

特定外来生物ナルトサワギク (*Senecio madagascariensis* Poiret) の生態的特性と兵庫県淡路島における分布状況

藤原 道郎¹⁾

Ecological traits of an invasive alien species, *Senecio madagascariensis* Poiret and its distribution in Awaji Island, Hyogo Prefecture, Japan

Michiro FUJIHARA

【Abstract】

Senecio madagascariensis Poir. (fireweed) is a toxic African plant which has spread rapidly along Osaka Bay, especially in Awaji Island, western Japan. Field survey was conducted in order to clarify the distribution pattern and possibility of distribution control of this invasive alien species in Awaji Island. The fireweed communities were frequently and continuously distributed at the southern part of the Island. At the northern part their distribution was restricted and discontinuous, but the distribution has been expanding. Large and dense covers of fireweed communities established on newly constructed or recovered artificial slopes along roads and dam sites. Sparse covers of the communities were found on bars of a river and wet and steep slopes of a small fall. Abandoned paddy fields near from dam sites were also covered by fireweed. While the distribution of the species was restricted to open site, the habitat of the species ranges from dry to wet site from the view point of soil condition.

Key words : Phenology, Control of invasive species, Seed source, Light condition

1. はじめに

ナルトサワギク (*Senecio madagascariensis* Poiret) は2006 (平成17) 年2月に特定外来生物に指定された南アフリカおよびマダガスカル原産のキク科キオン属の植物である。オーストラリア、ハワイ、アルゼンチンには同種が侵入し分布拡大している (Sindell, 1986; Culliney et al., 2003)。毒性を有し (藤井・橋爪, 2005)、牧場や採草地への拡大に対し注意する必要がある、家畜への健康被害が生じているためオーストラリアでは防除活動の指針なども作成されている (Sindell and Coleman, 2012)。兵庫県淡路島においても畜産業も営まれており、生物多様性のみならず畜産業など生業への影響も懸念される。分布拡大を抑えるためには分布状況と生態的特性の解明は欠かせない。日本の都道府県レベルにおける分布に関しては小川

Narutosawagiku/default.htm, 2019.10参照)、環境省 (<https://www.env.go.jp/nature/intro/2outline/list/Distribution/syo/PDF/L-syo-04pdf>, 2019.10参照)、Tsutsumi (2011) での報告がある。生態的特性や防除に関しては、牧草種との競争関係 (上原ほか, 2006)、アレロパシー (Iwasaki, 2007)、客土による生育抑制効果 (杉浦ほか, 2010)、土壤化学性の違いによる防除効果 (田中ほか, 2011) などがあり、淡路島地域における具体的分布に関して藤原ほか (2008) で一部報告され、千葉県房総半島の分布と防除に関して斎木・安房生物愛好会 (2012) および小林・ナルトサワギク駆除対策委員会 (2013) が報告している。しかし、さらなる情報の蓄積と情報共有が必要である。

そこで、本報告ではナルトサワギクの分布中心の大阪湾岸に位置する淡路島において、2007~2008年のナルトサワギクの分布の現状と防除の可能性、世界における分布状況およびオーストラリアでの研究事例に関

1) 兵庫県立淡路景観園芸学校/兵庫県立大学大学院緑環境景観マネジメント研究科, Hyogo Prefectural Awaji Landscape Planning & Horticulture Academy / Graduate School of Landscape Design and Management, University of Hyogo

する報告(藤原ほか, 2008)を再整理し, 近年のデータを加え比較することで, 特定外来植物の駆除活動の一助とすることとした。

2. 調査地および方法

2.1 調査対象地

調査地は南北約50km, 東西24km, 面積539km²の兵庫県淡路島とした。洲本市における年平均気温および年降水量は15.6℃および1,494mmである(兵庫県, 2002)。暖かさの指数は130.9となりヤブツバキクラス域に属する。ウバメガシ-ハゼノキ群落, 畑及び水田, コナラ群落などの代償植生が優占し, 自然植生は海岸部および山頂部の一部にごくわずかに残されただけである。

2.2 調査方法

2.2.1 世界での分布状況および生態的特徴

文献をもとにナルトサワギクの世界および日本における分布状況, 生態的特徴, 防除法を整理した。分布に関してはweb site掲載情報も使用した。



図1. 調査地

2.2.2 淡路島における分布状況の解明

道路沿い分布調査として, 片側一車線の道路沿いにナルトサワギクの生育を目視により確認し, GPS (GPSmap 60CSx: Garmin社製)で緯度・経度・標高

を記録するとともに緯度経度を追記できるGPS対応デジタルカメラ (NIKON D200: ニコン社製)を用いて撮影を行った。上記調査は2007年3月から5月および2007年12月から2008年3月まで行った。

淡路島においてはダム周囲の道路法面や堤体周囲の法面にナルトサワギクの優占群落が見られることから, ダム周辺分布調査として, 淡路島にある21ヶ所のダム周辺におけるナルトサワギクの分布をGPSとGPS対応デジタルカメラを用いて撮影を行った。調査は2008年および2019年に行い, ダム本体・周囲の道路法面および道路沿いを対象とし分布の有無を記録した。また, ナルトサワギクの侵入年代を推察するためダムの着工年, 竣工年, 総貯水量をダム便覧 (<http://damnet.or.jp/cgi-bin/binranA/TableAllItiran.cgi?zi=zen&ken=28&jy=kana>, 2019.10参照)より記録した。

2.2.3 淡路島における生育立地環境の解明

淡路島においてナルトサワギクがどのような生育立地に分布可能なかを明らかにするため, 分布がすでに広がっている淡路島南部において, 2007~2008年の道路沿い分布調査の際に, 立地タイプを道路法面, 裸地, 放棄水田, 放棄畑, 道路側溝, 河川中州, 流水斜面等に区分し記録した。さらにナルトサワギク生育地の光環境を明らかにするために, 林縁と樹木の影響のない立地が近接している南あわじ市牛内ダム右岸上部において, ナルトサワギク群落内部の地表面とナルトサワギク葉面, 群落外部の地表面およびナルトサワギクが生育していない林縁の地表面に日射フィルム (オプトリーフR-2D: 株式会社大成イーアンドエル)を5枚(林縁は4枚), 2006年9月8日~9日の2日間(回収は9月10日7:00)設置し, 生育地の積算日射量の算出を行った。

2.2.4 ナルトサワギク防除の可能性

2007年4月から5月に, ナルトサワギクの分布が限定的である淡路島北部の道路あるいは建物沿いの森林の影響がなく直達光が届くオープンな立地を対象として, 分布個体数を3段階に分け, 各2~3地点において, 生育しているナルトサワギクを手で根を含め個体全体を抜き取ることによる試験的な防除活動を行った。分布地点, 分布量, 抜き取り量を記録し, 2008年3月に同じ地点の分布量の記録を行った。分布量は目視により5個体以下, 6~9個体, 10~49個体, 50~99個体, 100個体以上に区分し, サンプル個体を抽出

し、植物体高、株元直径、株元分枝数を記録した。サンプルおよび防除活動での抜き取りは植物体全体とし、二重のビニール袋に密閉し、市営の焼却場に持ち込み焼却処分とした。

