

資 料

被度と群落高に基づいた非破壊的方法によるヨシ群落の一次生産量の推定

東京大学大学院新領域創成科学研究科
人間環境大学人間環境学部

小 坂 紗 代
藤 井 伸 二

Estimation of primary production of reed communities by nondestructive method based on vegetation coverage and height. Sayo Kosaka** (*Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo*) and Shinji Fujii* (*University of Human Environments*)

The reliability of estimation of biomass of vegetation by nondestructive methods was examined. Vegetation survey and measurement of primary production of reed communities were carried out in Lake Kasumigaura. The results showed high value of coefficient of determination between the primary production and the biomass index, calculated by the vegetation data of dominant species in the upper layer, and the index revealed effective in the surveyed communities.

Keywords: biomass index, Lake Kasumigaura, primary production, reed community

要旨: 霞ヶ浦のヨシ群落において、植生調査と一次生産量の実測をおこなった。上層優占種の植生データに基づいて計算されたバイオマス指数と一次生産量の実測値の間には高い値の決定係数が得られ、当該群落におけるバイオマス指数の有効性が示された。

キーワード: バイオマス指数, 一次生産量, 霞ヶ浦, ヨシ群落

はじめに

水湿地環境に成立する抽水植物群落は、熱帯林や珊瑚礁・藻場と並んで一次生産性が最も高い環境の一つである (Whittaker, 1970; Wade, 1993)。光合成活動が盛んであるために、植物間で強い競争が起こりやすく、遷移の進行もはやい。一方、抽水植物群落における種多様性は競争の程度によって決まり、競争を緩和する攪乱との相互作用が重要との指摘がされている (Keddy, 2000)。競争の程度を指標する変数の一つに現存量 (バイオマス) がしばしば用いられ、同タイプの植物群落においては、現存量が大きければ競争状態が強くなり、現存量が小さければ競争状態が弱いとの解釈

が可能である (Keddy, 2000)。日本の低層湿原において優占するヨシ *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. 群落の現存量については多くの報告例がある (例えば, Hansson & Granéli, 1984; Granéli, 1989; Björndahl, 1985; 吉良, 1991; McKean, 2001; Maron & Jefferies, 2001; Poulin & Lefebvre, 2002; Deák et al., 2015; Zheng et al., 2015 など)。優占種の被度 (あるいは群落タイプ) と種多様性との関係については多くの研究があるものの、優占種の現存量と種多様性の関係を評価した研究は必ずしも多くない。その理由には、1) 刈取り作業の労力が非常に大きくて多数サンプルの定量が困難、2) 刈取りは破壊的な調査法であるためにその後の継続調査が不能である、3) ときには保全の観点か

ら許容できない場合がある、4) 競争の評価には枯死桿を含めた現存量は必ずしも適当ではなく一次生産量を用いることが望ましい、などが挙げられる。ヨシ群落における競争状態の把握や種多様性評価を行うためには、簡便で信頼できる一次生産量の非破壊的な推定方法の確立が望まれる。高槻 (2009) および高槻・佐藤 (2010) は、植物種の被度と群落高をもとに計算されるバイオマス指数 (計算式については、「調査地と調査方法」の項で詳述) の活用を提案している。簡便な指数ではあるが、現存量との相関には対象とする群落や植物種でのバラツキがあり (高槻, 2009; 高槻・佐藤, 2010), 調査対象の群落や植物種についての十分な抽出調査を行ってその信頼性を確保しておく必要がある。

本研究は、霞ヶ浦のヨシ群落の地上部の一次生産量の実測値とバイオマス指数との相関を検討することで、同地におけるヨシ群落の競争状況の評価と種多様性解析に向けた基礎資料を得ることを目的とした。とくに、計測に先立って前年に生長した地上部の枯死桿を刈取っておくことにより、当年の地上部の一次生産量を正確に把握し、より信頼性の高い相関式の取得を目指した。

調査地と調査方法

調査は茨城県霞ヶ浦 (西浦) 南東岸の妙岐の鼻 (浮島湿原, 35°57'N, 140°27'E) で行った。同地

は面積約 52ha の低層湿原で、ヨシの優占した湿生植物群落が卓越している (路川・前田, 1994)。かつては冬季の刈取りと火入れが行われていたが、萱材の需要低下とともに刈取り面積は減少し、植生の変化が起こっている (中田ほか, 2009)。

独立行政法人水資源機構が作成した 1998 ~ 2014 年度の管理資料を基に、刈取りや火入れの履歴の異なる 3 地区 (それぞれ, A 地区, B 地区, C 地区と呼称する) を区別した (表 1)。A 地区では、毎年刈り取りまたは火入れ管理が継続的に行われている。一方, B 地区では 2004 年度を最後に、C 地区では 2008 年度を最後に、刈取りまたは火入れ管理が休止し、現在は放置されている。A 地区と B 地区ではヨシ・カモノハシ *Ischaemum aristatum* L. var. *glauca* (Honda) T.Koyama 群落が卓越し、C 地区ではヨシ・カササグ *Carex vesicaria* L. 群落が卓越する (野副ほか, 2010)。

