イネ科 26 属 42 種における茎片からのクローン形成特性

Characteristics of Cloning from Stem Segment in Forty-two Poaceae Species of twenty-six Genera

内田 泰三* 西脇 亜也**

Taizo UCHIDA Aya NISHIWAKI

Abstract : The objective of this study was to examine the characteristics of cloning from stem segment in Poaceae species for WRA modeling. For the purpose, forty-two Poaceae species causing trouble as weedy or invasive plants in Japan were obtained, and stems of these species were cut into several segments, 20 cm length with one node. The segments were then soaked in the distilled water at 25°C with 12 h of lights for 28 days. Checking the cloning from stem segments, among the forty-two Poaceae species tested, the cloning was observed in the seventeen species (40.5 % of all). These results would indicate that stem segments of some Poaceae species became a medium for their propagation and/or dispersal like rhizome and seed. Therefore, it would be useful as a measure of WRA to check the cloning from stem segments of Poaceae species. On the other hand, many species that formed clone were occupied by the exotic species possessing moisture tolerance and turf type. Moreover, the cloning from stem segment was observed in many exotic species, which listed in 100 of the Worst Invasive Alien Species in Japan by the Ecological Society of Japan and/or regulated under Invasive Alien Species Act by Japanese Ministry of Environment.

Keywords: clone, Poaceae species, stem segment, WRA

キーワード: クローン, イネ科, 茎片, ウィードリスクアセスメント

1. はじめに

飼料作物あるいは緑化植物として、畜産草地、のり面、公園緑地等に導入されてきた外来イネ科牧草類が逸出して分布を広げており、地域の侵略種として在来植物を駆逐するなどの問題が生じている^{8), 13), 14), 21)}。しかし、全ての外来イネ科牧草類が侵略種として危険とは言及できず、どの種が危険であるか判断する必要がある。Weed Risk Assessment (WRA) はそのような場合に、客観的な判断基準を提供する手法である^{8), 9)}。国際自然保護連合 (IUCN) による世界の侵略的外来種ワースト 100¹¹⁾ もその 1 つである。わが国においては、要注意外来生物リスト⁷⁾ や日本の侵略的外来種ワースト 100¹³⁾ 等がこれに相当する。これらのリストは、外来イネ科牧草類の利用を考える上で、極めて簡易かつ有用な指針となっている。しかし、それ故に、リストに掲載された種だけに注意が払われる傾向にあることも否定できない。そこで、あらゆる外来イネ科牧草類に対しても、その侵略性を簡易かつ科学的に評価・考量可能な WRA モデルが求められる。本モデルの例としては、Esler *et al.* (1993), Pheloung *et al.* (1999), Williams *et al.* (2002) 等による WRA モデルが上げられ¹⁶⁾、これらは既にオーストラリア等における輸入規制、防除指針に反映されている。しかし、わが国においては、このような WRA モデルは構築されておらず、わが国の地域性 (現植生・土地利用形態・気象等) に鑑みた独自の WRA モデルの構築が早急の課題といえる。

他方、外来イネ科牧草類の逸出においては、種子や地下茎、あるいは匍匐茎によるものとされてきた。しかし近年、上記器官に加えて、刈取り等によって飛散した茎片も分布を広げる繁殖器官の 1 つになっていることが Uchida *et al.* (2008) によって示唆されている。これは、飛散した茎片から、側芽および不定根が伸長することによってクローンが形成されることがオオアワガエリ (*Pheum pratense* L.) やオニウシノケグサ (*Festuca arundinacea* Schreb.) 等で観察されていることによる (写真一

写真一 オオアワガエリ (左) ならびにオニウシノケグサ (右) の茎片から形成されたクローン (茎片からの側芽と不定根の伸長)

1)。一方で、カモガヤ (*Dactylis glomerata* L.) やナガハグサ (*Poa pratensis* L.) 等の外来イネ科牧草類では、茎片からクローンが形成されないことも同時に報告されており、WRA モデルの構築を考える上で、「茎片からのクローン形成特性」は、外来イネ科牧草類の侵略性を評価する判断基準の 1 つになると考えられている¹⁹⁾。

しかし、このような茎片からのクローン形成については、上記種をはじめとする一部の種で検討されているに過ぎない。そこで本研究では、WRA モデルの構築に資する基礎として、上記種等に各種イネ科を加えた計 26 属 42 種 (1 品種 3 変種を含む) の「茎片からのクローン形成特性」について考察した。