3. 結果および考察

3.1 世界および日本における分布

オーストラリアには1918年以前に侵入したと考えられ、その侵入経路は南アフリカ喜望峰を経由したヨーロッパとオーストラリア間の海上貿易の底荷によるものではないかと推測されている (Sindel, 1996)。分子レベルの解析によるとオーストラリアのナルトサワギクはマダガスカル産ではなく南アフリカ産 (Scot et al. 1998) であり、さらに南アフリカのKwaZulu-Natal州産と見なされた (Radford et al., 2000)。オーストラリア東岸のHunter Valleyにおいて最初に優占群落を形成して以来、ニューサウスウェールズ州の海岸沿いおよびクイーンズランド州の南東部の牧草地に急速に分布拡大した (Sindel, 1986)。1985年にオーストラリア東部ニューサウスウェールズ州の酪農家および牧畜家に対して行ったアンケートによると、ナルトサワギクの分布が確認されている期間は30年以上との回答は4%であるのに対し30~20年間で10%と増え、20~10年間、10~5年間、5年未満が28%、29%、29%とさらに増加しており、1965年以降に分布拡大が生じたことが示唆された (Sindel and Michael, 1988)。

南アメリカでは、アルゼンチンにおいて1940年に採

集されたものが*S. incognitus*として初めて記載され (Cabera, 1941)、Cabrera & Zardini (1978) により*S. madagascariensis*であるとされた (Lopez et al., 2008)。ブエノスアイレス州の東部の農地における顕著な農業雑草とされている (Verona et al., 1982)。ブラジル (Matzenbacher and Schneider, 2008)、コロンビア ([http://Catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co/en/resultados/especie/Senecio madagascariensis/](http://Catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co/en/resultados/especie/Senecio%20madagascariensis/), 2019.10参照)。ウルグアイ (García et al., 2018) にも分布している (<http://colplanta.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:246209-1>, 2019.10参照)。

ハワイ諸島においては1980年代初頭にはじめて発見され、2001年までにカウアイ島、マウイ島、オアフ島における分布が確認されている (Culliney et al., 2003)。切り通し法面に吹付が行われた場所から急激に増加したことから、オーストラリアからのグランドカバー植物の種子に混入していたと考えられている (Star et al., 1999; Motooka et al., 2004)。

南アフリカ、マダガスカル以外にケニアには侵入植物としての報告がある (Sindel, 2009)。

日本においては1976年に徳島県鳴門市において発見された (木下ほか, 1999)。1979年に加古川で発見されコウベギク (*S. paludosus*) と命名された (横山, 1989) ものも同種と考えられ (木下ほか, 1999)、植村 (1996) が同種を栽培し*S. inaequidens*としたものもナルトサワギク (*S. madagascariensis*) とするのが妥当とされる (木下ほか, 1999)。

環境省 (<https://www.env.go.jp/nature/intro/2>

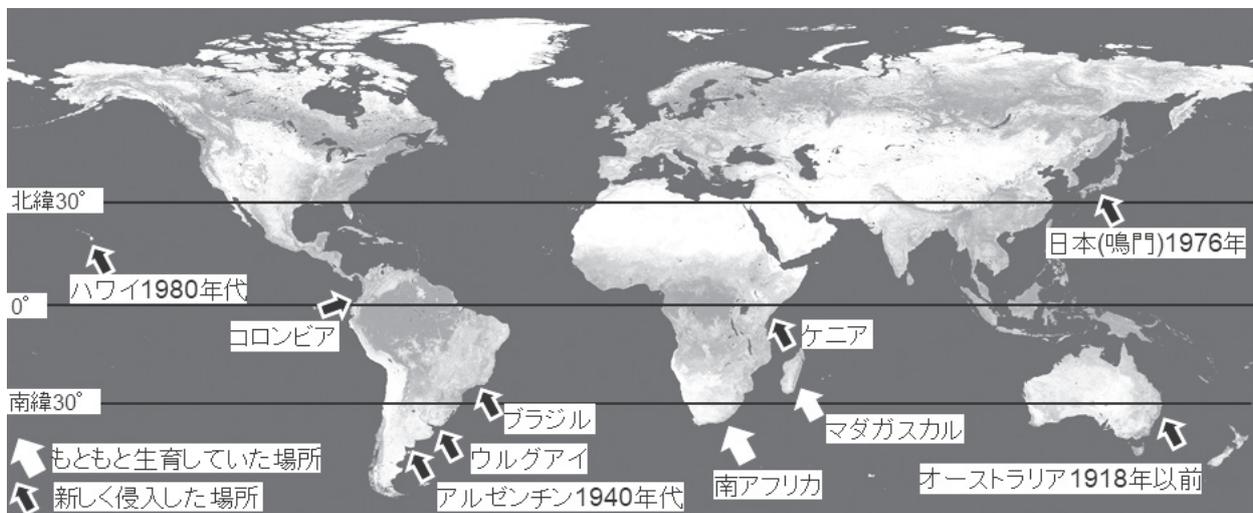


図2. 世界におけるナルトサワギクの分布

(「地球地図全球版 樹木被覆率」国土地理院 © 国土地理院・千葉大学・協働機関 地球地図国際運営委員会 (ISCGM) http://www1.gsi.go.jp/geowww/globalmap-gsi/download/data/gm-global/gm_ve_v2.tif) を基に作成。データソースは本文参照。



図3. 日本におけるナルトサワギクの分布

(「平成21年度までに個体が確認された地点図」環境省 <https://www.env.go.jp/nature/intro/2outline/list/Distribution/syo/PDF/L-syo-04pdf>) を加工して作成)。データソースは本文参照

outline/list/Distribution/syo/PDF/L-syo-04pdf, 2019.10 参照) によると2009 (平成21) 年度までに確認された地点は鹿児島県, 長崎県, 佐賀県, 高知県, 徳島県, 香川県, 岡山県, 兵庫県, 大阪府, 和歌山県, 奈良県, 滋賀県, 三重県, 静岡県, 福島県の15都府県であるが, 2019年10月現在, 千葉県 (齋木・安房生物愛好会, 2012), 愛知県 (愛知県移入種データブック検討会 (編). 2012), 京都府 (<https://www.city.nagaokakyo.lg.jp/0000008701.html>, 2019.10参照), 福岡県 (http://www.pref.fukuoka.lg.jp/contents/kennaikakuninn_gairai.html, 2019.10参照), 熊本県 (熊本県環境生活部環境局自然保護課, 2016) などでも報告されており, 20都府県に増加している。

3.2 ナルトサワギクの生態的特性

気温と降水量

Sindel and Michael (1992b) はオーストラリア東岸のHunter Valleyにおいて定着が確認された120地点の年平均気温は12.3-20.1℃, 年降水量は614~2397mm (分布の90%は681~1668mmの範囲) とし, Tsutsumi (2011) は日本とオーストラリアにおけるナルトサワギクの分布と生育環境をもとに, 最も暖かい3か月の平均気温が23.5~27.7℃の範囲で25.4℃が最適であり, 最寒月の平均最低気温が-1.7~4.8℃で1.9℃が最適な値であると推定した。淡路島に位置する3か所の気象観測データによる1981年~2010年の平年値は, 年平均気温15.5~16.2℃, 最も暖かい3か月の平均気温25.0~

表 1. 淡路島の気象観測地における1981年から2010年までの平年値. 気象庁 各種データ資料

<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php> もとに作成

	郡家	洲本	南淡
年平均気温(°C)	15.9	15.5	16.2
最も暖かい3か月の平均気温(°C)	25.9	25.0	26.1
最寒月の平均最低気温(°C)	1.4	2.4	2.1
年降水量(mm)	1093.1	1001.8	1194.8

26.1°C, 最寒月の平均最低気温1.4~2.4°C, 年降水量1001.8~1194.8mmであり(表1), Sindel and Michael (1992b) およびTsutsui (2011) が示した生育地の気温および降水量の中央値および最適値に近く, 淡路島が気候的にナルトサワギクの生育に適していると考えられた.

