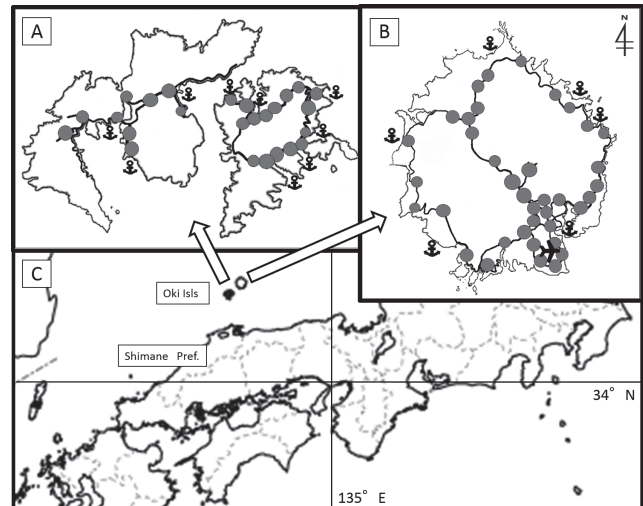


図 1. 島根県隠岐諸島の踏査地. A: 島前 B: 島後 C: 島根県 (点は群落形成地, 実線は調査ルート, 錨が港, 飛行機が空港を表す)

島後の踏査ではセイタカアワダチソウは島の東側に偏って分布していた. また, 島中央を流れる八尾川沿いにも多くの侵入が見られた. 西郷港周辺や隠岐空港などの人の多く移動する場所ではとくに濃密に分布していた(図 1).

西ノ島では島内主要道路や港, 展望台への道中で点在が見られた. 海士町では 3 島の中でとくに港付近での分布が認められた(図 1).

隠岐諸島内でセイタカアワダチソウの群落がみられた地点の攪乱が起きた年代を調べたところ, 2006~2011 年にかけて多くの攪乱が起きていたことが判明した(表 1).

表 1. 人為的攪乱の起こった年代

島嶼名	地名	攪乱年代
海士町	知々井港 臨港道路	2002 年度
	諏訪湾	2007 年度
西ノ島	国道 485 号線	2011 年
	大山ビーチ	2015 年度
西郷	銚子ダム	1990 ~ 2005 年度
	隠岐空港	1999 ~ 2006 年
	蛤木	1991 ~ 2008 年
	県道 47 号線	2008 年
	西田農道	1996 ~ 2011 年

II. 細胞学的観察

島根県松江市産セイタカアワダチソウの1個体の根端細胞分裂の染色体を観察した結果、 $2n=54$ の六倍体($x=9$)であることが確認された(図2)。

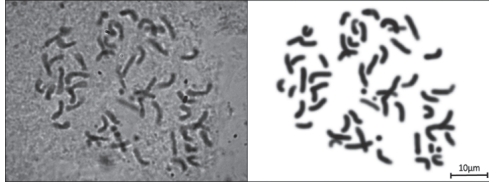


図2. セイタカアワダチソウの根端の染色体数： $2n=54(6x)$

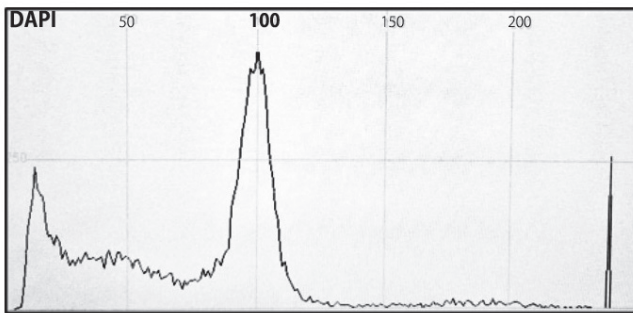


図3. フローサイトメトリーによる倍数性の検討(六倍体の相対DNA量の値は約100である)

染色体数を観察した個体を用いてフローサイトメトリーによって核蛍光のピークを計測した(図3)。得られたピークの値を六倍体セイタカアワダチソウの基準として、全47集団の倍数性を調べた。その結果、松江市内・隠岐諸島に侵入しているセイタカアワダチソウは全て六倍体であった。