2. 試料および方法

(1) 試料の選定

茎片からのクローン形成について、Uchida *et al.* (2008) は 12 属 17 種 (1 品種を含む以下、省略) を供して検討している。本研究では、これら 17 種に 25 種 (3 変種を含む以下、省略) を加えた計 26 属 42 種から検討した (表一)。種の選定においては、造園・緑化・農業に多用され、現在、強害雑草や要注意外

*九州産業大学工学部 **宮崎大学農学部

表－１ 供試試料の概要

和名	種名 [†]	学名	採取時期	生育段階	採取地		生育分布 ^{‡‡}	主な生育地 ^{‡‡}	生育型 ^{‡‡}
					市町村	土地利用			
コヌカグサ	<i>Agrostis alba</i> L.	^{††}	9月上旬	出穂	福岡市	法面	日本全土	陸域～水域	芝状
ハイコヌカグサ	<i>Agrostis stolonifera</i> L.	^{††}	9月上旬	出穂	新得町	公園緑地	九州以北	陸域～水域	芝状
ハルガヤ [†]	<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.	^{††}	6月下旬	出穂	帯広市	畑地	日本全土	陸域	叢状
カラスムギ	<i>Avena fatua</i> L.	^{††}	5月上旬	開花	筑紫野市	空き地	日本全土	陸域	叢状
コバンソウ	<i>Briza maxima</i> L.	^{††}	5月下旬	開花	福岡市	法面	日本全土	陸域	叢状
コスズメノチャヒキ [†]	<i>Bromus inermis</i> Leyss.	^{††}	6月下旬	出穂	帯広市	畑地	日本全土	陸域	叢状
シロガネヨシ	<i>Cortaderia selloana</i> Asch. et Graebn.	^{††}	11月下旬	結実	宮崎市	法面	関東以西	陸域	叢状
ギョウギシバ	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	^{††}	6月中旬	出穂	福岡市	浜辺	日本全土	陸域	芝状
カモガヤ [†]	<i>Dactylis glomerata</i> L.	^{††}	6月下旬	出穂	帯広市	草地	日本全土	陸域	叢状
メヒシバ	<i>Digitaria ciliaris</i> (Retz.) Koeler		11月上旬	結実	福岡市	空き地	日本全土	陸域	叢状
シバムギ	<i>Elytrigia repens</i> (L.) Desv. ex Nevski	^{††}	7月中旬	結実	札幌市	草地	日本全土	陸域	芝状
シナグレスズメガヤ	<i>Eragrostis curvula</i> (Schrud.) Nees	^{††}	7月上旬	結実	福岡市	法面	関東以西	陸域	叢状
オニウシノケグサ [†]	<i>Festuca arundinacea</i> Sch.	^{††}	6月下旬	出穂	帯広市	草地	日本全土	陸域	叢状
ヒロハウシノケグサ [†]	<i>Festuca pratensis</i> Huds.	^{††}	6月下旬	出穂	帯広市	草地	日本全土	陸域	叢状
オオウシノケグサ	<i>Festuca rubra</i> L.	^{††}	7月中旬	開花	福岡市	法面	日本全土	陸域	芝状
イトウシノケグサ	<i>Festuca rubra</i> L. var. <i>commutata</i> Gaud.	^{††}	9月中旬	開花	岡山市	法面	日本全土	陸域	芝状
ケナシチガヤ	<i>Imperata cylindrica</i> (L.) Beauv.		5月下旬	出穂	福岡市	空き地	日本全土	陸域	芝状
フミゲチガヤ	<i>Imperata cylindrica</i> (L.) Beauv. var. <i>koenigii</i> (Retz.) Durand et Schinz		6月上旬	出穂	福岡市	空き地	北海道以南	陸域	芝状
ネズミムギ	<i>Lolium multiflorum</i> Lam.	^{††}	5月上旬	開花	筑紫野市	草地	日本全土	陸域	叢状