フェノロジーと生活史

ナルトサワギクは短命の多年生植物である(Sindel 1986). 植物の成長が比較的良い肥沃な立地でナルトサワギクと競合する牧草が採食された地点においては, 全てのナルトサワギク個体は一年草としてのライフサイクルを示したが, 生産性が低く牧草が採食されていない立地においては40%のナルトサワギクが2年目にも生存した(Sindel and Michael, 1996)と報告があり, ナルトサワギクは立地による高い可塑性あるいは変化に富むライフサイクルを持つ(Sindel, 2009).

ナルトサワギクは20~25°Cで最も早く発芽するが, 15~27°Cの間が最適温度であり, 上限と下限を超えると発芽率は急激に減少する(Nelson and Michael, 1982). 発芽可能な温度範囲が広いことで一年のほとんどの時期に発芽する一方, 夏の高温や冬の低温はその時期に新しい実生の欠如をもたらす(Sindel 2009), オーストラリアにおけるナルトサワギクの発芽のピークは春(8~10月)と秋(5月)となっている(Sindel and Michael, 1996). また, 35°Cの温度環境では種子は発芽しないが, 40°Cで乾燥にさせられた種子は生きており20°Cの温度環境で発芽する(Nelson and Michael, 1982)との報告もある.

ナルトサワギクの実生の成長は早く, 発芽から6週間で開花に至る個体もある(Sindel and Michael, 1996). 一斉開花は春季と秋季に生じるものの, 個体によっては一年のほとんどの時期に花が見られる

(Sindel and Michael, 1996). このことが理由の一つとなり, 土壌シードバンクに, 毎年, 新しい種子が入り込むことを止めることが困難となっている(Sindel, 2009).

交配システム

Sindel (2009) は, オーストラリアのナルトサワギクは, 頭花を袋かけされた(昆虫による受粉を避けるために), あるいは自家受粉がなされた時には種子を生産しないというRadford (1997)の結果をもとに, ナルトサワギクは厳密な他殖性であると述べている.

種子の生理学および発芽

Sindel (2009)によると, 実験室の保管状況下ですべての種子は4~5年後に発芽能力を失うと推定される(Alonso et al., 1982)一方, 採取後1か月間3cmの深さに埋められた種子は, 15か月後には生存率が9%減少(発芽は63%から54%に減少)する(Radford, 1997)との報告があるとされ, さらにRadford (1997)のデータの回帰式による推定を行い, いくつかの種子は10年間は土壌中で生存すると述べている.

野外個体群の土壌種子バンクは平均で12,000個/m²を越すと推定され, 多くの種子は土壌の深い位置(10~30mm)よりも土壌表面近く(10mm未満)にあるとされる(Sindel, 2009). ナルトサワギクの種子は発芽に中程度の太陽光を要する光発芽種子であり(Guillen et al, 1984), 発芽可能な土壌の最大深が約2cmであることは, このナルトサワギク種子の光に対する応答性によるものであろう(Sindel, 2009).

実生はある程度の暗環境への耐性があり, 暗環境(相対放射照度0.062)で30日間生育ののち明環境(相対放射照度0.60)で30日間生育させたものは60日間明環境で生育させた実生と同等の相対成長率を示し, 光

環境の好転によりすぐに成長を回復させる能力を持つ。一方、頭状花序（頭花）数は、明環境に戻しても回復せず相対放射照度の減少に応じ生産性が落ちる（Sindel 1989）。

種子生産と散布

ナルトサワギク 1 個体からの種子生産量は最大 18,000 個（Sindel et al., 1998）や、頭花 1 個あたり 150 個までの種子で 1 シーズンに植物体あたり 25,000 から 30,000 個の種子を生産する（Parsons and Cuthbertson, 1992）との報告がある。また、侵入種であるナルトサワギクはオーストラリア在来の *S. laetus* の 5 つの亜種と 2 つ品種より実生集団および開花集団の頻度が高く、開花期間が長いという特徴を持っていた（Radford and Cousins, 2000）。

毒性

ナルトサワギク (*S. laetus* として知られていた) はオーストラリアの草食動物の中毒の原因であると考えられてきたが（Noble et al., 1994）、家畜の死亡や成長阻害をもたらす毒性が認められている（Walker and Kirkland, 1981; Kirkland et al., 1982; Gardner et al., 2006; Cruz et al., 2010）。

3.3 ナルトサワギクの防除法

牧草管理

ナルトサワギク防除の基本的原理は生育の盛んな競争的な牧草を維持することであり（Launders, 1986）、過採食、乾燥、非競争的牧草などの生育により牧草地の植被に空白が生じることや水飲み場や餌場の周りの過度な踏み付けによる裸地は、ナルトサワギクの生育を助長することになる。一方、競争的多年草の維持は一定レベルの防除の成功につながるものが農家には知られている（表 2）。ナルトサワギクの発芽に適切な気候条件だったとしても、旺盛な牧草の成長はナルトサワギクの実質的な出現を防止する可能性がある（Sindel and Michael, 1996）。

植物の活発な成長期間における肥料の使用はそれらの生産量を増やすことができ、従ってナルトサワギクの密度を減少させる。イタリアンライグラス (*Lolium multiflorum* Lam. cv. Concord) は肥沃条件でナルトサワギクの成長を抑制する潜在能力を示す（Sindel and Michael, 1990）。しかしながら、エンバク (*Avena strigosa* Schreb. cv. Saia) と混交状態において、窒素とリンの増加はナルトサワギクの成長に有意に働く

（Sindel and Michael, 1992a）。牧草種が反応できない時期、例えば夏期に成長する牧草が成長を止める秋に硝酸塩が使用された場合は、発芽（Alonso et al., 1982）や成長と開花（Sindel and Michael, 1992b, 1996）に対する硝酸塩の促進効果により、ナルトサワギクの成長に有利となる。

抑制効果

Sindel and Michael (1990) はイタリアンライグラス (*Lolium multiflorum* Lam. cv. Concord) がナルトサワギクの重要な競合種になると報告している。上原ほか (2006) における室内実験からも他の植物に覆われた光環境では、本葉展葉には至らないことが明らかになっており、光環境が分布拡大および抑制に重要であることが示唆された。斎木・安房生物愛好会 (2012) はシロツメクサおよびムラサキツメクサが繁茂する区域ではナルトサワギクがほとんど見られないことを報告している。改良客土による成長抑制実験において、もみガラ炭による酸性・低栄養塩類型植生基材を用いることでナルトサワギクの成長抑制が確認され（杉浦ほか 2010）、また、酸性溶液での発芽抑制が示され（田中ほか, 2011）、土壌化学性による生育抑制効果が期待される。ナルトサワギクは暗環境ではうまく発芽しないので、種子を埋没させることは個体群を減少させ防除を助ける（Sindel, 2009）。竹チップ被覆での発芽抑制も認められているが（Fujihara, 2017）、種子への光環境の制御と考えられる。