III. 生殖様式の観察

(1) 有性生殖：セイタカアワダチソウは十数個の舌状花と筒状花からなる頭花が集合して大型の円錐花序になり、虫媒での有性生殖を行い、大量の瘦果を生産する

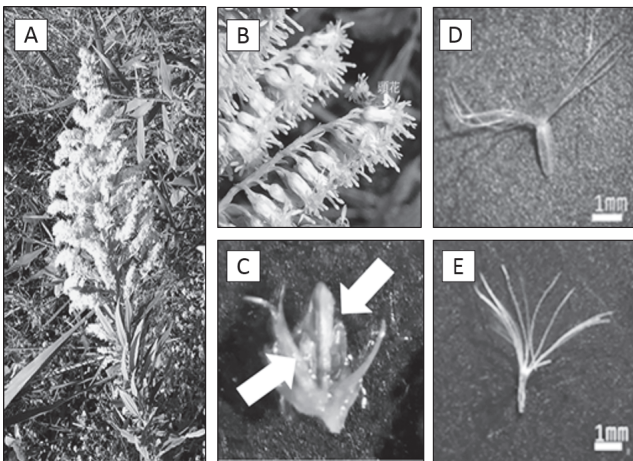


図4. セイタカアワダチソウの花。A：円錐花序，B：分枝の花序に多数の頭花，C：頭花の解剖図(矢印 筒状花)；D：成熟瘦果；E：不稔瘦果

ことが知られている(図4)。頭花内の花を調べたところ同一頭花内の筒状花が異熟性であることが観察された(図4c)。

1個体の1花序で数千～数万個の瘦果を生産すると推定されるが、実際に粒揃って成熟した瘦果(種子)と不稔の瘦果(種子不形成)が花序に混在している。成熟した瘦果を計測し、結実率を算出した。島根大学周辺の全30個体の結実率を調査した結果、結実率1～10%の個体が最も多い結果となった(図4,5)。

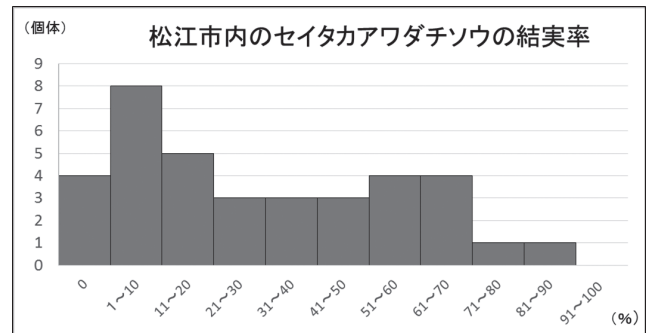


図5. セイタカアワダチソウ結実率(1個体あたり頭花10個を計測)

(2) 無性生殖：地上部ラメートの増加量の観察

セイタカアワダチソウは有性生殖による種子での繁殖の他、無性生殖の地下茎による繁殖することも可能である。前年の株から翌年に1～数本の地下茎を分蘖して、地下茎の節や先端から新個体を生じる(図6)。本研究では、50個体の2017年12月から2018年5月までの地下茎によるラメートの増加量を調べたところ、26個体では地下茎による1～4本のラメートの増加が確認された(図7)。

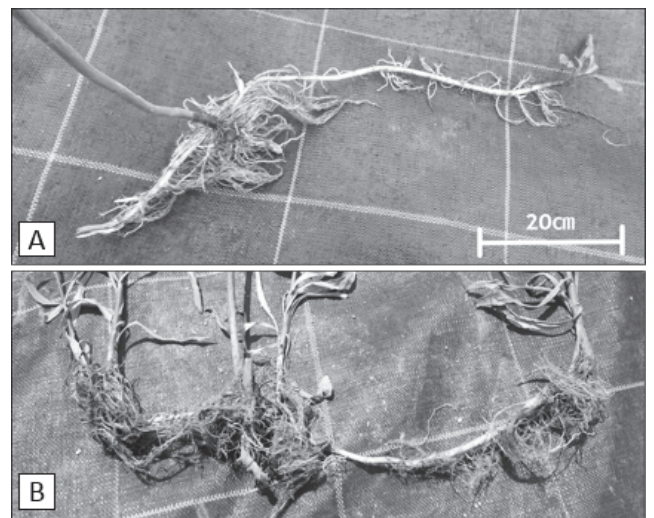


図6. セイタカアワダチソウの地下茎と新株(個体)形成(A：2017年12月時点，B：2018年5月時点)