ホソムギ [†]	<i>Lolium perenne</i> L.	^{††}	6月下旬	出穂	帯広市	畑地	日本全土	陸域	叢状
オギ [†]	<i>Miscanthus sacchariflorus</i> (Maxim.) Benth.		8月中旬	開花	帯広市	畑地	日本全土	陸域～水域	芝状
ススキ [†]	<i>Miscanthus sinensis</i> Anders.		9月中旬	結実	広尾町	草地	日本全土	陸域	叢状
ギネアキビ	<i>Panicum maximum</i> Jacq.	^{††}	7月中旬	出穂	宮崎市	草地	関東以西	陸域～水域	叢状
シマスズメノヒエ	<i>Paspalum dilatatum</i> Poir.	^{††}	7月上旬	開花	福岡市	法面	北海道以南	陸域	芝状
キシウスズメノヒエ	<i>Paspalum distichum</i> L.	^{††}	7月中旬	穂ばらみ	宮崎市	水田	関東以西	陸域～水域	芝状
アメリカスズメノヒエ	<i>Paspalum notatum</i> Flugge	^{††}	7月中旬	開花	宮崎市	法面	関東以西	陸域	芝状
タチスズメノヒエ	<i>Paspalum urvillei</i> Steud.	^{††}	7月中旬	結実	福岡市	空き地	関東以西	陸域	芝状
チカラシバ	<i>Pennisetum alopecuroides</i> (L.) Spreng.		10月下旬	出穂	福岡市	空き地	日本全土	陸域	叢状
ナビーアグラス	<i>Pennisetum purpureum</i> Schum.	^{††}	11月下旬	出穂	宮崎市	草地	本州以南	陸域～水域	叢状
クサヨシ [†]	<i>Phalaris arundinacea</i> L.		6月下旬	出穂	帯広市	畑地	日本全土	陸域～水域	芝状
オオアワガエリ [†]	<i>Phleum pratense</i> L.	^{††}	6月下旬	出穂	帯広市	畑地	日本全土	陸域	叢状
ヨシ [†]	<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.		7月上旬	栄養成長	帯広市	湿原	日本全土	陸域～水域	芝状
ツルヨシ [†]	<i>Phragmites japonica</i> Steud.		8月中旬	出穂	帯広市	河川敷	日本全土	陸域～水域	芝状
ナガハグサ [†]	<i>Poa pratensis</i> L.	^{††}	6月下旬	出穂	帯広市	畑地	日本全土	陸域	芝状
チシマザサ [†]	<i>Sasa kurilensis</i> (Rupr.) Makino et Shibata		7月上旬	栄養成長	新得町	草地	九州以北	陸域	芝状
ミヤコザサ [†]	<i>Sasa nipponica</i> (Makino) Makino et Shibata		7月上旬	栄養成長	帯広市	畑地	琉球以北	陸域	芝状
クマイザサ [†]	<i>Sasa senanensis</i> (Franch. et Savat.) Rehder		7月上旬	栄養成長	日高町	畑地	琉球以北	陸域	芝状
アキノエノコログサ	<i>Setaria faberi</i> Herrm.		10月下旬	結実	福岡市	空き地	日本全土	陸域	叢状
キンエノコロ	<i>Setaria glauca</i> (L.) Beauv.		10月下旬	結実	福岡市	空き地	日本全土	陸域	叢状
エノコログサ	<i>Setaria viridis</i> (L.) Beauv.		10月下旬	結実	福岡市	空き地	日本全土	陸域	叢状
ムラサキエノコロ [†]	<i>Setaria viridis</i> (L.) Beauv. subsp. <i>minor</i> T. Koyama f. <i>misera</i> Honda		8月上旬	結実	帯広市	畑地	日本全土	陸域	叢状
セイバンモロコシ	<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers. var. <i>propinquum</i> (Hitc.) Ohwi	^{††}	7月上旬	開花	福岡市	河川敷	北海道以南	陸域	芝状

