

研究ノート

成田市三里塚記念公園の草地に優占繁殖する ハルガヤの生育特性

関口 文彦¹, 本宮 玲子^{1*}, 川人 尚美², 茅野 秀則²

¹物質生物科学科 育種遺伝学研究室

²株式会社竹中工務店 技術研究所 先端研究開発部 エコエンジニアリング部門

*現在：農中情報システム株式会社

(2006年1月23日受理)

概要 この研究は、明治初期に牧草の1つとして導入されたイネ科のハルガヤがもつ特性の研究開発を目的とする。この研究ノートでは、日本酪農の発祥地跡に設置された三里塚記念公園の草地に優占自生するハルガヤが研究された。2004年春、6つの採取エリアそれぞれの50×50cm区画に生育するハルガヤ個体を採取し、その個体数を調べるとともに、採取個体における稈長、穂長、穂数および種子稔実率の生育形質が調査された。その年の秋には、採取した個体の穂別系統における種子発芽率、生育初期の草丈と葉数、2005年1月には採取エリアにおける区画当りの個体数を調べ、春に採取した平均個体数との関係を検討した。その他にはハルガヤの繁殖様式も調査対象とした。

その結果、次のことが明らかにされた。区画当りの株数には採取エリア間の差異が認められなかったが、他の生育形質には5%レベルでの有意差が一部エリア間で認められた。稈長、穂長、穂数および種子稔実率の生育形質間には極めて高い相関係数は得られなかった。最も良好な発芽率は御料牧場記念館の南の採取エリアで集めた穂別系統で見られた。しかしながら、その発芽個体における初期生育は、採取エリア間にはそれほど大きな差がなかった。同じ採取エリアで調査した区画当りの春の採取個体数と冬の生存個体数の間には0.732という高い相関係数が認められた。出穂した穂の開葯前と後の袋かけによる種子稔実率から評価したハルガヤの繁殖様式は、自殖よりも他殖性強いことが示された。

キーワード：草地適応性、アレロパシー、稔実種子、繁殖様式、外来牧草、ハルガヤ

はじめに

市民憩いの場としての公園における草地の維持や、都市開発場所でのみどり修復などの緑化事業は大切な業務である。現在、芝生による単一植生の維持管理は膨大な管理費を必要とするだけでなく、一部に使用される農薬の汚染が心配される。そこで、みどり豊かな景観を安全に維持管理する1つの手だてとして、植物自身ももつ独特のアレロパシーが注目された(関口：1998)。アレロ

パシー (Allelopathy) は他感作用と訳されて、ある植物が体外に分泌する微量の化学物質が他の植物の生育を阻害的あるいは促進(共栄)的に作用する現象(Newman and Rovira, 1975; Rice, 1984)であり、この阻害的作用を利用した農薬の使用を極力抑えた雑草防除、さらには病害虫の制御が期待されている(藤井：2000)。

本研究は、アレロパシーの作用評価が高いハルガヤ(*Anthoxanthum odoratum* L.)の系統選抜を研究目的に、成田市三里塚記念公園の草地に優占自生するハルガヤ集団の個体調査を行った。ハルガヤは、ユーラシア大陸原産の多年生イネ科植物である(清水：2003)。アレロパ

Contribution No.: CB 05-7

シー化学物質の1つであるクマリンを多く含み、刈り取った生葉や乾燥体では桜餅の葉のような匂いがする。わが国には明治時代初期に牧草の1つとしてヨーロッパから導入された。現在では牧草地から逸出して、路傍や空き地などに自生している。日当たりの良い土地を好み、その土壌の種類は選ばない。関東地方では一般に、3月中旬より出穂が始まり、4月上旬からは苞穎に包まれた両性の小花が開花する。

調査方法

1. ハルガヤ個体の調査場所と調査方法

ハルガヤの探索は明治時代初期に牧草の1つとしてヨーロッパから導入されたことを手掛かりに、日本酪農の発祥地跡に設置された三里塚記念公園（旧御料牧場 千葉県成田市三里塚御料, 図1）をはじめ、北は小岩井農場（岩手県雫石町）から南は六甲山牧場（兵庫県神戸市）までの有名牧場を中心に進められた。三里塚記念公園には2003年の夏ごろから数回訪ね、ハルガヤが記念公園の草地に優占自生しているのが確認できた（図2）。

