



Title	放牧草地のチモシー個体群における草型の表現型的変異
Author(s)	澤田, 均; SAWADA, Hitoshi; 津田, 周彌 他
Citation	北海道大学農学部邦文紀要, 14(4), 319-329
Issue Date	1985-12-28
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/12030
Type	departmental bulletin paper
File Information	14(4)_p319-329.pdf



放牧草地のチモシー個体群における草型の表現型の変異

澤田 均・津田周彌

(北海道大学農学部工芸作物学教室)

(昭和59年12月20日受理)

Phenotypic Variations of Plant Type of Timothy Populations in a Pasture

Hitoshi SAWADA and Chikahiro TSUDA

(Laboratory of Industrial Crops, Faculty of Agriculture,
Hokkaido University, Sapporo 060, Japan)

緒 言

イネ科草種の草型は環境によって異なり、強い踏圧や頻繁な刈取りを受ける個体群では匍匐型が多く、近隣植生の草高が高く競争的環境の個体群では直立型の多いことが知られている^{5),7),15),16)}。

草地は造成の際に多量の種子が散播されるが、個体密度が急激に減少し、数年後には数～数10個体/m²まで減少する場合もある。この間に、放牧圧・刈取り頻度が異なれば、生存個体群の草型に遺伝的分化の生ずることが、ペレニアルライグラス^{1)~4),10)}とオーチャードグラス^{6),14)}で報告されている。品種内でも環境差に対応した遺伝的分化が生じる場合もある⁶⁾。このような個体群構造の解析は、牧草種の最適生産戦略を知り、草地の生産性を向上させる上で有用である。

本稿では、放牧草地におけるチモシーの品種 Climax の個体群内と個体群間で、草型の表現型の変異とその季節的变化を明らかにする。さらに、草型の分布を解析して、チモシーが微細な環境変異にどのように対応しているかを明らかにする。

本研究を行うにあたり、便宜をはかって頂いた北海道大学附属牧場の皆様と、調査に御協力頂いた北海道大学農学部の平野 繁・鈴木敬二・高橋哲也・川村公一の各氏にお礼申し上げる。

調査区と調査方法

1. 調査区の概要

調査は北海道大学附属牧場(北海道静内町に所在)の1965年度造成草地で行った。この草地は蹄耕法で造成

されて以来、毎年約40頭の牛が5月中旬から11月中旬にかけて、1カ月に1週間から10日間、輪換放牧されている。造成時に他草種とともにチモシーの品種 Climax が播種され、その後は追播されていない。

1981年春に近接する3牧区に、それぞれ Site-B (45×40 m)、Site-C (6×15 m)、Site-D (6×15 m) の調査区を設定した。なお、Site-D は翌年に6×25 m に調査区を拡大した。Site-B は平坦地と湿地からなる多様な環境で、平坦地はオーチャードグラスとシロクロバが優占し、メドーフェスク、ケンタッキー・ブルーグラス、チモシーが次に多いが、湿地はミゾソバとオオカワズスゲが優占し、チモシーが散在する^{11),12)}。草地面積に比べて放牧牛の頭数が少なく、休牧期間が長いので、牧区内は場所によって採食量が少なく、オーチャードグラスとメドーフェスクの一部が大株化し、夏には草高1 mにも達する。

Site-C はやや乾燥した路傍で、チモシー、オーチャードグラス、シロクロバが優占し、放牧牛の強い踏圧をうける場所と、チモシーとオーチャードグラスが優占する標高差約1 mの斜面からなる。

Site-D は湿った路傍で、水の流れる道路をはさんで、片側がミゾソバとチモシーが優占する採食圧の軽い湿地で、反対側はチモシー、オーチャードグラス、シロクロバが優占する採食圧の重い平坦地と、多様な環境である。

2. 調査方法

草型は評点法と指数により測定した。評点は、1981年5月と6月は1(匍匐型)と2(直立型)の2段階、10月は1(匍匐型)～3(直立型)の3段階、1982年と1983年は1

(匍匐型)~5(直立型)の5段階とした。草型指数は(最大直径-基部直径/草高として算出した。最大直径はチモシーを上から見て最大の拡がり測定し、基部直径は長径と短径の平均値とした。この指数は、草型が匍匐型になるほど大きな値を、直立型になるほど小さな値を示す。

Site-B では1981年春に、湿地に Marsh (4×15 m), 採食庄の軽い平坦地に Flat-1, 重い平坦地に Flat-2 (各3×3 m), 湿地から平坦地にかけて半湿地に、湿地側から TB-1, TB-2, TB-3, TB-4 (各1×2 m), 1982年春に、採食庄の軽い平坦地に Flat-3 (10×10 m) の定置方形区を設置した。各方形区的位置は Fig. 1 に示すとおりである。

TB-1~4 は1981年5月, 10月, 1982年5月, 6月, 10月, 1983年4月, 5月にチモシーの草型を評点法と指数によって, 1982年4月に指数によって調査した。Flat-1 は1981年5月, 10月, 1982年11月, 1983年4月に評点法と指数によって, 1982年4月に指数によって調査した。Flat-2 は1981年5月, 9月, 1982年11月, 1983年4月に評点法と指数によって, 1982年4月に指数によって調査した。なお, 1982年11月は方形区の2×2 mを, 1983年4月は1×2 mを調査した。Flat-3 は1982年6月に5×10 mの面積内で評点法と指数によ