[†]: 学名 (アルファベット) 順; ^{‡‡}: 牧野 (1978) や佐竹ら (1982) 等; [†]: Uchida *et al.* (2008) において供された種; ^{††}: 外来種

来生物等として問題になっているものを既往の報告等^{7), 13), 21)}から抽出した。なお、強害雑草には外来種のみでなく、在来種も含めた。

(2) 試料の採取および処理

上記(1)の26属42種を地際5 cmの高さから採取し、水道水を十分に湿らせた新聞紙にくるめて室内に持ち帰った。これらの試料は、Uchida *et al.* (2008) に準じ、葉部を全て除去した後、側芽を1つ含む20 cmの茎片に成形した。次いで、蒸留水に15～20片を浸漬(4反復)、25℃12hrの明条件下(12000 lux)に28日間設置した。

(3) 解析

茎片から側芽が伸長し、かつ不定根を形成したものをクローンと定義し、毎日の測定から以下の項目を Gressel and Holm (1964), Koller *et al.* (1964), Saxena *et al.* (1996) および Jefferson and Pennacchio (2003) に準じて算出した。さらに、これらを変数にクラスター分析(群平均法)による類型化を行い、種間におけるクローン形成の差異について検討した。

最終クローン率(F): 浸漬後28日目におけるクローン数(最終クローン数)の割合(%)

形成開始時間(S): 最終クローン数の1/6に達するまでの時間(日)

形成速度(R): 最終クローン数の1/6から5/6に達するまでの増加率(%/日)

形成期間(MPFC): Fに達するまでの速度指数($\sum N_i D_i / F$)

潜在形成率(P): 浸漬後28日目において不定根または側芽のみが伸長していた茎片の割合(%)

他方、上記のクラスター分析によって類型化された各群の生育特性を把握するため、各群を構成する種の生育分布、生育地、生育型を変数に主成分分析を行った。

生育分布については、日本全土に生育する種を「2」、暖温帯や亜寒帯などの限られた地域に生育する種を「1」として評価した。これは、分布が広いほど高い値で表されることを意味する。生育地については、主として陸域に生育する種を「1」、陸域のみでなく水域にも生育する種を「2」として評価した。これは、

表－2 イネ科26属42種における茎片からのクローン形成

種名	F (%)	S (日)	R (% / 日)	MPFC	P (%)
ネズミムギ [†]	10.0± 3.8	10.5±5.5	0.6±0.7	12.5±3.1	6.7± 7.7
ホソムギ [†]	23.3±12.8	14.7±5.0	1.9±1.3	17.8±1.7	6.7± 5.4
セイバンモロコシ [†]	8.3± 6.4	7.3±6.6	0.1±0.3	9.1±7.5	13.3± 5.4
タチスズメノヒエ [†]	1.7± 3.3	5.1±4.2	0.1±0.2	8.1±6.0	1.7± 3.3
シマスズメノヒエ [†]	15.0±11.4	9.5±6.6	5.2±5.7	11.6±7.7	8.3± 3.3
ギョウギシバ [†]	36.7± 3.8	8.0±3.6	2.5±0.8	14.8±1.8	16.7±12.8
ナビーアグラス [†]	21.7± 3.3	12.0±3.2	5.1±5.8	19.1±2.0	16.7± 8.6
オギ [†]	32.5± 9.6	14.5±1.0	5.7±3.9	15.3±1.0	7.5± 6.5
オニウシノケグサ [†]	20.0± 7.7	11.5±3.4	4.4±4.5	15.0±2.2	1.7± 3.3
ハルガヤ [†]	10.0± 3.8	13.0±1.2	1.9±2.6	14.0±2.2	1.7± 3.3
キシュウスズメノヒエ [†]	95.0± 6.4	12.5±4.4	5.6±2.2	18.9±2.7	5.0± 6.4
コヌカグサ [†]	83.3± 8.6	8.3±0.5	4.5±1.1	15.1±0.8	6.7± 5.4
オオアワガエリ [†]	70.0±12.8	10.0±0.0	5.3±0.9	14.7±1.1	3.3± 6.7
クサヨシ [†]	85.0± 3.3	8.0±0.0	8.0±0.9	13.1±1.0	3.3± 3.8
ヨシ [†]	95.0± 4.1	12.0±1.6	14.0±4.2	13.3±0.4	1.3± 2.5
ツルヨシ [†]	82.5± 2.9	10.5±1.0	12.1±3.3	13.7±1.2	2.5± 2.9
カラスムギ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
シバムギ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
イトウシノケグサ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
オオウシノケグサ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ヒロハウシノケグサ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
アメリカスズメノヒエ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
エノコログサ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
アキノエノコログサ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
キンエノコロ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ムラサキエノコロ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
チカラシバ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
メヒシバ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
シロガネヨシ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
コバンソウ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ケナシチガヤ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
フシゲチガヤ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ミヤコザサ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
クマイザサ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
チシマザサ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ススキ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
カモガヤ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
コスズメノチャヒキ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ナガハグサ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
シナグレスズメガヤ	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0± 8.4
ギネアキビ	0.0	0.0	0.0	0.0	18.3±11.4
ハイコヌカグサ [†]	46.7±19.6	2.5±1.0	4.2±2.4	7.7±2.2	53.3±19.6