抜取り

オーストラリアにおいて抜取りは広く実施されている（表 2）。すべての場合に効果が高いというわけではないが、特にナルトサワギクの個体数が少ない小規模な発生地、あるいは除草剤など他の防除手法の後のフォローアップとして用いられる（Sindel and Coleman, 2012）。

草刈り

秋から春の草刈りによる防除効果は多様である（表 2）。低い位置で短く刈取ることはナルトサワギクを死滅させることがなかったものの、成長と開花を遅らせた。刈取りは再生を促すかもしれないが（Verona et al., 1982）、定期的な刈取りは小面積での防除を援助することができる。Sindel (2009) は Fernandes (unpublished data) をもとに、5 cm あるいは 10 cm の高さの 1 回刈取りで植物体の 20% を減少させ、2 か月

表2. ナルトサワギク防除手法の実際の使用と効果 Sindel and Michael (1988) もとに作成

方法	実施割合 (%) ^a	成功の程度の割合 (%) ^b		
		低レベル (効果低い)	中レベル (効果あり)	高レベル (効果高い)
抜取り	74	37	29	34
刈取り	68	41	46	13
耕起	19	33	54	13
除草剤	12	22	37	41
ヒツジとヤギ	5	11	22	67
競争的牧草	35	21	37	42

a 防除対策を行っているとは回答した者での割合

b その防除対策を行っているとは回答した者での割合

間隔をあけた10cmの2回連続の刈取りで70%を減少させたが、それらの高さでの1回刈取り後に残存している植物体の成長率は40-50%増加したことを述べている。牧草種の成長に不適な時、あるいは若いか発育不全の時には、ナルトサワギクは牧草種より早く再生し優占するので、刈取りは避けるべきである。

除草剤

除草剤適用の最適な時期は小さな実生から初期の開花時期（通常秋から冬）である（Tracanna et al., 1983, Watson et al., 1984）。オーストラリアではグリホサートおよびプロモキシニル（日本での登録薬剤なし）などの除草剤は、大変効果的になりうる（Sindel and Michael, 1998）。

採食

ヒツジやヤギはナルトサワギクを容易に食べ、ウシやウマよりもよりもナルトサワギクの毒性に対する感受性は10~20分の1と低いので（Bull, 1955; Dollahite, 1972），ナルトサワギク防除に使用されている（Watson et al., 1984）。

高密度の飼育を避け、飼育パドックをローテーションし、また、ナルトサワギクが発芽する前に家畜を取り除くことは牧草種の発芽と成長によるナルトサワギクとの競争を促進させるので効果的である（Sindel and Coleman, 2012）。

ナルトサワギクと同属種に関して、Scherber et

al. (2003) はノウサギ (*Oryctolagus cuniculus* L.) による摂食、種間競争、軟体動物および草食性昆虫が *S. inaequidens* に及ぼす影響を実験によって明らかにした。他の草本植物の除去およびノウサギによる摂食は *S. inaequidens* の植物高と頭花数を減少させた。しかしノウサギ摂食後に再成長した *S. inaequidens* の植物体はノウサギに摂食されることはなかった。結果的に草地生態系におけるノウサギ摂食は *S. inaequidens* 以外の草本の減少と *S. inaequidens* の再成長による、*S. inaequidens* の増加につながると結論づけた。

生物学的防除

ハワイ、オアフ島での生物学的防除法として11種の昆虫がアフリカから導入されたうち、幼虫が葉を摂食する *Secusio extensa* (蛾Arctiid mothの一種) および幼虫が花を摂食する *Sphenella* sp. (Tephritid flyの一種) が残存し試験が継続されたところ、十分ナルトサワギクにダメージを与えたとした（Ramadan et al. 2011）。White et al. (2008) はオーストラリア東部在来の *S. pinnatifolous* と移入種ナルトサワギクに対する、*S. pinnatifolous* を幼虫が摂食するオーストラリア東部在来の *Nyctemera amica* (magpie mothの一種) の影響を比較した。実験室内で摂食させた場合、さなぎの重さは変わらないものの幼虫の成長速度は在来種を摂食した方が早く、また、野外では在来種をより多く摂食したことを報告した。このことから、在来の草食消費者が食草を変えて侵入種を摂食するようになり

侵入種の定着阻害に貢献することは難しいとした。ナルトサワギク原産地の南アフリカにおいて草食昆虫の調査も進められている (Egli and Olckers, 2015)

3.4 淡路島における分布状況

道路沿い分布調査結果として、図4に2007年における淡路島におけるナルトサワギクの分布を示した。南部に連続して分布していた。南東海岸の県道75号沿いおよび南西海岸の県道25号沿いの道路法面および道路沿いの裸地に連続した分布が見られた。また淡路島南部の諭鶴羽山系に位置するダムおよびダムに通じる道路周辺の三原平野東南部に多くの分布地が見られた。中部から北部では比較的隔離的に分布している傾向が見られた。分布が確認された地点でのナルトサワギクの優占度は南部では優占度5のほぼ純群落が連続して分布していたのに対し、中～北部では優占群落は見られなかった。

ダム周辺分布調査の結果として、図5および表3にダムの位置と竣工年およびナルトサワギクの分布状況を示した。2007年の調査においてナルトサワギクの分布が確認できたのは、大日川ダム、大日ダム、牛内ダム、北富士ダム、成相ダム、本庄川ダム、柿ノ木谷池ダムであった。諭鶴羽ダムはダム周囲の広場に分布していた。2019年に新たに分布が確認できたのは大城池で堤体に分布していた。また猪鼻ダム、竹原ダム、初尾川ダム、鮎屋川ダム、猪鼻第二ダムではダム周囲の道路に分布が確認できた。北部に位置するダムは2007年、2019年ともに分布が見られなかった。1997年以降に着工したダムの全てに2007年時点でダム堤体と道路法面のどちらか、あるいは両方にナルトサワギクの分布が確認できた。1966年竣工となっている大日川ダムは1997年竣工の大日ダムの下流に近接していた。南部において2019年まで分布が見られない上田池と天川第二ダムはダムへ通じる道およびダム周縁の道も狭く、斜面から道路を越して水面まで林冠が覆っていた。北部のダムは竣工年も1985年以前と古く、また北部ではナルトサワギクの分布自体が限られており (図4)、分布も見られなかった。1997年以降に着工したダム付近の道路法面に高優占度の群落が多く見られ、ダムサイトから距離が離れるにつれナルトサワギクの優占度は減少する傾向が見られた。1980年代以前竣工のダムのほとんどではダム付近での分布は見られなかった。隣接したダムに分布していた場合、2019年には道路脇などに分布拡大していた。一方、柿ノ木谷池ダムにおいては法面での分布は減少していた。