て調査した。Marsh は1981年5月に評点法と指数によって, 同年10月に評点法によって, 1982年5月に指数によって調査した。また, Site-B の北側をかすめる牛道ぞい (Roadside) で1981年5月に30個体の草型指数を測定した。1981年10月には, Flat-1 周辺, Flat-1 近くの斜面 (Flat-1'), Flat-2 周辺, 東側の平坦地 (FS), FS 近くの斜面 (FS') で評点法の調査を行った。各方形区で原則として調査方形区内の小個体を除く全個体を測定するようにしたが, 1981年は調査個体数が少なかった。なお, 7月と8月は調査区が繁茂し, 個体の同定が困難で, 調査に際して, 倒伏させて植物体に人為的影響を与える可能性もあるため調査できなかった。

Site-C は1981年5月に, Site-D は同年6月に評点法と指数の, 1982年4月に両区で指数の調査をした。原則として, 方形区内の小個体を除く全個体を調査した。

草型と近隣植生の草高との関係を Site-B で調査した。1981年5月の TB-1~4, Flat-1, 1982年6月の TB-1~4 と Flat-3, 同年10月の TB-1~4, 1983年4月の TB-1~4 と Flat-1, 同年5月の TB-1~4 で, 草型調査の際に最も近隣の植物体の草高を測定した。

採食庄の軽い平坦地における匍匐型と直立型個体の分布様式と両群の分布相関を知るために, 1982年6月の Flat-3 を, 5×5 mの方形区 (Flat-3A と Flat-3B とす

Table 1. Mean values and standard deviations for plant height and plant type index, and proportion of prostrate types in three populations and several subpopulations of Site-B in May 1981 and April 1982. Number of sampling plants were shown in parentheses

Populations	May 1981			April 1982	
	Plant height (cm)	Plant type index	Proportion of prostrate type (%)	Plant height (cm)	Plant type index
Site-B	14.2±10.5 (526)	1.5±1.3 (347)	52.3 (375)	3.6±2.2 (455)	2.1±1.2 (455)
TB-1	25.0± 9.7 (27)	0.6±0.3 (21)	10.0 (20)	5.5±2.3 (17)	1.3±0.6 (17)
TB-2	24.2±10.4 (30)	1.4±1.0 (15)	27.8 (18)	6.4±2.4 (25)	1.5±0.7 (25)
TB-3	23.9± 8.8 (21)	0.7±0.8 (19)	31.6 (19)	6.1±1.5 (31)	1.1±0.4 (31)
TB-4	17.6± 7.6 (25)	1.2±0.7 (11)	61.1 (18)	5.1±1.4 (15)	1.8±0.6 (15)
Flat-1	13.0± 7.1 (75)	1.7±1.1 (33)	54.7 (53)	4.3±2.1 (126)	1.7±0.8 (126)
Flat-2	6.1± 3.4 (232)	2.2±1.7 (132)	88.2 (161)	2.3±1.2 (241)	2.5±1.3 (241)
Marsh	25.7± 8.4 (86)	0.8±0.5 (86)	1.2 (86)	—	—
Roadside	17.8± 5.6 (30)	1.0±0.5 (30)	—	—	—
Site-C	13.3± 5.8 (81)	1.9±1.0 (81)	76.2 (63)	3.5±1.6 (293)	1.8±0.8 (287)
Site-D*	—	0.5±0.4 (102)	33.7 (92)	5.0±2.1 (586)	1.6±0.6 (570)

* Site-D was observed in June 1981.

