

C3/C4植物が混生した 水理実験センター内円形草原圃場における バイオマスとLAIの季節変化特性

Seasonal changes of biomass and LAI of a C3/C4 mixed grassland
at the Environmental Research Center, University of Tsukuba

田中 克季*・及川 武久**

Katsuki TANAKA* and Takehisa OIKAWA**

はじめに

温帯域の草原では、一般にC3植物とC4植物が混生しているが、この混生草原では春先の低温期にC3植物が優占し、夏季の高温期にC4植物が優占するという、群落内で優占する光合成型が季節的に逆転することが知られている(Liu 1994; 赤沢・及川 1995)。そこで本研究では、実験地として筑波大学水理実験センター内の円形圃場を選定し、植生動態調査を毎月1回、群落内の種別のバイオマスとLAI(葉面積指数)を測定し、気象データ、および過去の植生調査のデータ(1993~1997、但し1995を除く)との関連を調べた。

方 法

実験地である水理センター円形圃場(直径160m)内の南北・東西の2方向に、草原植生を代表させる永久コドラートを各40個、計80個設置し、1998年の生育期間中毎月1回、コドラート内の植物の被度を種別に測定した。それとは別に、刈り取り用のコドラートを毎月選定し、やはり種別の被度を測定した後、刈り取りを行い、葉面積、乾燥重量を実測した。

これによって被度と葉面積、乾燥重量との間の関係式を導き、永久コドラートから得られた被度データからバイオマスとLAIの推定値を算出した。

調査は1993年の4月から1998年の8月まで行った。調査方法は年度によって、あるいは調査担当者によって若干の違いがあるものの、基本的には同一の原理に基づいて行われており、調査条件の違いによる年度間の調査結果の誤差は無視できるものとする。

結 果

過去5年間にわたる実験群落の植生調査において確認された総出現種数は54種であり、そのほとんどが多年生草本であった。また、その内C3植物は45種、C4植物は9種であった。植生分類的には実験地群落は、その種構成からチガヤ-ススキ群落や、アズマネザサ-ススキ群集に近い、C3/C4混生群落であると判断できる。

図1は、1993年から1998年までの植生動態調査で得られたLAIの季節推移をC3/C4タイプ別に示したものである。いずれの年にも共通して、春先には群落全体のLAIの中でC3種の占める割合が大きいのに対し、夏になるとC4種の占める割合の方が

*筑波大学環境科学研究科、**筑波大学生物科学系

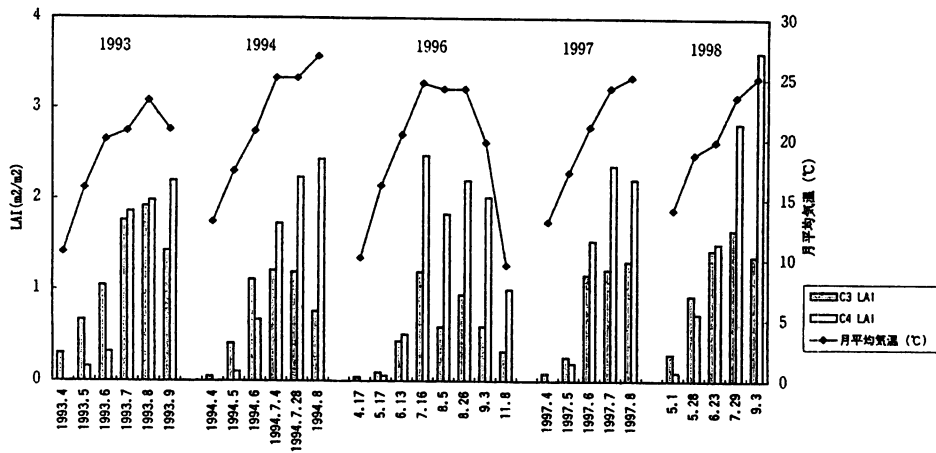


図1 1993年から1998年（但し1995年を除く）のC3/C4種別 LAIの季節変化（棒）及び各年調査における月平均気温の推移（折れ線）

大きくなる、という逆転現象が再確認された。

バイオマスの季節推移も LAI の季節推移と同様に、春先には群落全体のバイオマス中の C3 種の占める割合が大きいのにに対して、夏になると C4 種の占める割合が大きくなる、という逆転現象が確認された（表1、図2、3）。この現象は、調査の行われた5年間、いずれの年でも見ることができた。LAI やバイオマスでみられたこの現象は、これまでに C3/C4 混生群落を対象とした日本で行われた研究（武田ほか 1985）や、他の国の研究（例えば、Cavagnaro 1988；Kemp and Williams 1980）においても既に確認されており、温帯域の C3/C4 混生草原にみられる特徴的な現象である。