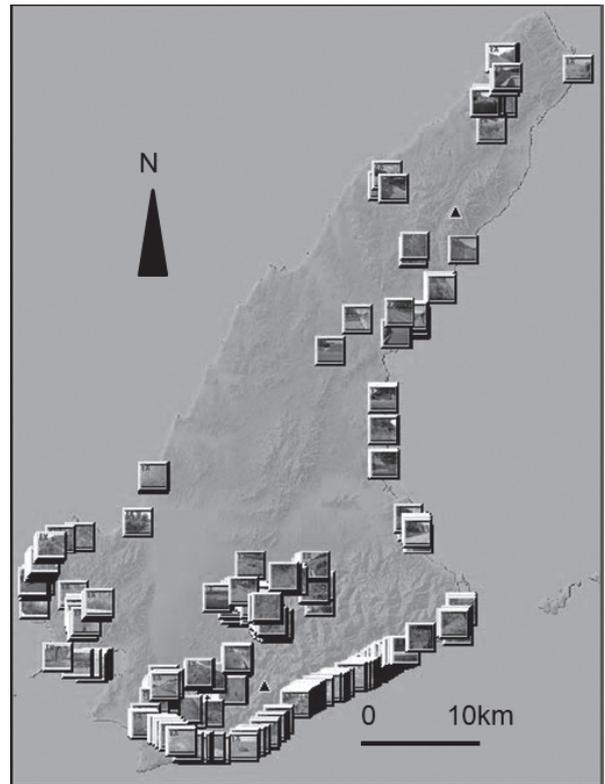


図4. ナルトサワギク (四角のアイコンの位置) の分布 (2007年)。背景図はカシミール使用。

表3. ナルトサワギクの有無とダム竣工年との関係.

	着手年	竣工年	総貯水量(m ³)	ナルトサワギク分布の有無	
				2007	2019
A 大城池		1928	946,000	-	+
B 上田池		1929	1,700,000	-	-
C 猪ノ鼻ダム	1930	1933	306,000	-	△
D 昭和池		1944	62,000	-	-
E 竹原ダム	1959	1962	804,000	-	△
F 大日川ダム		1966	2,099,000	+	+
G 初尾川ダム		1968	302,000	-	△
H 大谷池	1963	1970	224,000	-	-
I 鮎屋川ダム		1970	1,800,000	-	△
J 谷山ダム	1972	1974	412,000	-	-
K 常盤ダム	1972	1974	669,000	-	-
L 諭鶴羽ダム	1968	1974	1,300,000	△	△
M 猪ノ鼻第二ダム	1977	1978	506,000	-	△
N 天川第二ダム	1980	1982	112,000	-	-
O 河内ダム	1978	1985	250,000	-	-
P 大日ダム	1980	1997	1,100,000	+	+
Q 牛内ダム	1980	1997	2,200,000	+	+
R 北富士ダム	1981	1999	1,300,000	+	+
S 成相ダム	1981	1999	4,050,000	+	+
T 本庄川ダム	1985	2004	1,720,000	+	+
U 柿ノ木谷池ダム	1994	2006	386,000	+	+

+:ダム本体または道路法面あるいはその両方で確認

△:ダム周囲の道路脇に分布

-:確認なし

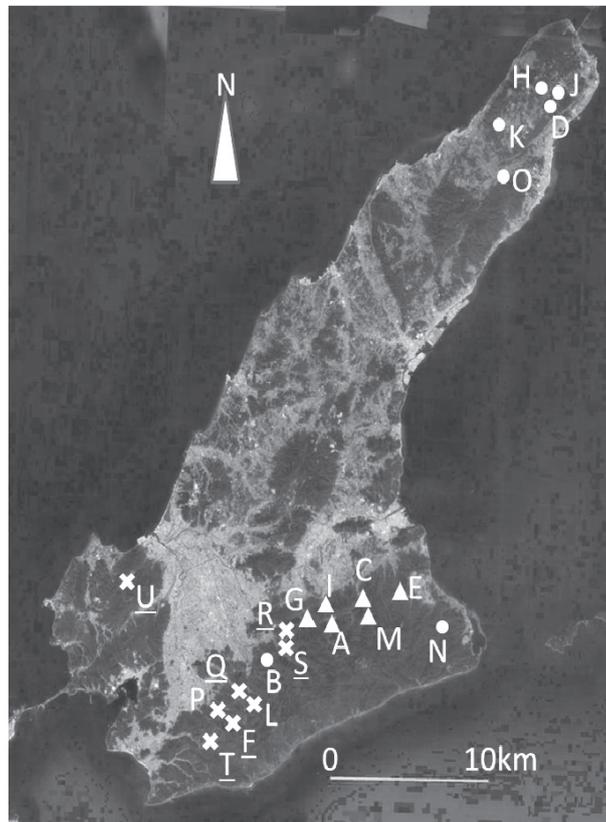


図5. ダムおよびナルトサワギクの分布状況

(×:2007年と2019年に分布. △:2019年のみ分布. ○:2007年, 2019年共に分布無し). アルファベットに下線があるものは1997年以降竣工を示す. 背景はGoogle earthを使用.

3.5 生育立地

生育立地のうち光環境に関して積算日射量および相対照度を比較したところ、群落外地表面（裸地）で積算日射量の平均値6.9MJ/m²、相対照度100%の際に、群落内地表面は4.9MJ/m²および70.2%、ナルトサワギク葉面5.5/m²および78.9%、ナルトサワギクの生育が見られない林縁では3.6/m²および51.2%となっており、オープンな立地にのみ生育していた（表4）広域での生育立地調査結果から、道路法面や裸地に優占度の高い群落が多く分布していたが、放棄水田および河川の中州や小流路の斜面にも生育していた。乾燥立地のみでなく湿潤立地にも分布しており水分条件に対しては比較的幅広く適応していることが示唆された（図6）。しかし、過湿状態での生育は見られず、高優占度群落は明るい適湿から乾燥立地と考えられた。湛水環境はナルトサワギクの侵入を抑制する（Fujihara, 2019）。

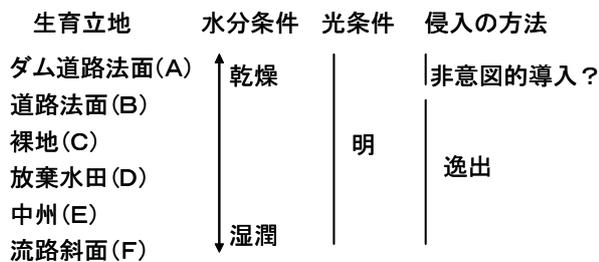
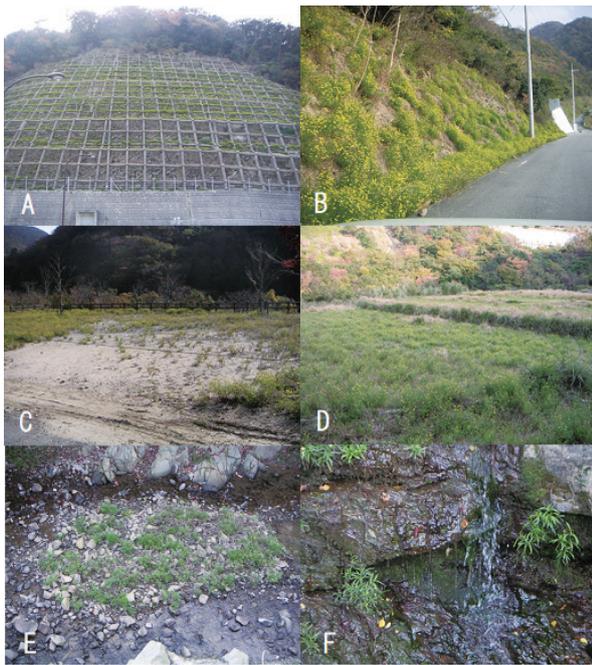