減少している個体の多くは、前年度のラメットの数が非常に多い個体であった。

また、島根大学構内のセイタカアワダチソウの集団1㎡以内に存在する前年のラメットと今年に形成されたラメットの数の調査を行った結果、前年よりも多くのラメットを形成している様子が認められた(図8)。

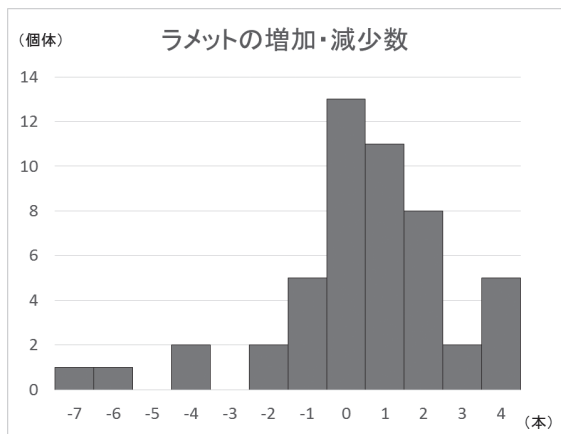


図7. ラメットの増加量

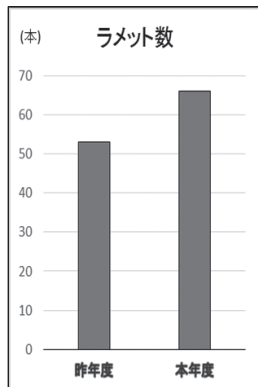


図8. 島根大学構内の群落(左)とラメット数(右)

考 察

I. 踏査結果

島内の踏査により、セイタカアワダチソウの侵入は3島に広く起こっていることが認められた。空港や港などの人間の移動が多くおきる地域については多くの侵入が見られた。特に海士町は3島の中で最も港付近の侵入が顕著であった。このことから島嶼環境においても先行研究同様、外来植物の拡散を人間の活動が引き起こしていることを本研究は示した。

また、群落が多く形成されていた地域の人為的攪乱の起こった年代を調べたところ、セイタカアワダチソウは2006~2011年頃の攪乱によって侵入し、2016年度の調査時に広範囲での侵入が確認された。このことから勢力

的な拡散が起こったのは2011~2015年であることが推定された。これは近年隠岐諸島を訪れる観光客の人数が増加していることに関連するものだと考えられる。隠岐諸島を訪れる観光客の増加は今後も予想され、本種の拡散がより引き起こされることが予想されるため、早急な対策が必要であると考えられる。

II. 細胞学的観察

松江市内・隠岐諸島内の全47集団の倍数性を調べた結果、全て六倍体であった。また、先行研究により日本国内のセイタカアワダチソウは六倍体であることがわかっており、この結果より隠岐諸島内に侵入している本種は本土より侵入した可能性が示唆される。このことから日本国内に侵入している本種は六倍体のみである可能性がより高まった。これにより日本国内に侵入したセイタカアワダチソウは六倍体のみである場合と、六倍体のみが日本の環境に適応した場合という二つの可能性が示唆された。

III. 生殖様式の観察

セイタカアワダチソウの結実率を観察した結果、本種の多くの個体が数パーセント(1~10%)の結実を行っている様子が観察された。結実が認められなかった個体に関してはセイタカアワダチソウの花期である晩秋以降に開花した個体であったため、秋・冬季によりハチ等のポリネーターが減少した環境で開花したことから結実しなかったと考えられる。先行研究では本種の結実率は31~85%である(行永ら, 1975)と報告されていたが、今回の結果では非常に小さい値となった。しかし、本種は1つの花序に約300~800個の頭花をつけ、1つの頭花内に約10個の舌状花と約4個の筒状花をもつため種子の生産量は莫大な量である。そのため10%の結実であっても非常に大量の結実となる。本研究の結果においてもセイタカアワダチソウの種子での強力な繁殖能力が示されたといえる。また、同一頭花内の筒状花の成熟に差が見られたことから、本種は頭花に異熟性を持たせることにより長期間花を咲かせることでポリネーターの訪花率を高める作戦をとっている可能性が示唆された。セイタカアワダチソウの結実率は周辺のポリネーター環境と密接に関係していると考えられるため、島根県内の本種とポリネーターとの関係について季節的な結実率の変化を調査し、本種の有性生殖における戦略の見解を深めていく必要があると考える。