ハルガヤ群落の調査はハルガヤの種子結実を待って、2004年5月17日のハルガヤの刈り取り調査作業から始



図1. 三里塚記念公園の正門とハルガヤ採取エリアの「貴賓館東」



図2. 4月中旬, 採取エリアの「記念館南」で観察されたハルガヤの穂並み

まった。その調査方法はまず、三里塚記念公園草地（東西約150m×南北200m）を貴賓館前庭、貴賓館北、貴賓館東および貴賓館南、御料牧場記念館北および記念館南の計6つの採取エリアを設けた（図3）。さらに、採取エリアには50×50cmの区画を4か所設け、それぞれの区画に自生するハルガヤを個体別に地際から刈り取り採取した。その個体は、種子が散逸しないように注意深く茶封筒に採取された。採取したハルガヤ個体は本学に持参し、区画あたりの個体数を調べた後、その個体における稈長、穂長、穂数および種子稔実率の生育形質が調査された。種子稔実率は、穂あたりの小花数に対する稔実種子数の割合で求められた。

4つの生育形質は採取エリア別の差異を解明するため、それぞれの平均値が統計的に比較検討された。さらに、採取エリア別における生育形質間の相関関係は、計算した相関係数により検討された。

2. 採取個体の穂別系統における生育形質の調査

穂別系統における生育形質の調査は、関東ローム層土壌での発芽実験により行われた。今回の調査には稈長—種子稔実率の関係に注目し、稈長と種子稔実率をそれぞれ高・中・低の3段階に区分した9つの組み合わせ別に選んだ2～10系統が用いられた。採取エリアの区画別に選ばれた穂別系統の種子10～24粒が、関東ローム層土壌を入れた6×6連セルトレー上に播種された。栽培条件は22℃の恒温室・12時間照明とし、播種後1か月目に、種子発芽率、草丈および葉数などの初期生育形質を調査した。調査した生育データから、関東ローム層土壌における生育初期の適性が評価された。

3. 採取エリアの冬期におけるハルガヤの個体調査

ハルガヤ個体を採取した約1週間後、成田市によって三里塚記念公園草地での草刈り作業が実施された。その



図3. 成田市三里塚記念公園におけるハルガヤの採取エリアマップ

採取場所を2005年2月18日に訪れ、6つの採取エリア別に50×50cmの区画を5か所設け、その区画に再生しているハルガヤの個体数を調査した。同時に、各区画における土壌中水分量(土壌中の体積水分比)をHydroSence土壌水分センサー(Campbell Scientific, Inc. Australia)で調べ、さらに温度計により深さ15cmの土壌中温度も測定した。

4. ハルガヤにおける繁殖様式の調査

ハルガヤの繁殖様式は2003年の秋にもらい受けた10個体で調査された。もらい受けた個体は本学に運搬した後、φ12cmの黒色ポリポットに移植して屋外での栽培管理が続けられた。繁殖様式は、同一個体から同時期に出穂した穂2～3本を開薬前に袋かけするもの(自家授粉)と開薬後に袋かけするもの(放任授粉)の2つに区分し、それぞれの穂における種子稔実率の比較により検討された。一緒に袋かけした穂2～3本の種子稔実率は、調べた穂の中の最も高い数値を代表とした。

結果および考察

1. 採取エリア別の採取個体における生育形質

採取エリア別における生育形質のデータを表1に示す。50×50cm区画あたりの株数は貴賓館東が最大の24.5±4.97に対して、貴賓館前庭が最小の17.5±2.10株であった。その差は1.4倍であったが、統計的な5%レベルでの有意差はなかった。稈長は記念館南が最大の56.4±1.23cmに対して、貴賓館前庭が最小の49.5±1.00cmと

いう1.14倍の差を示した。統計的には貴賓館北、貴賓館南および記念館南の3エリアの数値が、貴賓館前庭、貴賓館東および記念館北のものに対して5%レベルの有意差が認められた。穂長は記念館南が最大の5.47±0.15cmに対して、記念館北が最小の4.55±0.10cmという1.2倍の差を示した。統計的には貴賓館南、記念館南の2エリアが他の4エリアよりも長いという5%レベルの有意差を示した。