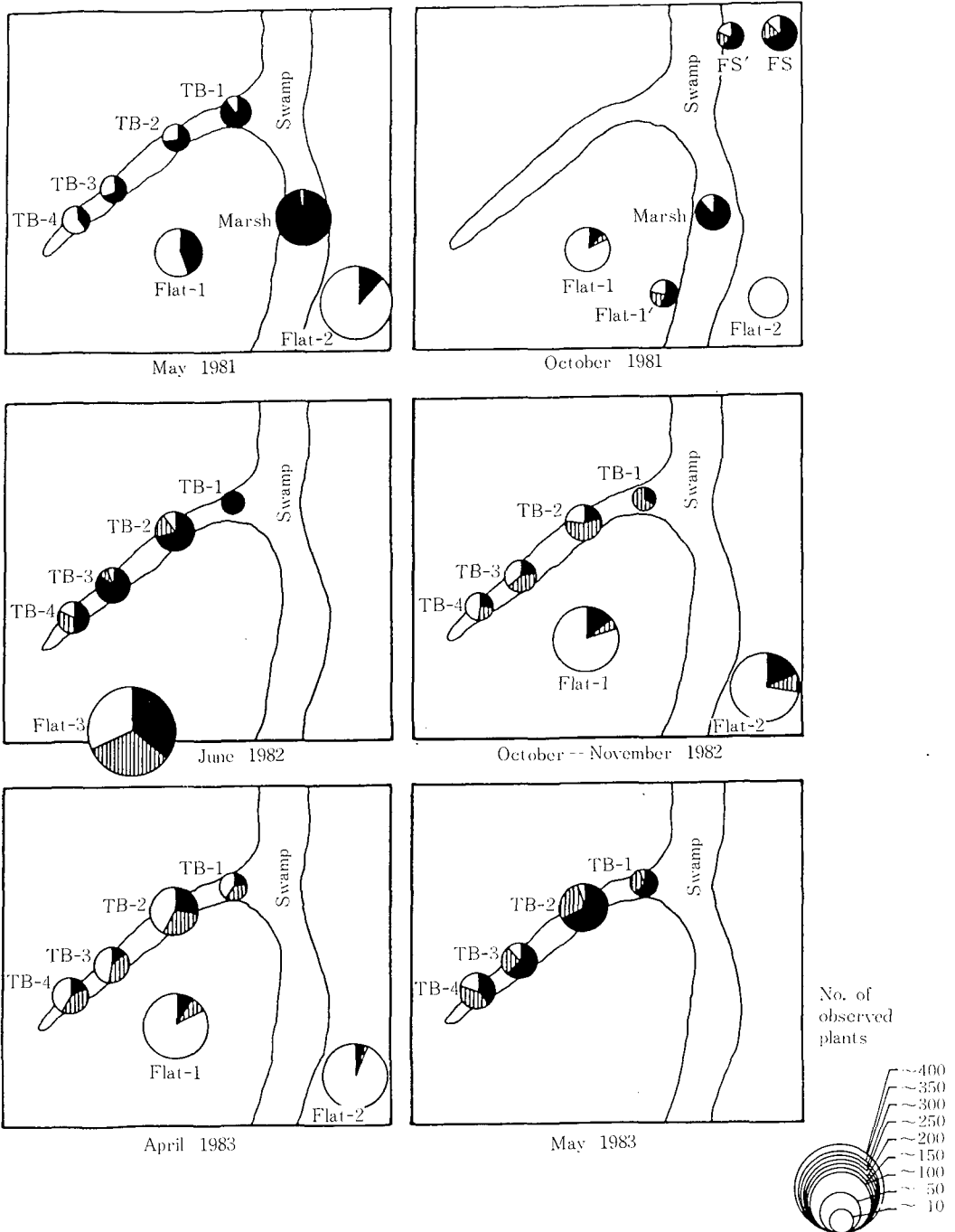


Fig. 1. Variations of plant type in several quadrats within Site-B (40×45 m) on the six dates from May 1981 to May 1983. Circle sizes are proportionate to the number of observed plants.

□, prostrate; ▨, intermediate; ■, erect.

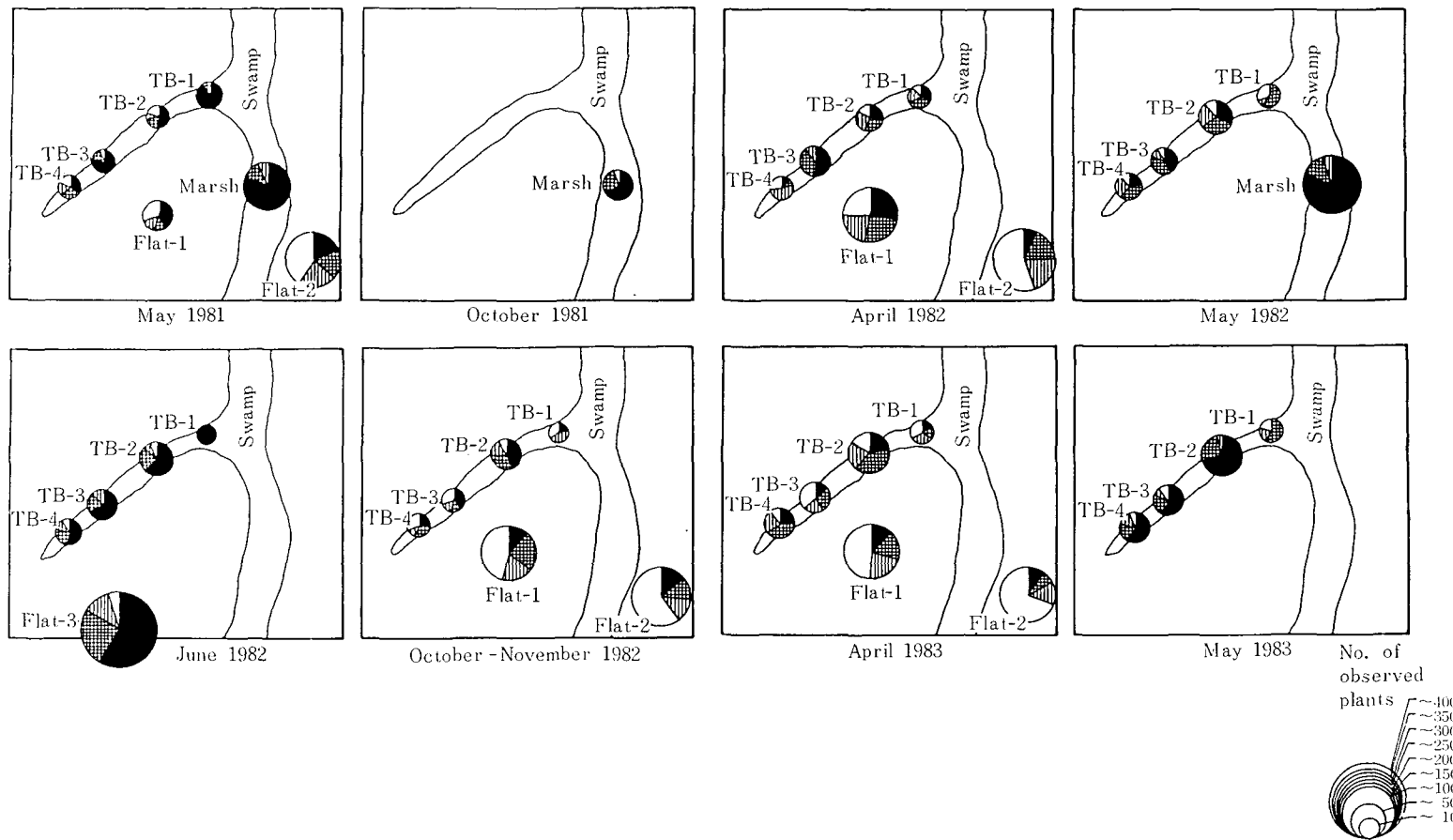


Fig. 2. Variations of plant type index in several quadrats within Site-B (40x45 m) on the eight dates from May 1981 to May 1983. Circle sizes are proportionate to the number of observed plants.