[†] 茎片からクローンを形成した種
 オギ・ヨシ・ツルヨシ: 20茎片×4反復
 その他の種: 15茎片×4反復

図－1 クラスター分析による26属42種の類型化（群平均法）

耐湿性がある，または土壌の水分環境に関わらず広く分布する種ほど高い値で表されることを意味する。また，生育型については叢状の種を「1」，芝状の種を「2」として評価した。

以上の生育分布，生育地，生育型に関する情報は，牧野（1978）や佐竹ら（1982）等から得た。なお，各群を構成する種の出産地および侵略性からも別途考察を加えた。

3. 結果および考察

（1）種間におけるクローン形成の有無

26属42種における茎片からのクローン形成は（表－2），ネズミムギ（*Lolium multiflorum* Lam.）・ホソムギ（*Lolium perenne* L.）・セイバンモロコシ（*Sorghum halepense* (L.) Pers. var. *propinquum* (Hitchc.) Ohwi）・タチスズメノヒエ（*Paspalum urvillei* Steud.）・シマスズメノヒエ（*Paspalum dilatatum* Poir.）・ギョウギシバ（*Cynodon dactylon* (L.) Pers.）・ナビーアグラス（*Pennisetum purpureum* Schum.）・オギ（*Miscanthus sacchariflorus* (Maxim.) Benth.）・オニウシノケグサ・ハルガヤ（*Anthoxanthum odoratum* L.）・キ

シュウスズメノヒエ（*Paspalum distichum* L.）・コヌカグサ（*Agrostis alba* L.）・オオアワガエリ・クサヨシ（*Phalaris arundinacea* L.）・ヨシ（*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.）・ツルヨシ（*Phragmites japonica* Steud.）・ハイコヌカグサ（*Agrostis stolonifera* L.）の計17種（全体の40.5%）で認められ，他の25種では確認されなかった。これは，種間でクローン形成の有無に差が現れることを意味し，Uchida *et al.*（2008）の報告と一致する。すなわち，茎片からのクローン形成は，植物の侵略性を評価する1つの判断基準になり，クローンを形成する種については，そうでない種と比較して逸出の可能性が高いことが示唆されよう。

（2）種間におけるクローン形成の差異

26属42種に対して，最終クローン率（F）や形成速度（R）等を変量に類型化を試みた（図－1）。最高値の25%を区分基準とした結果，供試種はI群～V群の5つに類型化され，I群は10種，II群は6種，III群は23種，IV群は2種，V群は1種から占められた。また，これらの各群は，表－3から次のように要約できると考えられた。

表－3 クラスター分析によって類型化された各群の諸特性

群 ¹⁾	N ²⁾	データ数 ³⁾	F (%)	S (日)	R (% / 日)	MPFC	P (%)
I	10	40	17.9±12.5 b	10.1±4.4 b	2.7±3.7 b	14.3±3.2 c	8.0± 8.5 b
II	6	24	85.1±42.8 d	10.2±2.5 b	8.2±4.3 c	14.8±2.4 c	3.7± 4.7 ab
III	23	92	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a
IV	2	8	0.0 a	0.0 a	0.0 ab	0.0 a	21.7± 9.9 c
V	1	4	46.7±19.6 c	2.5±1.0 a	4.2±2.4 bc	7.7±2.2 b	53.3±19.6 d

^{1), 2)} 図－1参照

³⁾ 本表の作成においては、4反復の実験によって得られる1種あたり4つのデータを直接使用した
平均 ± 標準偏差

abcd：同一の文字間に有意差なし ($p < 0.01$: one way ANOVA with Scheffe's test)

図－2 主成分得点に基づくⅠ～Ⅴ群の配列（第1成分 vs. 第2成分 および 第1成分 vs. 第3成分）
第1成分：X軸，第2成分：Y軸，第3成分：Y'軸
白マルおよびエラーバーはそれぞれ各群における座標の重心ならびに標準偏差を示す
Ⅰ～Ⅴ群：図－1参照，第1～第3成分：表－4参照

- Ⅰ群：クローンを形成するが，形成率および形成速度は低い（遅い）
- Ⅱ群：クローンを形成し，形成率および形成速度も高い（速い）
- Ⅲ群：クローンを形成しない
- Ⅳ群：クローンを形成しない。しかし，不定根あるいは側芽の伸長は活発であり，クローンを形成する可能性もある
- Ⅴ群：クローンを形成し，形成率はⅠ群・Ⅱ群の中間に位置する。しかし，クローンの形成開始と形成終了は速い。また，不定根あるいは側芽の伸長は非常に活発であり，さらに多くのクローンを形成する可能性がある