個体あたりの穂数は貴賓館東が最大の26.2±3.84に対して、貴賓館前庭が最小の14.8±2.07と1.83倍の差を示した。統計的には最多の貴賓館前庭に続いて多い貴賓館南と記念館南の2エリア、少ない記念館北、貴賓館前庭および貴賓館東の3エリア間には、5%レベルの有意差があった。種子稔実率は貴賓館東が最大の82.8±1.37%に対して、貴賓館南が最小の72.6±1.88%と、エリア間の差は1.14倍であった。統計的には稔実率の高い貴賓館東、記念館南、貴賓館北、貴賓館前庭と記念館北、貴賓館南の順に、それぞれ5%レベルでの有意差が認められた。

全体個体数で調べた生育形質間の相関係数は最大が稈長－穂長の0.42、次が穂長－種子稔実率の0.356、続いて稈長－種子稔実率の0.233、稈長－穂長の0.165、穂数－種子稔実率の0.117、そして最小の穂長－種子稔実率の0.072の順であった。数値的にはかなり低い数値であった。採取エリア別における数値は、さらなる変動を示した(表2)種子繁殖の面では種子稔実率との高い相関関係を期待したが、 $r=0.408$ 以下の低い数値しか得られな

表1. 採取エリア別の春季におけるハルガヤ個体の生育形質

採取エリア	個体数/区画 (50×50cm)	稈 長 (cm)	穂 長 (cm)	穂数/個体	種子稔実率 (%)
貴賓館前庭	17.5±2.10 a	49.5±1.00 b	4.8±0.12 b	26.2±3.84 a	77.1±2.15 bc
貴 賓 館 北	17.8±2.72 a	54.6±1.12 a	4.8±0.11 b	14.8±2.07 b	77.4±2.59 abc
貴 賓 館 東	24.5±4.97 a	50.1±0.69 b	4.7±0.10 b	14.3±1.99 b	82.8±1.37 a
貴 賓 館 南	21.8±3.92 a	54.8±0.89 a	5.2±0.13 a	20.5±3.19 ab	72.6±1.88 c
記 念 館 北	17.8±4.03 a	51.8±1.04 b	4.5±0.10 b	14.9±2.26 b	77.3±1.88 bc
記 念 館 南	19.3±2.25 a	56.4±1.23 a	5.5±0.15 a	19.2±1.92 ab	81.4±1.47 ab

注) 同列の平均値における異なる小文字はt検定で5%の有意差を示す

表2. 採取エリア別のハルガヤ個体における生育形質間の相関係数

生 育 形 質	採取エリアと相関係数					
	貴賓館前庭	貴 賓 館 北	貴 賓 館 東	貴 賓 館 南	記 念 館 北	記 念 館 南
稈長－穂長	0.359	0.112	0.416	0.459	0.377	0.505
穂数	0.228	0.145	0.010	0.207	0.209	0.290
種子稔実率	0.408	0.322	0.136	－0.002	0.186	0.308
穂長－穂数	0.322	0.371	0.330	0.451	0.432	0.308
種子稔実率	0.033	－0.098	0.253	－0.007	－0.141	0.055
穂数－種子稔実率	0.167	0.130	0.116	0.111	0.022	0.084

表 3. 関東ローム層土壌での種子発芽率に基づく採取エリア別の穂別系統分類

採取エリア	供試した 穂別系統数	種子発芽率のレンジとその穂別系統の割合 (%)						
		0 %	1 ~ 5 %	6 ~ 15 %	16 ~ 30 %	31 ~ 50 %	51 ~ 70 %	71 ~ 100 %
貴賓館前庭	47	45.6	28.3	15.2	4.3	4.3	2.2	0.0
貴賓館北	46	55.3	8.5	19.1	10.6	6.4	0.0	0.0
貴賓館東	47	59.6	14.9	6.4	8.5	8.5	2.1	0.0
貴賓館南	50	60.0	14.0	4.0	18.0	4.0	0.0	0.0
記念館北	42	76.2	9.5	9.5	2.4	2.4	0.0	0.0
記念館南	44	13.6	9.1	13.6	15.9	25.0	20.5	2.3