\blacksquare , index ≤ 1.0 ; \square (diagonal lines), 1.0-1.5; \square (grid), 1.5-2.0; \square (white), > 2.0 .

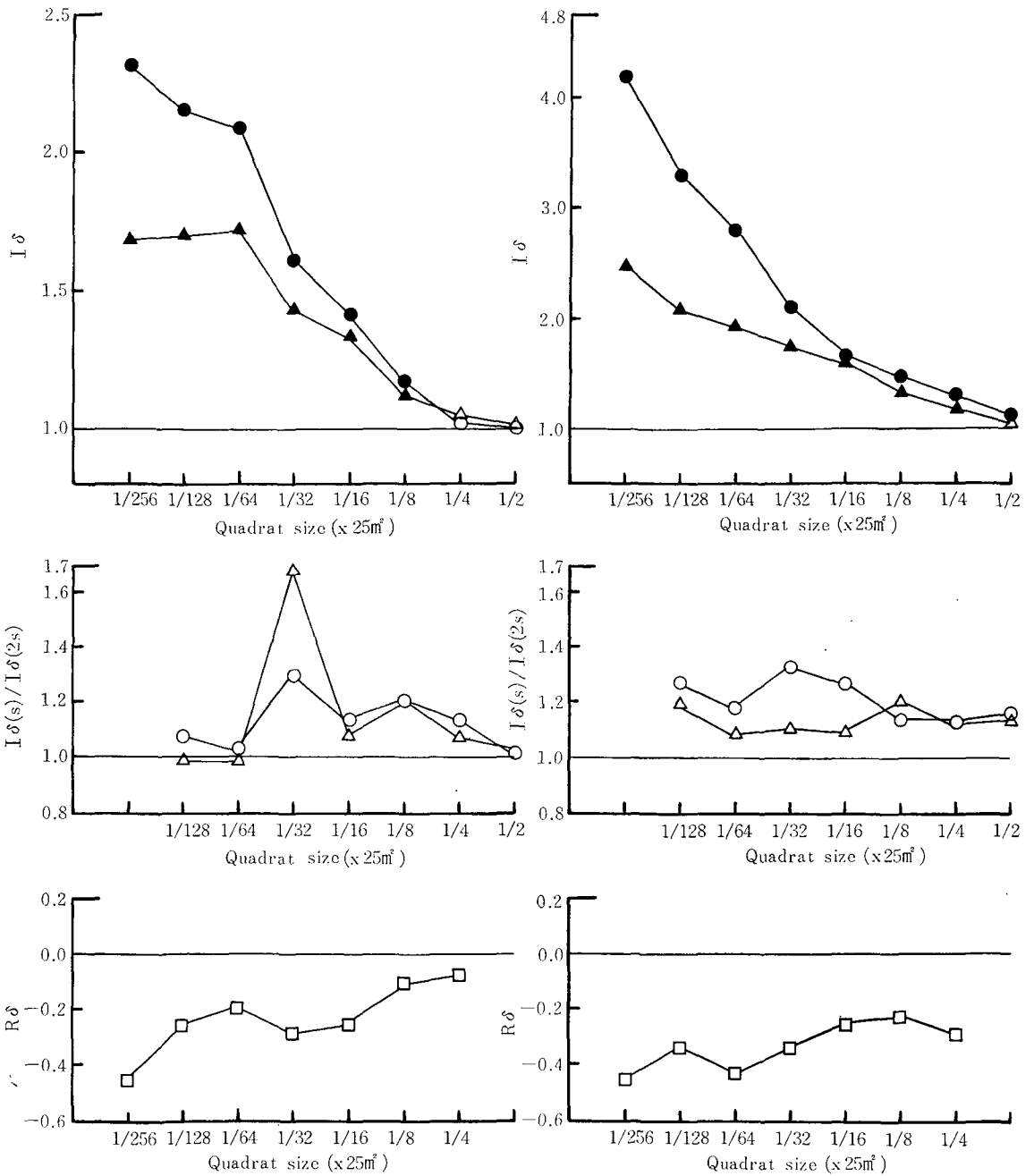


Fig. 3. $I\delta$ -values (Upper) and $I\delta(s)/I\delta(2s)$ -values (Middle) of the prostrate type (—○—) and the erect type (—△—) of timothy, and $R\delta$ -values between both types (—□—, Lower) plotted against quadrat size in Flat-3 A (Left figures) and Flat-3 B (Right figures).

Solid circles in upper figures show significant difference from randomness of the distribution of 5% level.