（3）各群の生育特性

類型化された各群の生育特性を主成分分析から解析した（表－4）。同分析によって，第1～第3までの3成分が抽出された。それぞれの寄与率は，第1成分が48.86%，第2成分が28.96%，第3成分が22.18%であり，これらの累積寄与率は100.00%に達した。また，第1成分では「生育型」に，第2成分では「生育分布」に，第3成分では「生育地」に，それぞれ高い正の負荷量が認められた。

各成分を軸とする空間に対して，26属42種を主成分得点に基づき配列後，上記3（2）で類型化された群ごとに，座標の重心

表－4 主成分分析により抽出された成分とその負荷量

	成分		
	No. 1	No. 2	No. 3
生育分布	0.57	0.80	-0.20
生育地	0.58	0.03	0.82
生育型	0.86	-0.45	-0.26
固有値	0.30	0.18	0.14
寄与率 (%)	48.86	28.96	22.18
累積寄与率 (%)	48.86	77.82	100.00

と標準偏差で表した（図－2）。「生育型」を反映するX軸に対しては，Ⅱ群ならびにⅤ群が他の群と比較して大きく正側に位置した。これは，芝状の種でクローンを活発に形成しやすいことを示唆する。また，「生育分布」を反映するY軸に対しては，Ⅴ群が他の群とやや離れて位置したが，とくに明瞭な関係は見出せなかった。「生育地」を反映するY'軸に対しては，Ⅲ群を除く全ての群が正側に位置した。これは，耐湿性のある種ほどクローンを形成しやすい，あるいは，形成する可能性があることを示唆すると考えられた。

（4）クローン形成の有無における属性

26属42種の原因および侵略性を上記3（2）で類型化され

た各群に分けて表－５に示した。

原産地について、ここでは外来種、あるいは在来種であるかを指標に用いた。クローンを形成する、または形成する可能性のあるⅠ群、Ⅱ群、Ⅳ群、Ⅴ群に供試外来種（26 種）が占める割合は 57.7 % に達した。これに対して、供試在来種（16 種）がこれらの群に含まれる割合は 25.0 % であり、在来種より外来種でクローンを形成する傾向がつかいと考えられた。

侵略性について、ここでは、要注意外来生物リスト⁷⁾あるいは日本の侵略的外来種ワースト 100¹³⁾に指定されているか否かで評価した。これらに指定されるイネ科は計 8 種であり、そのうち 6 種がクローンを形成する、または形成する可能性のあるⅠ群、Ⅱ群、Ⅳ群、Ⅴ群に含まれた（75.0 %）。在来種より外来種でクローンを形成する傾向にあったことは上記のとおりであるが、とりわけ外来種のなかにおいても、上記リスト等に指定されるなど侵略性がつかいとされる種では、茎片からのクローン形成が顕著と考えられた。

4. まとめ

本研究では、WRA モデルの構築に資する基礎として、イネ科 26 属 42 種における「茎片からのクローン形成特性」について検討した。本結果は、以下のように要約できた。

（１）Uchida *et al.* (2008) の報告と同様、種間でクローン形成の有無に差が現れた（表－２）。さらに、在来種より外来種で、また、外来種においても、要注意外来生物リスト⁷⁾や日本の侵略的外来種ワースト 100¹³⁾に指定される種で、クローンを形成する傾向が高かった（表－５）。すなわち、「茎片からのクローン形成の有無」は、植物の侵略性を評価する 1 つの判断基準となり、クローンを形成する種については、そうでない種と比較して侵略性が高いと考えられた。

（２）茎片からのクローン形成は、叢状より芝状の種で、また、陸域から水域まで広く生育するなど耐湿性を有する種で現れやすいことが示唆された（図－２）。よって、要注意外来生物リスト⁷⁾等に現在指定されていない外来種に対しても、芝状かつ耐湿性を有する種については、今後の動態あるいはその使用に注意を払っていく必要があると考えられた。

（３）Pheloung *et al.* (1999) の WRA モデルにおいて、「イネ科か否か」、「栄養繁殖の有無」および「水生植物か否か」が判定基準に明記されており、イネ科の場合、栄養繁殖を行う場合、水生植物である場合、その種は侵略性がより高いと評価される。本研究が「イネ科」を用いて展開されてきたことは言うまでもない。さらに、「栄養繁殖」に茎片からのクローン形成が含まれることは明らかである。また、「水生植物」についても、クローン形成に優位に働くと考えられた耐湿性と密接な関係にあると言えるだろう。そういった意味においても、本研究で取り上げた「イネ科における茎片からのクローン形成」は、外来イネ科牧草類の逸出に大きく関わっているものと考えられた。