また、実験地群落全体の地上部バイオマスが、近年増加傾向を見せていることが注目される。1993年には最大バイオマスが337g d.w./m²であったのに対し、1998年には1059g d.w./m²と、3倍以上になった。一方、実験地群落全体の LAI の最大値は毎年4~5で比較的安定しており、バイオマスに見られたような著しい増加傾向は見られていない。

表1 1998年における水理実験センター円形草原圃場内の代表種別のバイオマスと LAI の季節変化

1998 LAI	5月1日	5月28日	6月23日	7月29日	9月3日
セイトカアワダチソウ	0.15	0.42	0.83	1.20	1.14
ヨモギ	0.10	0.37	0.38	0.17	0.09
メドハギ	0.00	0.10	0.12	0.18	0.11
その他C3	0.04	0.04	0.11	0.11	0.03
チガヤ	0.05	0.51	1.12	2.13	1.74
メリケンカルカヤ	0.01	0.03	0.06	0.11	0.12
ススキ	0.03	0.19	0.33	0.54	0.77
その他C4	0.01	0.00	0.00	0.06	1.00
総計	0.38	1.66	2.95	4.50	5.00

1998 Biomass	5月1日	5月28日	6月23日	7月29日	9月3日
セイトカアワダチソウ	15.39	56.68	184.00	265.79	332.80
ヨモギ	6.33	33.81	45.72	45.11	42.70
メドハギ	0.00	10.30	35.57	48.12	102.23
その他C3	9.18	34.19	24.34	13.36	3.40
チガヤ	3.97	49.68	126.77	266.11	377.46
メリケンカルカヤ	0.55	5.72	13.41	22.86	23.99
ススキ	3.38	37.62	68.92	142.56	176.43
その他C4	0.00	10.00	0.00	9.18	0.00
総計	38.81	228.01	496.71	813.09	1059.01

1998 Biomass

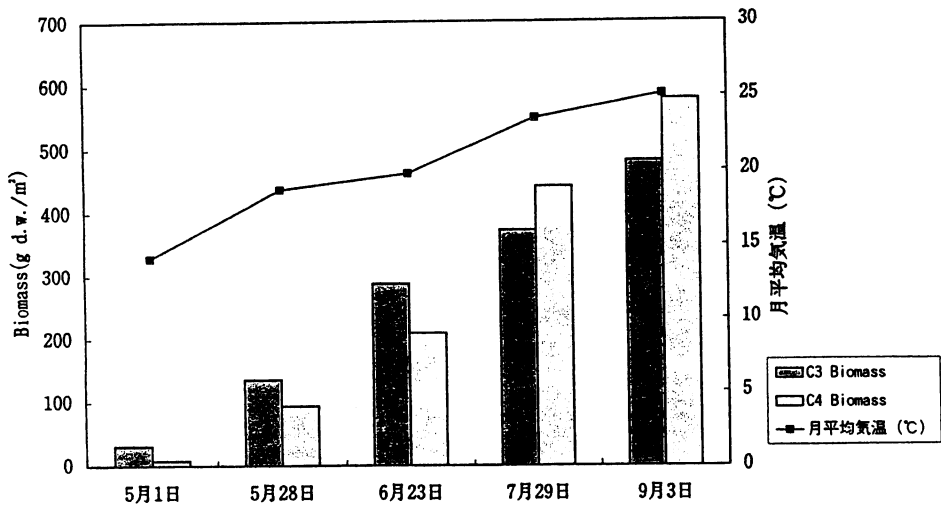


図2 1998年における水理実験センター円形草原圃場内のC3・C4植物のバイオマスの季節変化(棒)及び月平均気温の推移(折れ線)