る)に分割し,それぞれについてMorishitaの I_0 -指数⁸⁾と R_0 -指数⁹⁾を算出した。分析の詳細は,澤田と津田¹²⁾に示すとおりである。

結 果

1. 草型の個体群間・個体群内変異

1981年5月と1982年4月の3個体群の草高と草型指数,および,1981年5月の匍匐型個体の割合をTable 1に示した。なお,Site-Dは1981年6月の値である。Site-Bは採食圧の重いFlat-2の調査個体数が多いため,全体に匍匐型が多いが,草型の変異の大きい個体群であった。Site-Cは1981年の草高が低く,指数が大きく,匍匐型が多かった。1982年も草高が低く,指数が大きい傾向にあった。他方,Site-Dの1981年は指数が小さく,直立型が多いが,他の個体群と調査時期の同じ1982年は指数が大きかった。しかし,Site-Cよりも草高が高く,指数もやや小さい傾向にあった。

Site-B内の各方形区の評点法による草型変異をFig. 1に示す。1982,1983年は点数1と2を匍匐型,3を中間型,4と5を直立型としてまとめた。円内の黒い部分は直立型,白い部分は匍匐型個体の割合を示し,円の大きさは調査個体数と比例する。草型は季節によって異なり,4月と10月以降は全体に匍匐型が多く,5月と6月は直立型も増して変異が大きくなった。各時期で細個体群間で草型の割合が異なり,湿地のMarshでは他より

も直立型が多く,平坦地のFlat-1とFlat-2では匍匐型が多かった。半湿地のTB-1~4では,最も湿地に近いTB-1で直立型が多く,最も平坦地に近いTB-4で匍匐型が多い傾向にあった。採食圧の軽いFlat-1とFlat-3では5月,6月に直立型も多く,草型が多型的に出現した。

Fig. 2にSite-B内の草型指数の変異を示した。指数の大きさによって,I群(≤ 1.0),II群(1.0~1.5),III群(1.5~2.0),IV群($2.0 <$)の4群に区分し,I群を黒で,IV群を白で示した。指数の大きさは季節によって異なり,4月と10月以降はIII群とIV群が増加し,5月と6月はI群が増加した。各時期で細個体群間で指数の大きさが異なり,湿地のMarshでは他よりもI群が多く,採食圧の重いFlat-2ではIV群が多かった。1981,1982年6月のTB-1~4では,湿地に近いTB-1ほどI群が多く,平坦地に近いTB-4ほどIV群の多い傾向にあった。

6月に草型が多型的であった採食圧の軽い平坦地の草型の分布様式を知るために,Flat-3AとFlat-3Bの評点法によって評価した匍匐型個体と直立型個体の分布様式と分布相関をMorishitaの I_0 -指数と R_0 -指数を用いて解析した。Fig. 3に両方形区の両草型の I_0 -曲線, $I_0(s)/I_0(2s)$ 曲線, R_0 -値を示した。両草型とも強い集中分布を示し, $I_0(s)/I_0(2s)$ 曲線より,Flat-3Aの両群が0.78 m^2 と3.13 m^2 の集中斑を持つこと,Flat-3Bの匍匐型

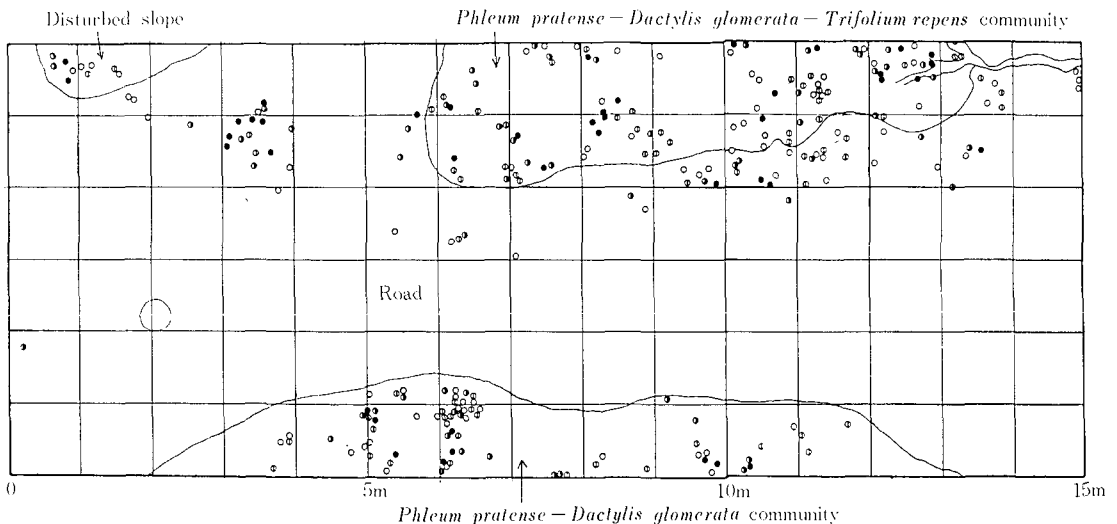


Fig. 4. Distributions of the timothy plants measured their plant type index in Site-C (6×15 m) in April 1982.

●, plant type index ≤ 1.0 ; ◐, 1.0-1.5; ◑, 1.5-2.0; ○, > 2.0 .