かった。

採取エリアにおける生育形質の変動係数は稈長、穂長および種子稔実率ではバラつきが少なかったが、個体あたりの穂数には大きな個体間差異が見られた。これは、種子が芽生えてから今回調査した日までの生育日数に差があったためと考えられ、穂数が多いほど芽生えからの日数が多いと考えられた。

2. 採取個体の穂別系統における生育状況

1) 種子発芽率

関東ローム層土壌への播種後 1 か月目における種子発芽率に基づいて分類した穂別系統数の割合を示したのが表 3 である。種子発芽率のレンジ別に分類した穂別系統数の割合をみると、エリア間での差が大きい。例えば、記念館南は播種した 44 系統のうち、21 系統が 31 % 以上の高い発芽率を示したのに対して、記念館北では播種した 42 系統の 76.2 % にあたる 32 系統が不発芽であった。貴賓館前庭は比較的良好な発芽率をもつ系統を含んでいたが、残り 3 つの採取エリアは大部分が不発芽系統であった。

種子発芽率が低い原因としては未成熟の種子、または休眠種子を多く含むことなどが考えられた。今回、個体を採取してから播種するまでの日数には最大 45 日の差が採取エリア間であった。最も早く播種した貴賓館前庭が記念館南の次に種子発芽率の高い系統を多く含んでいたのに対して、貴賓館前庭の播種後 26 日目に播種した記念館北が最悪の不発芽系統を含んでいた。この結果から、穂別系統における低い発芽率が種子の休眠性によってもたらされたとは考えにくい。

2) 草丈と葉数

採取エリアごとに調べた平均草丈と平均葉数を表 4、そして稈長と稔実率により分類した区分別の草丈と葉数を表 5 にそれぞれ示した。

草丈では貴賓館南の平均値が最大の 9.89 ± 0.52 cm を示したのに対して、最小の貴賓館東が 6.37 ± 0.27 cm という 1.55 倍の差を表した。統計的には最も草丈が高い貴賓館南から、貴賓館前庭、記念館南、貴賓館北と記念館北、貴賓館東の順となり、それぞれ 5 % レベルでの有

意差が認められた。

葉数では貴賓館南が最大の 2.67 ± 0.10 枚であったのに対して、記念館南が 1.84 ± 0.22 枚という 1.45 倍の差を示した。葉数の多い順の貴賓館南、記念館北、貴賓館前庭、貴賓館東、貴賓館北、記念館南の間には、それぞれ 5 % レベルでの有意差がみられた。さらに、葉数の多い貴賓館南、記念館北および貴賓館では分枝したシュートをもつ系統があった。

草丈と葉数のデータを採取エリア別に比較すると、貴賓館南は種子発芽率の高い系統が少なかったものの、発芽後の初期生育が良い系統を多く含んでいると判断された。また、草丈と葉数の両方で良い生育を示す系統を 2 番目に多く含む貴賓館前庭は関東ローム層土壌適性のある系統が含まれていると考えられた。一方、発芽率が高い系統を多く含む記念館南は葉数での数値は劣るものの、草地適性の系統選抜には有力なエリアであることも示唆された。

以上の結果は播種後 1 か月目のデータであり、さらなる系統選抜実験の継続が必要である。

表 4. 採取エリア別の穂別系統における播種後 1 か月目の草丈と葉数

採取エリア	草丈 (cm) 平均 \pm SE	葉数 (枚) 平均 \pm SE
貴賓館前庭	8.8 ± 0.38 ab	2.2 ± 0.09 bc
貴賓館北	7.7 ± 0.41 c	1.9 ± 0.05 cd
貴賓館東	6.4 ± 0.27 d	2.1 ± 0.05 c
貴賓館南	9.9 ± 0.52 a	2.7 ± 0.10 a
記念館北	7.3 ± 0.36 c	2.4 ± 0.08 b
記念館南	8.7 ± 0.14 b	1.8 ± 0.02 d