図6. ナルトサワギク生育地の立地環境

表4. ナルトサワギク群落内外および林縁部の非生育立地の積算日射量

	積算日射量 平均±SD (MJ/100m ²)	平均値の 相対照度 %
群落外地表面(n=5)	6.9±0.8	100.0
群落内地表面(n=5)	4.9±0.9	70.2
葉面(n=5)	5.5±1.0	78.9
林縁(n=4)	3.6±0.7	51.2

3.6 季節変化

ほぼ一年中開花個体が見られたが、6月から9月には開花個体は減少した（図7）。開花のピークは5月と11月の年2回みられ、その1～2週間後に結実のピークが見られた。

3.7 防除の可能性

北部において1～2名の少人数での試験的な除去を行ったところ、除去前の分布個体数が少ない場合、除去1年後には分布が確認されなくなった（表5）。侵入初期の防除活動は少人数でも効果的であることが確認された。特に淡路島北部においては個体数も少なく点在している群落も見られることから、気づいた時点での少人数での除去による分布拡大抑制が重要であると考えられた（図8）。その後の防除活動により減少しないしは防除完了した地点も存在するが、別途報告するものとする。

3.8 特定外来植物（ナルトサワギク）の駆除のための活動

特定外来生物を駆除するためには多くの人手が必要であり、地域住民の適切な関わりが不可欠である。そこで分布データをもとに2008年に兵庫県立淡路景観園芸学校ウェブサイトを通じてナルトサワギクの防除活動を周知する情報を掲示し、各種フォーラムや学内での行事の際にも掲示および解説を行い周知を図った。その後、兵庫県行政として淡路県民局では「淡路島の豊かな生態系を侵す特定外来生物ナルトサワギクの分布拡大防止にご協力ください！」としてpdfを掲載している（[https:// web. pref. hyogo. lg. jp/ awk12/ event/ documents/ narutosawagiku_1. pdf](https://web.pref.hyogo.lg.jp/awk12/event/documents/narutosawagiku_1.pdf), 2019.10参照）、また淡路島内でも、洲本市（[https:// www. city. s umoto. lg. jp/ soshiki /14/1180. html](https://www.city.sumoto.lg.jp/soshiki /14/1180. html), 2011年6月20日更新, 2019.10参照）、淡路市（[https:// www. city. awaji. lg. jp/ soshiki /seikatsu/ gairaiseibutu.html](https://www.city.awaji.lg.jp/soshiki /seikatsu/ gairaiseibutu.html), 2011年11月29日



図7. ナルトサワギク群落の季節

表5. 試験的除去前後の分布状

分布地点	2007年4-5月						2008年3月		
	分布量		植物体長 cm		株元直径 cm		除去量		
	個体数	計測数	平均±SD	(最小-最大)	平均±SD	(最小-最大)	個体数	生重 kg	
a	<5	1			0.6		<5	0	
b	<5						<5	0	
c	≥100	148	32.8±11.4	(6.0-60.0)	5.3±2.2	(0.1-2.5)	3-多数	50-99	10-50
d	10-49	10	40.0±10.5	(20.0-60.0)	0.4±0.1	(0.2-0.7)	1	5-9	0.55
e	10-49	2	70.0±14.1	(60.0-80.0)	2.3±2.0	(0.9-3.7)	多数	10-49	2.3
f	<5	1	100		3.1		多数	<5	0
g	<5	2			1.0±1.2	(0.1-1.8)	1-8	<5	0
h	≥100	10	53.0±12.5	(30.0-60.0)	0.6±0.3	(0.3-1.3)	多数	50-99	3.35
i	10-49	3	40.0±0.0	(40.0-40.0)	0.8±0.1	(0.7-0.9)	多数	10-49	1
j	<5						<5	0	

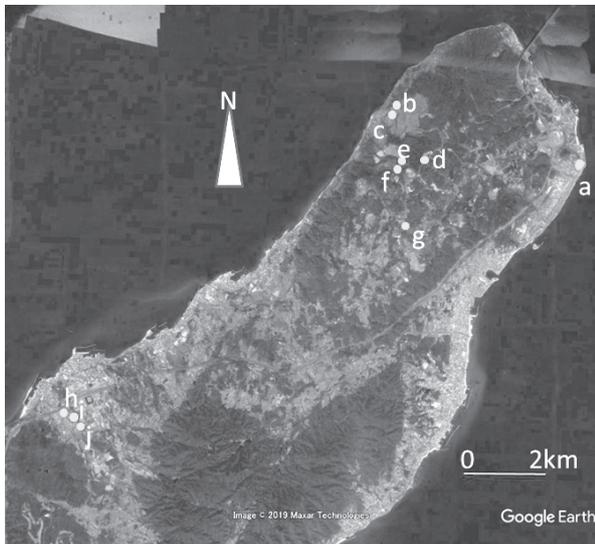


図8. 北部 (a-k) での分布状況 (2007年) .

更新, 2019.10参照), 南あわじ市では防除活動協力を市の広報誌にたびたび掲載している。また淡路地域ビジョン委員会環境・自然分科会での精力的なアンケート調査による分布調査, 普及も行き, 防除活動の活性化が図られている。テレビ報道, 新聞報道も行われている。しかし, 組織的な防除活動とまではなっておらず, 限られた分布地での活動に留まっている。

千葉県房総半島では安房生物愛好会を中心に市民を加え大規模な防除活動が実施されている (小林・ナルトサワギク駆除対策委員会, 2013; 斎木・安房生物愛好会, 2012)。大規模分布地2か所と小規模分布地27か所と分布が限られていた。大規模分布地では100人規模の防除を行い個体数減少にはつながったものの, 完全に駆除するには継続観察が必要である。小規模分布

地は駆除完了している地点が14か所あり, それらの駆除前の発生数の多くは1個体であったが最大で23個体の分布地もあり分布初期の防除の効果が顕著である。

4. まとめ

淡路島北部と南部とで比較した場合, 分布地点数, 群落面積ともに南部で極めて大きいことが明らかであった。北部における分布は点在しており, 群落面積も小さいものであったが, 放置するとシードソースとして機能し拡大が予想された。

淡路地域第8期ビジョン委員会自然環境・エネルギー分科会 (2017) は, 淡路島内の小学校, 事業所, 町内会に対し, 「ナルトサワギクを見たことがあるか」, 「ナルトサワギクを見た場所はどこか」などの記入式アンケートを2017年9月~12月に行い3,728人からの回答を得ている。その結果, 北部では分布報告がない地域が比較的に見られたものの全島での広範な分布が確認された。特に南東海岸の県道75号沿いおよび南部の論鶴羽山系に位置するダムとダムに通じる道路周辺での分布報告が著しかった。

北部において試験的に除去を行ったところ, 分布個体数が少ない場合除去1年後には分布が確認されなくなったこと, および分布面積が限られていたことから, 各分布地点での除去により分布拡大抑制の可能性はあると思われた。しかし, 散布済みの種子および工事用車両などに伴う再侵入の可能性が高く, 継続的な除去が必要であると考えられた。南部においては, 各群落の面積が広い上, 連続して分布しているため, 一斉に除去することは困難であり, ダムにつながる道路