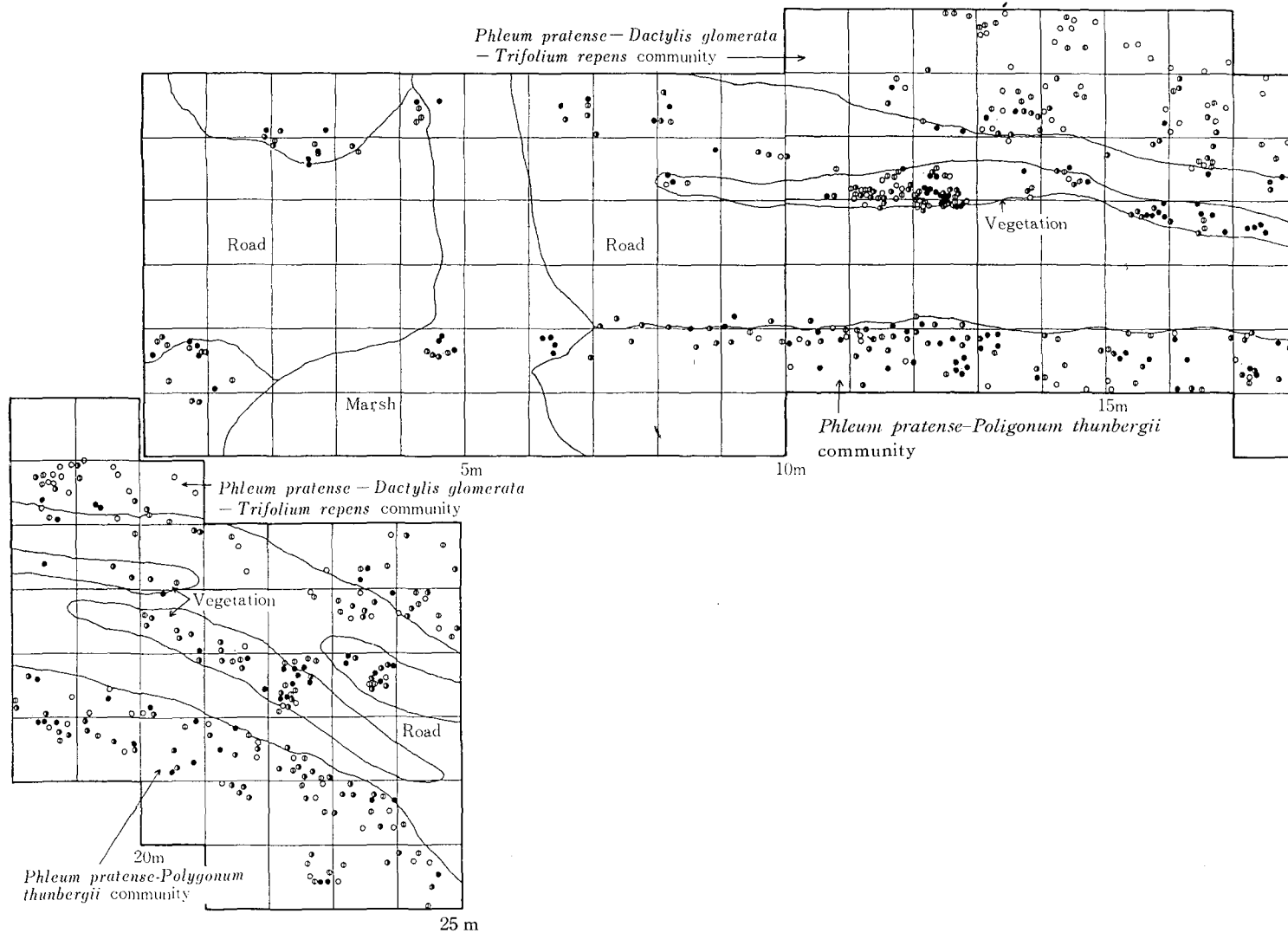


Fig. 5. Distributions of the timothy plants measured their plant type index in Site-D (6×25 m) in April 1982.

●, plant type index ≤ 1.0 ; ◐, 1.0-1.5; ⊕, 1.5-2.0; ○, > 2.0 .

が0.78 m², 直立型が3.13 m²の集中斑を持つことがわかった。両草型間の分布相関指数 R_s はすべての枠サイズで負の値を示し、両草型は相反的に分布していた。

Site-C の1982年4月の草型指数の分布を Fig. 4 に示した。位置を調べた261個体(調査総個体数の91%)の群別の分布である。I群は43個体, II群は60個体, III群は72個体, IV群は86個体で、指数が1.5より大きい個体が60%を占めた。中央の道路上, 上部の植生帯, 下部植生帯で、草高はそれぞれ3.3±1.3 cm, 3.7±1.6 cm, 3.6±1.9 cm, 草型指数はそれぞれ1.8±0.9, 1.8±0.8, 1.9±0.8と、差がなかった。

Site-D の1982年4月の草型指数の分布を Fig. 5 に示した。位置を調べた590個体(調査総個体数の90%)の群別の分布である。I群は141個体, II群は187個体, III群は135個体, VI群は127個体で、II群が多い傾向

にあった。図中下部の湿地と半湿地帯, 中央部の湿った道路上, 道路上の植生帯, 上部のよく採食される植生帯で、草高はそれぞれ6.2±2.2 cm, 4.9±2.4 cm, 4.5±1.7 cm, 3.7±1.2 cm, 草型指数はそれぞれ1.5±0.7, 1.7±0.8, 1.4±0.7, 2.0±1.9と、微細環境によって有意に異なった。湿地と半湿地, および道路上の個体は、上部植生帯よりも草高が低く、指数が大きかった。

2. 半湿地および採食匠の軽い平坦地における草型と近隣植生の草高との関係

Site-B のTB-1~4とFlat-1, Flat-3の草型別の最も近隣な植物体の草高を Table 2 に示した。近隣植物体の草高は4月と10月に平均で5~15 cmと低く、5月と6月は16~41 cmと高かった。各時期で、匍匐型個体の近隣植物体の草高が直立型個体よりも低い傾向にあった。また、草型指数と近隣植物体の草高との間には負の