注) 同列の平均値における異なる小文字は t 検定で 5 % の有意差を示す

3. 採取エリア別の冬季におけるハルガヤの生育個体数と土壤水分量および地中温度

採取エリアの冬季における 50×50 cm 区画あたりの生育個体数、土壤水分量および地中温度のデータを表 5 に示した。

1) 採取エリア別の区画あたりの生育個体数

50×50 cm 区画あたりの生育個体数は貴賓館東が最大

表5. 採取エリアの冬季におけるハルガヤの生育個体数, 土壌水分量および地中温度

採取エリア	生育個体数 (株) 平均 ± SE	土壌水分量 (%) 平均 ± SE	地中温度 (°C) 平均 ± SE
貴賓館前庭	16.8±1.87 a	37.6±3.27 a	6.8±0.91 ab
貴賓館北	16.4±1.91 a	48.0±2.47 a	6.9±1.06 b
貴賓館東	21.8±2.05 a	50.2±1.83 a	5.8±0.66 ab
貴賓館南	18.8±1.92 a	41.4±2.76 a	6.9±0.51 a
記念館北	18.2±2.13 a	46.2±2.57 a	6.4±0.72 ab
記念館南	21.4±2.80 a	39.2±4.13 a	7.0±0.84 a

注) 同列の平均値における異なる小文字は *t* 検定で 5 % の有意差を示す

の 21.8 ± 2.08 に対して, 貴賓館北が最小の 16.4 ± 1.91 , と, エリア間では最大 1.33 倍の差を示したが, 統計的には有意差はなかった。

この区画あたりの生育個体数を春季の採取個体数の間には, 相関係数が 0.732 という密接な相関関係が認められた。冬季の生育個体数が多い, つまり再生能力が高い採取エリアでは今回のように刈り取られたり, あるいは越冬して地上部が枯死したりしても, 刈り取られる前や前年から生存する個体の再生が行われる。そのため, 生育個体数の減少が抑えられ, 結果として単位面積あたりの生育個体数の増加につながると考えられた。

2) 採取エリア別の土壌水分量と地中温度

土壌水分量は貴賓館東が最大の 50.2 ± 1.83 に対して, 貴賓館前庭が最小の 37.6 ± 3.27 であった。その差は 1.34 倍を示したが, 統計的には有意差はなかった。そのため, 採取エリア別の個体における生育形質の差異は土壌水分量の差異によるものとはいえないと考えられた。

地中温度は記念館南が最大の 7.0 ± 0.84 に対して, 貴賓館東が最小の 5.8 ± 0.66 を示した。その差は, 1.21 倍であり, 統計的には温度の最も高い記念館南, 貴賓館南, 次に高い貴賓館北, 貴賓館前庭, 記念館北, そして最も温度の低い貴賓館東の 3 つのグループに分けられ, それぞれ 5 % のレベルで有意差がみられた。

採取エリア別の地中温度を採取個体の生育形質のデータと比較検討すると, 稈長と穂長の結果との間に正の相関がみられた。このことから, 稈長と穂長の採取エリア間の差異は地中温度の違いによるものと考えられた。

4. ハルガヤの生殖様式について

出穂した穂を開薬前に袋かけした自家受粉と, 開薬後に袋かけした放任授粉それぞれの種子稔実率を個体別に示したのが表 6 である。一般に, 放任授粉した穂 (平均稔実率=30.6%) は自家授粉のもの (平均稔実率=8.0%) より, 高い種子稔実率のレンジに分布していた。この結果, ハルガヤの生殖様式は自殖よりも, 他殖性が強い傾向にあることが示唆された。

表6. 出穂したハルガヤの穂における開薬前と開薬後の袋かけによる種子稔実率の比較

種子稔実率のレンジ (%)	個体数の分布	
	開薬前の袋かけ	開薬後の袋かけ
0	3	0
1~5	3	2
6~10	2	0
11~20	2	2
21~40	0	2
40以上	0	4

謝 辞

本研究の遂行にあたり, 三里塚記念公園を維持管理する成田市役所都市部公園緑地課には大変お世話になりました。ここに, 衷心からの謝意を申し上げます。

あ と が き

牧草地ではイネ科やマメ科の植物の他にも, 多様な植物種が繁茂する。優占種の遷移にはアレロパシーの果たす役割は大きいと考えられている (続: 1978)。その例が今回, 三里塚記念公園で調査したハルガヤの優占植生だろう。宮内庁が昭和 49 (1974) 年 3 月 1 日に発刊した「下総御料牧場史」によれば, 明治 34 (1901) 年, 当時の新山場長が欧米視察旅行先から郵送された数十種類を試作したとの記録がある。試作表の中に, スイートセンテッドバーナルグラス (ハルガヤの英名) の名前がオーチャードグラス, ケンタッキーブルーグラス, イタリアンライグラス, レッドクローバなどとともに見つけることができる。スイートセンテッドバーナルグラスの生育データとしては開花期が 5 月 5 日, 刈り取り期が 6 月 4 日, 草丈 30~45 cm, 10 a 当たり乾燥重 225 g など。