の拡大先端部、淡路島東岸を走る国道28号線の北側拡大先端部からの除去による拡大防止が効果的であると考えられた。

1997年以降に竣工したダム付近の道路法面に高優占度の群落が多く見られたのに対し、1980年代以前竣工のダム付近にはほぼ見られなかった。分布自体の記録はあるものの淡路島における分布拡大が顕著になったのは1990年代後半である可能性が示唆された。

乾燥立地のみでなく湿潤立地にも分布しており水分条件に対しては幅広く適応していることが示唆された。一方、光環境に対してはオープンな立地にもみ生育していたことから、光環境が分布拡大および抑制に重要であることが示唆された。

耕作地では牧草など、その他では在来の草本群落の維持がナルトサワギクの侵入防止には効果的であると考えられた。

特定外来種の防除には地域住民の適切な関わりが不可欠である。そこで分布データをもとに地域住民に対して情報提供を行うとともに啓発のためのホームページを開設した結果、島内での認知度は高くなったが継続した情報提供が必要であると考えられた。

引用文献

愛知県移入種データブック検討会編 (2012) 愛知県の移入動植物—ブルーデータブックあいち2012. 225pp. 愛知県環境部自然環境課. (https://www.pref.aichi.jp/kankyo/sizen-ka/shizen/gairai/handbook/pdf/06_shiryuu.pdf) (2019.10参照)

Alonso, S.I., Fernández, O.N., Langero, S.I., and Verona, C.A. (1982). Characteristics of seed germination of *Senecio madagascariensis* Poiret (Compositae) (In Spanish). *Ecología Argentina* 7, 95-116.*

淡路地域第8期ビジョン委員会自然環境・エネルギー分科会 (2017) ナルトサワギク アンケート調査報告書. 25p. 淡路地域第8期ビジョン委員会自然環境・エネルギー分科会.

Bull, L.B. (1955). The histological evidence of liver damage from pyrrolizidine alkaloids: megalocytosis of the liver cells and inclusion globules. *Australian Veterinary Journal* 31, 33-40.

Cabrera, A.L. (1941). *Compuestas bonaerenses*. *Revista del Museo de La Plata* 4, 1-450.*

Cabrera, A.L., and Zardini, E.M. (1978). 'Manual de la Flora de Los Alrededores de Buenos Aires.'

(Editorial Acme, Buenos Aires) .*

Cruz C.E.F., Karam F.C., Dalto A.C., Pavarini S.P., Bandarra P.M. and Driemeier D. (2010) Fireweed (*Senecio madagascariensis*) poisoning in cattle. *Pesquisa Veterinária Brasileira* 30 (1) :10-12

Culliney, T. W., Nagamine, W. T. and Teramoto, K. K. (2003) Introductions for Biological Control in Hawaii 1997-2001. *Proceedings of the Hawaiian Entomology Society*: 145-153.

Dollahite, J.W. (1972). The use of sheep and goats to control senecio poisoning in cattle. *South Western Veterinarian* 25, 223-6.

Egli, D. and Olckers, T. (2015) Abundance across seasons of insect herbivore taxa associated with the invasive *Senecio madagascariensis* (Asteraceae), in its native range in KwaZulu-Natal, South Africa. *African Entomology* 23: 147-156.

Fujihara M. (2017) Regulation of reestablishment of invasive alien species *Senecio madagascariensis* Poir. using bamboo chips and other control treatments. 12th International Congress of Ecology.

Fujihara M. (2019) Reestablishment and growth of the invasive alien species *Senecio madagascariensis* Poir. on abandoned paddy fields. 62nd Annual Symposium of the International Association for Vegetation Science Abstract Book: 82.

藤原道郎・大藪崇司・澤田佳宏・山本聡 (2008) 分布情報を基にした島嶼生態系における特定外来生物ナルトサワギク (*Senecio madagascariensis* Poiret) の防除可能性. 平成19年度兵庫県立淡路景観園芸学校タスクフォース型共同研究報告書

藤井義晴・橋爪健 (2005) 牧草. 飼料作物および雑草に含まれる有害物質と家畜中毒. *牧草と園芸* 53 (6) :9-13.

福岡県内で確認された特定外来生物. <http://www.pref.fukuoka.lg.jp/contents/kennaikakuninngairai.html> (2019年11月6日最終確認)

Gardner D.R., Throne M.S., Molyneaux R.J., Foster J.A. & Seawright A.A. (2006) Pyrrolizidine alkaloids in *Senecio madagascariensis* from Australia and Hawaii and assessment of possible livestock poisoning. *Biochem. Syst. Ecol.* 34:736-744.

García, J.A., Santos, C.G., Rosas, J., Dutra, F., Gardner, D. (2018) A survey of *Senecio* spp. affecting livestock in Uruguay and their associated

- pyrrolizidine alkaloid content. *Cienc. Rural* vol.48 no.2 (http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782018000200501, 2019年9月30日参照)
- Guillén, D., Romero, C. and Montaldi, E.R. (1984) . Germination of *Senecio madagascariensis* Poir. (In Spanish) . *Revista de la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Plata* 60, 5-9.
- 兵庫県企画管理部企画管理局統計課編 (2002) 兵庫県の統計書, 382pp, 兵庫県企画管理部企画管理局統計課.
- Iwasaki, Y. (2007) Study on allelopathic effects of *Senecio madagascariensis* Poir. *Journal of Environmental Information Sciences* 35 (5) : 175-180.
- 木下 覚・小山 博滋・小川 誠・太田 道人 (1999) 帰化植物ナルトサワギクの学名. *植物分類・地理* 150: 243-246.
- 小林洋生・ナルトサワギク駆除対策委員会 (2013) 千葉県南部におけるナルトサワギクの発生状況と駆除の取り組みについて. *冬虫夏草* 52 : 4-41.
- Kirkland, P.D., Moore, R.E., Walker, K.H., Seaman, J.T. and Dunn, S.E. (1982) . Deaths in cattle associated with *Senecio latus* consumption. *Australian Veterinary Journal* 59, 64.
- 熊本県 環境生活部 環境局 自然保護課 (2016) 生物多様性くまもと戦略 平成23年2月策定・平成28年3月改定. 熊本県. 122p.
- Launders, T.E. (1986) . Competitive pastures and control of fireweed. *Australian Weeds Research Newsletter* 35, 42-3. *
- López M.G., Wulff, A.F., Poggio, L. and Xifreda, C.C. (2008) South African fireweed *Senecio madagascariensis* (Asteraceae) in Argentina: relevance of chromosome studies to its systematics. *Botanical Journal of the Linnean Society*, Volume 158, Issue 4, 613-620
- Matzenbacher N.I., Schneider, A.A., (2008) Note about an adventitious *Senecio* (Asteraceae) in Rio Grande do Sul, Brazil. *Revista Brasileira de Biociências*, 6 (1) :111-115.
- Motooka, P., Nagai, G., Onuma, K., DuPonte, M., Kawabata, A., Fukumoto G. and Powley J. (2004) Control of Madagascar Ragwort (aka Madagascar fireweed, *Senecio madagascariensis*) . University of Hawai'i at Manoa. College of Tropical Agriculture and Human Resources. Publication WC-2 (revised) .
- Nelson, N.R. and Michael, P.W. (1982) . Germination and growth of *Senecio madagascariensis* Poir. (fireweed) , a toxic plant of pastures in coastal New South Wales. *Proceedings of the 2nd Australian Agronomy Conference*, p.173. (Griffin Press, Netley, South Australia) .
- Noble, J. W., Crossley, J., Hill, B. D., Pierce, R. J., McKenzie, R. A., Debritz, M. and Morley, A. A. (1994) Phyrrolizidine alkaloidosis of cattle associated *Senecio latus*. *Australian Veterinary Journal* 71: 196-200.
- 小川誠 (2008) <http://www.museum.tokushima-ed.jp/ogawa/narutosawagiku/default.htm> (2008.3.31)
- Parsons, W.T. and Cuthbertson E.G. (1992) Noxious weeds of Australia. CSIRO Publishing.
- Radford, I.J. (1997) . Impact Assessment for the Biological Control of *Senecio madagascariensis* Poir. (Fireweed) . Ph.D. Thesis, University of Sydney. *
- Radford, I. J. and Cousens, R. D. (2000) Invasiveness and comparative life-history traits of exotic and indigenous *Senecio* species in Australia. *Oecologia* 125: 521-542.
- Radford, I. J. , Muller, P. and Michael, P. W. (2000) Genetic relationship between Australian fireweed and South African and Madagascan populations of *Senecio madagascariensis* Pir. And closely related *Senecio* species. *Australian Systematic Botany* 13: 409-423.
- Ramadan, M. M., Murai, K. T. & Johnson, T. (2011) Host range of *Secusio extensa* (Lepidoptera: Arctiidae) , and potential for biological control of *Senecio madagascariensis* (Asteraceae) . *Jpurnal of Applied Entomology* 135: 269-284.
- 齋木健一・安房生物愛好会 (2012) ナルトサワギクに対するシロツメクサの抑制効果について. *千葉県生物多様性センター研究報告* 5 : 1 - 9 .
- Scherber, C., Crawley, M.J. and Porembski, S. (2003) The effects of herbivory and competition on the invasive alien plant *Senecio inaequidens* (Asteraceae) . *Diversity and Distributions* 9: 415-426.