Table 2. Mean values and standard deviations of plant height of the neighbourhood plants of prostrate, intermediate and erect types in three plots

Quadrats	Dates	Plant types	No. of samples	Plant height (cm)
TB-1-4	May 1981	Prostrate	24	16.9± 6.3**
		Erect	51	23.9± 8.7
	June 1982	Prostrate	12	21.3± 8.6
		Intermediate	21	21.1± 8.6**
		Erect	81	41.2±25.3
	Octo. 1982	Prostrate	22	10.4± 5.2
		Intermediate	37	12.1± 4.2**
		Erect	18	14.6± 6.2
	April 1983	Prostrate	64	7.9± 3.7
		Intermediate	53	9.6± 3.9*
		Erect	33	9.5± 4.3
May 1983	Prostrate	14	17.9± 6.5	
	Intermediate	44	22.5± 7.2**	
	Erect	36	27.6± 9.3	
Flat-1	May 1981	Prostrate	29	17.0± 8.1**
		Erect	24	29.9±13.8
	April 1983	Prostrate	112	5.4± 3.7
Intermediate		13	9.8± 4.1**	
Erect		8	11.1± 4.9	
Flat-3	June 1982	Prostrate	123	16.3±10.1
		Intermediate	128	21.2±17.7**
		Erect	141	41.2±25.3

* and ** = P<0.05 and P<0.01, respectively.

Table 3. Correlation coefficients between plant type index and neighbouring plant height in three plots

Quadrats	Dates	No. of samples	r
TB-1-4	May 1981	66	-0.2023 N S
	June 1982	113	-0.3636 **
	Oct. 1982	77	-0.0476 N S
	April 1983	150	-0.1895 *
	May 1983	149	-0.2389 **
Flat-1	May 1981	33	-0.2023 N S
	April 1982	124	-0.3515 **
	April 1983	132	-0.2637 **
Flat-3	June 1982	392	-0.2877 **

NS=Non significance.

* and **= $P < 0.05$ and $P < 0.01$, respectively.

相関関係があり、TB-1~4の1981年5月と1982年10月と、Flat-1の1981年5月を除いて有意であった(Table 3)。

考 察

チモシーの草型は、各方形区で季節的に変化し、4月は全体に匍匐性が強く、5月から6月にかけて変異が増大し、10月・11月の越冬期に再び匍匐性が強まった。これは、5月から6月にチモシーが生長し、節間伸長茎が出現し、全体に直立性を増し、近隣植生と放牧圧の影響によって草型変異が増大するのに対し、10月・11月には出穂・開花が終わり、繁殖茎が枯死して栄養茎から個体が構成され、放牧圧の影響によって匍匐性が強まるためと考えられる。

個体群間と個体群内に草型の表現型的変異が存在した。5月と6月に、環境の多様なSite-BとSite-Dは直立型と匍匐型が多型的に分布し、乾燥した路傍のSite-Cは匍匐型が多く分布した。さらに、Site-BとSite-Dでは湿地・半湿地の湿地側で直立型が多く、採食圧の重い平坦地では匍匐型が多かった。これは、チモシーが放牧圧の重い場所では匍匐型に、放牧圧が軽く近隣草高の高い場所では直立型が多いことを示している。イネ科草種の種内・個体群内では、家畜の踏圧や採食圧の重い環境下では匍匐型が多く、植生の草高の高い環境下・採食圧の軽い環境下では直立型が多いことが報告されている(4)~(7),(13),(15),(16)。直立型は群落内で受光態勢にすぐれ、種

間競争の厳しい環境下で有利なのに対して、匍匐型は家畜の採食による生長点の傷害が少なく、残存する茎葉部が多く再生が良好であり、重い放牧環境下で有利である。調査したチモシーの品種 Climax の造成後17年を経過した個体群間・個体群内でも、同様のことが考えられる。

Site-B内の採食圧の軽い平坦地は、小面積内に直立型と匍匐型が多型的に分布した。Flat-3AとFlat-3Bの両型の分布様式は0.78~3.13 m²の集中斑をもち、強い集中分布であった。両草型間の分布相関指数R_sは負の値を示し、両草型が相反的に分布していた。近隣植生の草高は匍匐型で低く、直立型で高い傾向にあり、指数と近隣草高の間にも負の相関関係があった。これらの結果は、採食圧の軽い平坦地では、植生が牛によってモザイク的に採食され、採食の少ない高草高の場所では直立型が、採食の多い低草高の場所では匍匐型がそれぞれ集中分布することを示している。Flat-3の草高が40 cm以上の高草高植生と、低草高植生の間で草型を比較すると、評点法では前者が4.6±0.8 (n=58)、後者が2.4±1.0 (n=75)、指数では前者が0.6±0.3、後者が1.2±0.6で、上記の結果と一致する。

Site-Bは個体群内・細個体群内で放牧圧・植生と密接に対応した草型変異が存在したが、平坦地では一見、採食圧の軽い場所でも微細に軽い場所と重い場所が点在することが明らかとなった。これらの環境変異に密接に対応した草型の表現型的変異が、どの程度遺伝的なものであるか、表現型可変性によるものであるかについては今後の課題である。

摘 要

放牧草地におけるチモシーの草型の個体群間・個体群内変異を明らかにするために、3年間、3個体群の表現型的変異を調査した。草型を評点法と指数(最大直径-基部直径/草高)で測定するとともに、近隣植物体の草高も測定した。