ハルガヤがヨーロッパから導入されてから 130 余年の歳月が経過した。現状では牧草としての地位は低い。ハルガヤが優占的に繁殖している様は, 見捨てられた導入牧草の生き残り作戦をかいま見る思いと, 生命力の強さを感じた。導入当時は混播の種類として欠かせない種で

あった。連綿と生存し続ける強さはこの種がアレロパシー候補物質であるクマリンを含むことに他ならない。美しい草地を維持するために、この生命力の強さは自然植生のバランス破壊にもつながる話ではあるが、農薬汚染による健康被害よりはましなのではと思う。農薬汚染の心配を払拭する手だてとして、ハルガヤに託する夢は早計なのだろうか。それにも増して、貴重な文化遺産でもあるハルガヤを見捨てることはできない。

参 考 文 献

- 1) 宮内庁：下総御料牧場史（1974）
- 2) 藤井義晴：アレロパシー 他感物質の作用と利用農山漁村文化協会 東京（2000）
- 3) 関口文彦：日本味と匂学会誌 **5**: 35-39（1998）
- 4) 続 英治：高等植物のアレロパシー 遺伝 **32**: 88-93（1978）
- 5) Newman, E.L. and Rovira, A.D.: J. Ecol. **63**: 727-738（1975）
- 6) Rice, E.L.: "Allelopathy, 2n Ed." Academic Press, New York and London（1984）
- 7) 清水建美 編：日本の帰化植物 平凡社 東京（2003）

Growth Characteristic of Sweet Vernalgrass (*Anthoxanthum odoratum* L.) That Grew Dominantly in the Grassland of the Sanriduka Memorial Park

Fumihiko Sekiguchi¹, Reiko Hongu^{1*}, Naomi Kawahito², and Hidenori Chino²

¹Laboratory of Applied Genetics, Department of Chemical and Biological Sciences

²ECO Engineering Section, Takakenaka Research and Development Institute, Takenaka Corporation

*Present: Nochu Information System Co., Ltd

(Received January 23, 2006)

Summary: This research aims at the research and development of the characteristic of gramineous sweet vernalgrass (*Anthoxanthum odoratum* L.) introduced as one of the pastures at the beginning of the Meiji era. In this research note, the sweet vernalgrass plant that grew dominantly in the grassland of the Sanriduka memorial park (Narita, Chiba) that had been set up in the birthplace vestige of the Japanese dairy farming was researched. In the spring of 2004, the sweet vernalgrass plant that grows to 50×50 cm patch in the six collection areas was gathered. And then, the culm length, the panicle length, the number of panicles and the rate of fertile seeds per panicle in collected plants were examined. In the autumn of the year, the germination rate of seeds in the panicle strains, the plant height and number of leaves in the infant plants of panicle strain were investigated. The number of growing plants per patch in the collection area was examined in January, 2005, and the relation to the mean number of plants that had been gathered in spring was inspected. Additionally, the propagation style of sweet vernalgrass also investigated.

As a result, the following was clarified. A significant difference at 5 % level was admitted in other growth characters between the areas partial though the difference between the collection areas was not admitted in the number of plants per patch. A high correlation coefficient was not obtained between the growth characters such as the culm length, the panicle length, the number of panicles per plant and the rate of fertile seeds. The excellent germination rate of seeds was seen in panicle strains collected in the collection area in the south of the memorial house of Goryo-bokujo. However, infant growth in the germination plant did not have a big difference too much between the collection areas. A high correlation coefficient of 0.732 was recognized between the number of plants per patch in spring and the number of growing plants per patch in winter in the same collection areas.

As for the propagation style of sweet vernalgrass evaluated from a rate of fertile seeds by paper bagging before or after anthesis to the heading panicles, it was shown that the cross-pollination was stronger than the self-pollination.

Key words: adaptability for grassland, allelopathy, extraneous grass, fertile seeds, propagation style, sweet vernalgrass