- Scott, L.J., Congdon, B.C. and Playford, J. (1998) Molecular evidence that fireweed (*Senecio madagascariensis*, Asteraceae) is of South African origin. *Plant Systematics and Evolution* 213: 251-257.
- Sindel, B.M. (1986) The ecology and control of fireweed (*Senecio madagascariensis* Poir.) *Plant Protection Quarterly* 1, 163-172.
- Sindel, B.M. (1996) Impact, ecology and control of the weed *Senecio madagascariensis* in Australia. in "Compositae: Biology & utilization. Proceedings of the International Compositae Conference, Kew, 1994" (Caligari, P. D. S. and Hind, D. J. N., eds.) Royal Botanic Gardens, Kew.
- Sindel, B.M. (1989) . The Ecology and Control of Fireweed (*Senecio madagascariensis* Poir.) . PhD Thesis, University of Sydney, 283 pp.
- Sindel, B.M. (2009) Fireweed in Australia: Directions for Future Research. Report for the Bega Valley Fireweed Association, New South Wales, Australia
- Sindel, B.M. and Coleman, M. (2012) Fireweed: A best practice management guide for Australian Landholders. University of New England. 33pp.
- Sindel, B.M. and Michael, P. W. (1988) Survey of the impact and control of fireweed (*Senecio madagascariensis* Poir.) in New South Wales. *Plant Protection Quarterly* 3: 22-28.
- Sindel, B.M. and Michael, P.W. (1990) Competition between fireweed, *Senecio madagascariensis* Poir., and Italian ryegrass, *Lolium multiflorum* Lam. cv. *Concord Proceedings of the 9th Australian Weed Conference*: 6-10.
- Sindel, B.M. and Michael, P.W. (1992a) Growth and competitiveness of *Senecio madagascariensis* Poir. (fireweed) in relation to fertilizer use and increase in soil fertility. *Weed Research* 32: 399-406.
- Sindel, B.M. and Michael, P.W. (1992b) Spread and potential distribution of *Senecio madagascariensis* Poir. (fireweed) in Australia. *Australian Journal of Ecology* 17: 21-26.
- Sindel, B. M. and Michael, P. W. (1996) Seedling emergence and longevity of *Senecio madagascariensis* Poir. (fireweed) in coastal southeastern Australia. *Plant Protection Quarterly* 11: 14-19.
- Sindel, B. M., Radford, I. J., Holtkamp, R. H. and Michael, P. W. (1998) The biology of Australian weeds. 33. *Senecio madagascariensis* Poir. *Plant Protection Quarterly* 13: 2-15.
- Starr, F., Martz, K., Loope, L., (1999) . Fireweed (*Senecio madagascariensis*) . An Alien Plant Report. United States Geological Survey Biological Resources Division.
- 杉浦弘毅・大藪崇司・藤原道郎・田中賢治・朝日伸彦・中尾深佳 (2010) 特定外来生物 (ナルトサワギク) に対する改良客土による成長抑制実験結果報告. *日本緑化工学会誌*36: 139-142.
- 田中淳・額額裕美・大藪崇司・藤原道郎・田中賢治・朝日伸彦・杉浦弘毅 (2011) 土壌化学性の違いによるナルトサワギク, セイタカアワダチソウの防除技術の開発. *日本緑化工学会誌*37: 139-142.
- Tracanna, N., Catullo, J., Sosa, C. and Rodríguez, M. (1983) . Influence of the timing of treatments on control of *Senecio madagascariensis* (Poir) . Paper presented at the 9th Argentinian Meeting on Weeds and their Control. Santa Fé August 1982. *Malezas* 11, 230-1. *
- Tsutsumi, M. (2011) Current and potential distribution of *Senecio madagascariensis* Poir. (fireweed) , an invasive alien plant in Japan. *Grassland Science*, 57, 150-157
- 上原裕子・大藪崇司・岩崎寛・山本聡・藤原道郎 (2006) 特定外来種ナルトサワギクの発芽特性に関する研究. *環境情報科学*20: 77-80.
- 植村修一 (1996) コウベギクとナルトサワギク. *近畿植物同好会誌* 19: 35-39.
- Verona, C. A., Fernández, O. N., Montes, L. and Alonso, O. N. (1982) Agroecological and biological aspects of *Senecio madagascariensis* Poiret (Compositae) (In Spanish) . *Ecologia Argentina* 7: 17-30.*
- Walker, K.H. and Kirkland, P.D. (1981) . *Senecio latus* toxicity in cattle. *Australian Veterinary Journal* 57, 1-7.
- Watson, R., Launders, T. and Macadam, J. (1984) . Fireweed. *Agfact*, P7.6.26, New South Wales Department of Agriculture.*
- White, E. M., Sims, N. M. and Clarke, A. R. (2008) Test of the enemy release hypothesis: The native magpie moth prefers a native fireweed (*Senecio pinnatifolius*) to its introduced congener (*S.*

madagascariensis) . Austral Ecology 33: 110-116.

横山雅一 (1996) コウベギク *Senecio palufosus* について. 兵庫生物 9 (2) : 63-64.

*直接見ることはできなかった.