（４）近年、欧米諸国では、イタドリ（*Reynoutria* taxa: タデ科）の逸出が問題視されているが、その主な要因として「茎片からのクローン形成」が報告されている^{1)~3)}。本類を除けば、茎片からのクローン形成に関わる報告はほとんどなく、茎片からのクローン形成が外来イネ科牧草類の逸出にどの程度関わっているかが今後の課題である。

（５）Pheloung *et al.* (1999) や Williams *et al.* (2002) の WRA モデルにおいては、属レベルでの対応（危険性）が示されており、茎片からのクローン形成の有無に関しても、属レベルからの解析が求められる。しかし、本研究において供した 26 属には、各属に対して 1 ～ 4 種しか含まれておらず（表－５）、現時点において、クローン形成の有無を属レベルで解析するには尚早

表－５ クラスター分析によって類型化された各群の属性

群 ¹⁾	N ²⁾	種名	属	原産地 ³⁾	侵略性 ⁴⁾
Ⅰ	10	ネズミムギ	<i>Lolium</i>		
		ホソムギ	<i>Lolium</i>		
		セイバンモロコシ	<i>Sorghum</i>		
		タチスズメノヒエ	<i>Paspalum</i>		
		シマスズメノヒエ	<i>Paspalum</i>		
		ギョウギシバ	<i>Cynodon</i>		
		ネビーアグラス	<i>Pennisetum</i>		
		オギ	<i>Miscanthus</i>		
		オニウシノケグサ	<i>Festuca</i>		
		ハルガヤ	<i>Anthoxanthum</i>		
Ⅱ	6	キシウスズメノヒエ	<i>Paspalum</i>		
		コヌカグサ	<i>Agrostis</i>		
		オオアワガエリ	<i>Phleum</i>		
		クサヨシ	<i>Phalaris</i>		
		ヨシ	<i>Phragmites</i>		
		ツルヨシ	<i>Phragmites</i>		
Ⅲ	23	カラスムギ	<i>Avena</i>		
		シバムギ	<i>Elymus</i>		
		イトウシノケグサ	<i>Festuca</i>		
		オオウシノケグサ	<i>Festuca</i>		
		ヒロハウシノケグサ	<i>Festuca</i>		
		アメリカスズメノヒエ	<i>Paspalum</i>		
		エノコログサ	<i>Setaria</i>		
		アキノエノコログサ	<i>Setaria</i>		
		キンエノコロ	<i>Setaria</i>		
		ムラサキエノコロ	<i>Setaria</i>		
		チカラシバ	<i>Pennisetum</i>		
		メヒシバ	<i>Digitaria</i>		
		シロガネヨシ	<i>Cortaderia</i>		
		コバンソウ	<i>Briza</i>		
		ケナシチガヤ	<i>Imperata</i>		
		フシゲチガヤ	<i>Imperata</i>		
		ミヤコザサ	<i>Sasa</i>		
		クマイザサ	<i>Sasa</i>		
		チシマザサ	<i>Sasa</i>		
		ススキ	<i>Miscanthus</i>		
		カモガヤ	<i>Dactylis</i>		
		コスズメノチャヒキ	<i>Bromus</i>		
		ナガハグサ	<i>Poa</i>		
Ⅳ	2	シナダレスズメガヤ	<i>Eragrostis</i>		
		ギネアキビ	<i>Panicum</i>		
Ⅴ	1	ハイコヌカグサ	<i>Agrostis</i>		

¹⁾²⁾ 図－1 参照

³⁾ 外来種

⁴⁾ 要注意外来生物リストおよび日本の侵略的外来種ワースト 100

といえる。各属における種数を増やすことで、属レベルから解析していくことが今後の課題である。

謝辞：本研究の遂行にあたり、九州産業大学 白井 豊、帯広畜産大学 丸山純孝、雪印種苗株式会社 入山義久、株式会社ドーコン 坂本なつ子の各氏には、試料採取ならびにデータ整理等で御協力頂いた。ここに謹んで感謝の意を表する。