地下茎を用いた無性生殖の能力調査では、圃場で生育

した個体の多くが地下茎によって前年度よりも多くのラメットを形成していた。鳥根大学構内の集団内の調査も同様に前年度よりも多くのラメットの形成が確認された。今回の結果ではラメットの形成に関して大量の増加は認められなかったが、多くの個体が無性生殖によって生息域を拡大し、ラメットを形成していることが確認された。ラメットの増加は前年よりも多くの花序をつけることとなり、無性生殖による株の増加が翌年の有性生殖による大量の種子生産につながる。そのため、今回の結果により改めて本種の驚異的な生殖能力が明らかになった。しかし、調査を行った2018年2月は近年に類を見ない豪雪の年であったため、積雪によるロゼットの減少などの可能性も考えられるため、今後の継続調査が必要と考えられる。

今回の結果で本種のもつ驚異的な繁殖能力が改めて浮き彫りとされることとなったが、今後も生態学的研究を進めていく必要がある。また、本研究で触れることのない種子の発芽率なども本種のもつ繁殖能力と密接に関係していると考えられるため、今後、本種の拡散機構に関するメカニズムを明らかにすることで駆除と拡散抑制の対策に有効な手法が見つかることに期待したい。

謝 辞

本研究に際して、実験分析にご協力と補助をいただいた中井崇善氏、野外踏査に同行してくださった池上泰明氏、現地調査にご助言とご協力をくださった隠岐の島町、海士町の方々、鳥根大学隠岐臨海実験所の研究施設を利用させていただきました広橋教貴教授および所内の教職員の方々に大変お世話になりました。心から感謝の意を表し、謝辞に代えさせていただきます。

引用文献

- 榎本敬, 中川恭二郎, 田村真理子, (1975) セイタカアワダチソウの種子および地下茎からの生長. 雑草研究 20 (114), 202-215
- 榎本敬, 中川恭二郎 (1977) セイタカアワダチソウに関する生態学的研究: 第1報種子および地下茎からの生長. 雑草研究. 日本雑草学会. 22 (4), 202-208.
- 榎本敬 (1989) セイタカアワダチソウに関する生態学的研究-3- 発芽および実生の生存と光, 温度, 水分条件との関係. 農学研究 62 (1), 13-21
- Grime, J.P. (1979) *Plant Strategies, and Vegetation Processes*-John Wiley & Sons. Chichester · New York · Weinheim · Brisbane · Toronto
- Halverson K., Heard S. B., Nason J. D., Stireman J. O. (2008) Differential attack on diploid, tetraploid, and hexaploid *Solidago altissima* L. by five insect gallmakers. *Oecologia* 154 (4), 755-761
- 中川恭二郎, 榎本敬 (1975) セイタカアワダチソウ (*Solidago altissima* L.) の日本における分布. 農学研究 55 (2), 67-77
- 西川潮, 宮下直 (2011) 外来生物-生物多様性と人間社会への影響. 裳華房 東京
- 村上興正, 鷺谷いづみ (2002) 外来種ハンドブック. 日本生態学会編, 地人書館 東京
- 鷺谷いづみ (2007) 外来種の定着と侵略性の生態学的要因. 日本水産学会誌 73 (6), p1117-1120
- Sakata Y., T Ohgushi, Y Isagi (2013) Geographic variations in phenotypic traits of the exotic herb *Solidago altissima* and abundance of recent established exotic herbivorous insects, *Journal of Plant Interactions* 8 (3), 216-218
- 行永寿二郎, 井手欽也, 伊藤幹二, 嶋田資久 (1975) セイタカアワダチソウの生態に関する2, 3の観察とasulamによる防除. 雑草研究 1975 (19), 46-50