草型は季節によって変化し、4月と10~11月に匍匐性が強まり、5月と6月に直立性が強まる傾向にあった。

草型は3個体群間で異なり、乾燥した路傍で匍匐型が多く、湿地を含む多様な環境下の個体群では直立型と匍匐型が多型的に分布した。湿地に直立型が多く、採食圧の重い平坦地で匍匐型が多く、採食圧の軽い平坦地では多型的に出現した。

採食圧の軽い平坦地で、草型の空間分布と近隣植生との関係を解析した。両草型とも集中分布し、その集中斑

は0.78~3.13 m²であり、両型は相反的に分布した。匍匐型は植生の草高の低い場所に、直立型は高い場所に分布する傾向にあった。

これらの結果より、この放牧草地のチモシーの草型は個体群間・細個体群間で大きな変異があり、微細環境と密接に対応していることが示された。

引用文献

1. BROUGHAM, R. W. and HARRIS, W.: Rapidity and extent of changes in genotypic structure induced by grazing in a ryegrass population, *New Zealand J. Agric. Res.*, **10**: 56-65. 1967
2. CHARLES, A. H.: Ryegrass populations from intensively managed leys. I. Seedling and spaced plant characters, *J. agric. Sci.*, **75**: 103-107. 1970
3. CHARLES, A. H.: Ryegrass populations from intensively managed leys. III. Reaction to management, nitrogen application and *Poa trivialis* L. in field trials, *J. agric. Sci.*, **79**: 205-215. 1972
4. CHARLES, A. H.: A comparison of ryegrass populations from intensively managed permanent pastures and leys, *J. agric. Sci.*, **81**: 99-106. 1973
5. DETLING, J. K. and PAINTER, E. L.: Defoliation responses of western wheatgrass populations with diverse histories of prairie dog grazing, *Oecologia*, **57**: 65-71. 1983
6. 堀川 洋: 永年草地のオーチャードグラス個体群における形態的特性, 日草誌, **29**: 17-21. 1983
7. MAHMOUD, A., GRIME, J. P. and FURNESS, S. B.: Polymorphism in *Arrhenatherum elatius* (L.) Beauv. EX J. and C. Presl., *New Phytol.*, **75**: 269-276. 1975
8. MORISHITA, M.: Measuring of the dispersion of individuals and analysis of the distributional patterns, *Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ., Ser. E (Biol.)*, **2**: 215-235. 1959
9. MORISHITA, M.: Measuring of interspecific association and similarity between communities, *Mem. Fac. Sci., Kyushu Univ., Ser. E (Biol.)*, **3**: 65-80. 1959
10. PIKE, A., MCNEILLY, T. and PUTWAIN, P. D.: Survivor populations of S 23 perennial ryegrass from zero-grazed and set-stocked swards, *Grass and Forage Sci.*, **34**: 89-94. 1979
11. 澤田 均・平野 繁・島本義也・津田周彌: 放牧草地における近接した植物群落の構造—北海道大学附属牧場の事例, 北大農学部附属牧場研報, **11**: 17-28. 1983
12. 澤田 均・津田周彌: 放牧草地におけるチモシー個体群の分布様式, 日草誌, **30**: 367-374.
13. SNAYDON, R. W.: Genetic changes in pasture populations, In WILSON, J. R. (ed.) "Plant relations in pasture" CSIRO, Australia: 253-269. 1978
14. 田中弘敬・室示戸貞雄・岩崎 穂: 2, 3の草地管理条件下におけるオーチャードグラス生存株の形質変化, 草地試研報, **3**: 33-42. 1973
15. WARWICK, S. I. and BRIGGS, D.: The genecology of lawn weeds. I. Population differentiation in *Poa annua* L. in a mosaic environment of Bowling green lawns and Flower beds, *New Phytol.*, **81**: 711-723. 1978
16. WARWICK, S. I. and BRIGGS, D.: The genecology of lawn weeds. II. Evidence for disruptive selection in *Poa annua* L. in a mosaic environment of Bowling green lawns and Flower beds, *New Phytol.*, **81**: 725-737. 1978

Summary

To study the inter- and intra-population variation of plant type of timothy (*Phleum pratense* L.), we observed the phenotypic variations of this trait in the three adjacent populations in a 17 year-old pasture located in Shizunai, Hokkaido, for three years. These populations were located in the xeric roadside (XERIC), the mesic roadside involving swamp and grazed flat (MESIC), and the diverse area involving lightly and heavily grazed flats and swamp (DIVERSE). In all populations, the positions of timothy plants were plotted in maps, and their plant types were measured by the score and the plant type index. The index was calculated as follows: (maximum diameter—basal diameter)/plant height. In addition, to clarify the small-scale variations of plant type, the spatial distributions and the relationships of plant type to the height of their neighbourhood plants were analysed. The results were as follows:

Seasonal changes in plant type were found. The prostrate types prevailed against erect types in April, and October to November, but erect types prevailed in May and June.

Plant type varied among the three populations,

XERIC population had many prostrate plants but MESIC and DIVERSE populations had variable plants.

Within DIVERSE population, many plants were erect in swamp, but prostrate in the area of heavily grazed flat, and variable in lightly grazed flat.

Within the *lightly grazed flat*, both plant types distributed aggregately (their clump sizes were 0.78 to 3.13 m²) and exclusively to each other. Prostrate

plants distributed in the small-scale area where vegetational height was short, but erect plants distributed in taller vegetation.

These results show that considerable phenotypic variations of plant type exist among and within timothy populations in this pasture, and plant types are closely related to their local environments such as grazing pressure and vegetation.