引用文献

- 1) Beerling, D. J., J. P. Bailey and A. P. Conolly (1994): *Fallopia japonica* (Houtt.) Ronse Decraene (*Reynoutria japonica* Houtt.; *Polygonum cuspidatum* Sieb. & Zucc.). J. Ecol., 82: 959-979
- 2) Bimová, K., B. Mandák and P. Pyšek (2003): Experimental study of vegetative regeneration in four invasive *Reynoutria* taxa (Polygonaceae). Plant Ecol., 166: 1-11
- 3) Brock, J. H., L. E. Child, L. C. De Waal and P. M. Wade (1995): The invasive nature of *Fallopia japonica* is enhanced by vegetative regeneration from stem tissues. In: Pyšek, P., K. Prach, M. Rejmánek and M. Wade eds., "Plant invasion-general aspects and special problems", pp.131-139, SPB Academic Publishing, Amsterdam
- 4) Esler, A. E., L. W. Liefing and P. D. Champion (1993): Biological success and weediness of the noxious plants of New Zealand. Ministry of Agriculture and Fisheries, Wellington, New Zealand
- 5) Gressel, J. B. and L. G. Holm (1964): Chemical inhibition of crop germination by weed seeds and nature of inhibition by *Abutilon theophrasti*. Weed Res., 4: 44-53
- 6) Jefferson, L. V. and M. Pennacchio (2003): Allelopathic effects of foliage extracts from four *Chenopodiaceae* species on seed germination. Journal of Arid Environments, 55: 275-285
- 7) 環境省：外来生物法－要注意外来生物リストホームページ <<http://www.env.go.jp/nature/intro/outline/index.html>>, 2008. 9. 13 参照
- 8) 小林達明 (2004)：外来種（移入種）問題と緑化：日本緑化工学会誌 30, 396-398
- 9) 小林達明・倉本 宣 (2006)：生物多様性保全に配慮した緑化植物の取り扱い方法：亀山 章監修「生物多様性緑化ハンドブック」：地人書館，東京，13-58
- 10) Koller, D., M. Sachs and M. Negbi (1964): Germination-regulating mechanisms in some desert seeds. VIII *Artemisia monosperma*. Plant & Cell Physiol., 5: 85-100
- 11) Lowe, S., M. Browne, S. Boudjelas and M. De Poorter (2000): 100 of the world's worst invasive alien species, a selection from the global invasive species database. The invasive species specialist group (ISSG): a specialist group of the species survival commission (SSC) of the world conservation union (IUCN), 12 pp
- 12) 牧野忠夫 (1978)：牧草図鑑：東京文庫，東京，286 pp
- 13) 村上興正・鷺谷いづみ (2002)：外来種ハンドブック：地人書館，東京，390 pp
- 14) 日本緑化工学会 (2002)：生物多様性保全のための緑化植物の取り扱い方に関する提言：日本緑化工学会誌 27, 481-491
- 15) Pheloung, P. C., P. A. Williams and S. R. Halloy (1999): A weed risk assessment model for use as a biosecurity tool evaluating plant introductions. J. Environ. Manage., 57: 239-251
- 16) Rahman, A., I. Popay and T. James: Invasive plants in agro-ecosystems in New Zealand- environmental impact and risk assessment. Extension Bulletins in FFTC. <<http://www.agnet.org/library/eb/539/>>, 2008. 9. 13
- 17) 佐竹義輔・大井次三郎・北村四郎・垣理俊次・富成忠夫 (1982)：日本の野生植物 I：平凡社，東京，305 pp
- 18) Saxena, A., D. V. Singh and N. L. Joshi (1996): Autotoxic effects of pearl millet aqueous extracts on seed germination and seedling growth. Journal of Arid Environments, 33: 255-260
- 19) Uchida, T., T. Arase and F. Tazaki (2008): Experimental study of cloning from stem segment in seventeen Poaceae species. Journal of Environmental Information Science 36: 45-52
- 20) Williams, P. A., A. Wilton and N. Spencer (2002): A proposed conservation weed risk assessment system for the New Zealand border. Science for conservation 208, NZ Dept of Conservation, Wellington, New Zealand
- 21) 山下雅幸 (2002)：外来牧草の野生化：日本草地学会誌 48, 161-167

(a): ナビーアグラス, (b): キシュウスズメノヒエ, (c): セイバンモロコシ, (d): ギョウギシバ, (e): ホソムギ, (f): タチスズメノヒエ, (g): ハイコヌカグサ, (h): シマスズメノヒエ, (i): ハルガヤ, (j): コヌカグサ

附写真－1 茎片からのクローン形成における一例
写真中のバーは 2 cm を示す (撮影は不定期に実施)