1998 LAI

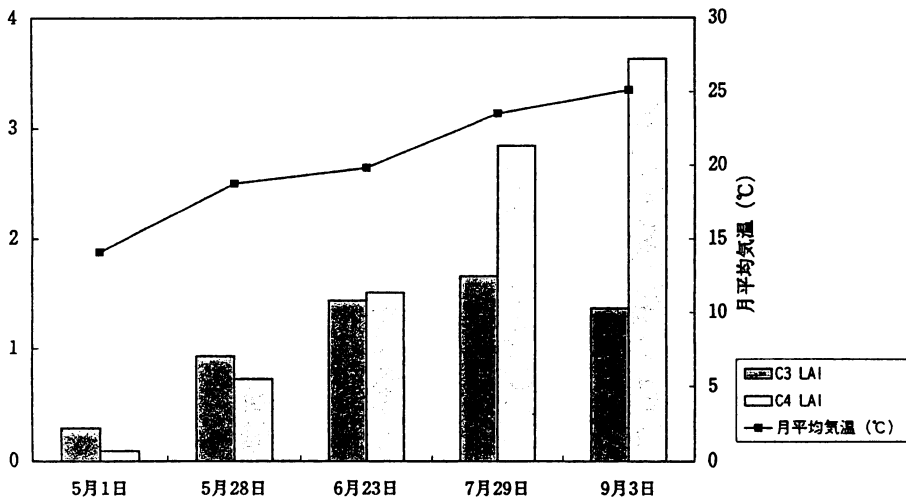


図3 1998年における水理実験センター円形草原圃場内のC3・C4植物のLAIの季節変化(棒)及び月平均気温の推移(折れ線)

考 察

C3植物とC4植物のバイオマスやLAIの月別の相対的な増減が、相関分析により毎月の気温と強い相関があることが示された。このことはC3植物とC4植物を用いた温度に対する光合成特性の結果(Willimas 1974; Monson et al. 1983)ともよく対応するものである。また、月別の全短波放射量、降水量、地下水位、降水量と可能蒸発散量との差といった他の気象パラメータとの間には全く相関が見られなかった。このことより、草原生態系の生態学的特性を決める上で光条件や乾燥条件よりも温度条件の方が重要であることが示された。

C3/C4植物の相対的な量の月変化と月平均気温との関係より線形回帰分析を行った結果、優占度がLAIでは月平均気温20.5℃で、バイオマスでは22.5℃で、C3植物からC4植物へ変わることが分かった。この結果から、温度条件の異なる他の地域での両者のおおよその逆転時期や、地球温暖化が進行した場合の逆転時期の変化を推定することができる。

また、近年観察されている群落全体の地上部バイオマスの増大は、実験圃場の管理を1993年以降にそれまで行われていた夏の刈り取りを中止して、冬1回のみ刈り取りに変えたために、オニウシノケグサ(C3)やメリケンカルカヤ(C4)といった草丈の低い種のバイオマスが減少し、代わりにチガヤ(C4)、ススキ(C4)、セイタカアワダチソウ(C3)など草丈の高い種が群落内での優占度を増したことによるものと考えられる。ここで示したように圃場管理を変更することによって、植生の種組成やバイオマスなどの生態学的な特性が変化してきているが、それと同時に、この円形圃場における熱収支、水収支など、微気象学的特性も変わってきている可能性が大いにあり得るものと思われる。今後の重要な研究テーマであろう。

謝 辞

本研究を進めるに当たり、水理実験センターから長年にわたり草原圃場を利用させていただくとともに、センターで得られている微気象データを提供していただいた。また、原稿のまとめには横山智子さん(生物科学研究科)に大変お世話になった。記して、感謝いたします。

引用文献

- 赤沢孝之・及川武久(1995)水理実験センター草原における主要植物種の現存量の季節変化とその生態学的解析。筑波大学水理実験センター報告, 20, 69-77
- 武田友四郎・谷川孝弘・梶和一・箱山晋(1985)イネ科C3, C4植物の生態と地理的分布に関する研究(第一報)。日本作物学会紀事, 54-1, 54-64
- Cavagnaro J. B. (1988) Distribution of C3 and C4 grasses at different altitudes in temperate arid region of Argentina. *Oecologia*, 76, 273-277
- Kemp P. R. and Williams G. J. (1980) A physiological basis for niche separation between *Agropyron smithii* (C3) and *Bouteloua gracilis* (C4). *Ecology* 61, 846-858
- Liu S. (1994) Seasonal changes of biomass and carbon dioxide flux in a grassland. 筑波大学修士課程環境科学研究科修士論文
- Monson R. K., Littlejohn R. O. Jr. and Williams G. J. (1983) Photosynthetic adaptation to temperature in four species from the Colorado shortgrass steppe: a physiological model for coexistence. *Oecologia* 58, 43-51
- Willimas G. J. (1974) Photosynthetic adaptation to temperature in C3 and C4 grasses. *Plant Physiol.* 54, 709-711