一次生産量の計測にあたっては、植物体の地上部を収穫するための 1m × 1m の方形区を次のように設置した: A 地区に 3 方形区, B 地区に 6 方形区, C 地区に 6 方形区。前年以前の枯死した植物体の一部が地上に残存するため、当年の一次生産量を計測するためには前年の枯死桿を除去する必要がある。そこで、B 地区と C 地区において 2014 年 12 月 8 ~ 9 日に刈り取りを行い、前年の植物体をすべて除去した。なお、冬季にヨシ刈りがなされている A 地区ではその処理は不要であった。地上部の刈取りと収穫は 2015 年 10 月 19 日

表 1. 調査地の管理履歴. 凡例は、刈取 (○), 火入れ (■), 放置 (—). 独立行政法人水資源機構の資料を基に作成.

地区	年度																	
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
A	■	○	○	○	■	○	■	○	○	no data	○	○	○	○	○	○	○	
B	■	—	—	■	■	—	■	—	—		—	—	—	—	—	*	—	—
C	■	—	—	■	—	■	○	—	—		○	—	—	—	—	—	—	—

* 2013 年 1 月 30 日に火災発生。

に行い、群落の上層優占種（ここでの優占種の定義については後述）の植物体を 60℃で数日間の乾燥処理後に秤量した。収穫の際にヨシの落葉がすでに始まっていたため、ヨシについては葉を除いた茎の重量を計測した。

上記の方形区において、刈取に先立つ 2015 年 4 月 12 日から 2015 年 10 月 10 日にかけて植生調査を定期的実施した。調査は Braun-Blanquet 法 (Braun-Blanquet, 1964) に基づき、各層ごとの群落高、出現種、各出現種の被度（面積 %）を記録した。調査期間内で最大となった被度値とそのときの群落高をバイオマス指数の計算に用いた。バイオマス指数は以下の式によって与えられる（高槻, 2009）。

バイオマス指数 = 被度 (%) × 群落高 (cm)

通常のヨシ群落では、上層（主にヨシ）と下層（主にスゲ類）の 2 層群落を形成するのが一般的である。本研究では、調査期間中に一度でも被度が 3 (25 ~ 50%) 以上を記録した上層の種を「上層優占種」と定義し、それらの種についてバイオマス指数を計算し、その合計を「上層優占種バイオマス指数」とした。調査区における上層優占種はヨシとオギ *Miscanthus sacchariflorus* (Maxim.) Benth. の 2 種で、いずれの調査区においてもヨシが多く繁茂していた。

バイオマス指数と一次生産量の相関についての検討では、葉を除いたヨシの地上一次生産量と葉を加味したヨシの地上一次生産量の二つの場合について行った。葉量の推定には Ho (1979) のデータを用いた。Ho (1979) にはスコットランドの 3 地点における 5 ~ 11 月の月毎のシュート乾燥重量と葉乾燥重量のデータが示されており、これら 3 地点のデータの中央値を採用した。A 地区については被度が最大となる 8 月の葉／茎の比 (0.374), B と C 地区については被度が最大となる 7 月の葉／茎の比 (0.390) を用いた。

本研究では、7 ~ 8 月の最大被度とそのときの群落高のデータを用いて、生長終了時である 10 月の桿の現存量（一次生産量）との相関を検討した。ヨシやオギは 8 ~ 9 月に栄養生長を終えてその後に出穂・結実を行うので、10 月の被度は減少に転じている。一方、群落高は 9 月以降も伸長を続けて高くなるが、それは出穂による増加分なので、それまでの群落高（＝葉を支持する茎の高さ）とは意味が異なる。このため、最繁茂期にあたる 7 月または 8 月の最大被度および群落高のデータを解析に用いた。

なお、今回の調査区にはオギも混生しており、Ho (1979) のヨシの配分比をそのまま当てはめることには問題が残る。しかし、オギについての適当な先行研究がなかったことといずれの調査地でもオギに比べてヨシの繁茂量が圧倒的に多かったことから、本解析ではヨシの配分比を用いることにした。

結果と考察

調査したヨシ群落における上層優占種（最大被度 3 以上）は、ヨシとオギ *Miscanthus sacchariflorus* (Maxim.) Benth. の 2 種であった。上層優占種の被度と群落高に基づいて計算された上層優占種バイオマス指数と地上部の一次生産量（乾燥重量）の計測結果を図 1 に示す。両変数の決定係数は、葉を除いた地上部の一次生産では 0.76 ($n = 15$), 葉を加味して補正した地上部の一次生産では 0.79 ($n = 15$) となり、どちらの場合においても非常に高い正の相関が得られた（図 1）。葉を除いた地上部の一次生産では $y = 2.2x - 95$, 葉を補正した地上部の一次生産では $y = 3.1x - 164$ の直線回帰式がそれぞれ得られ、最大被度に基づくバイオマス指数による地上部の一次生産量の推定が可能となった。

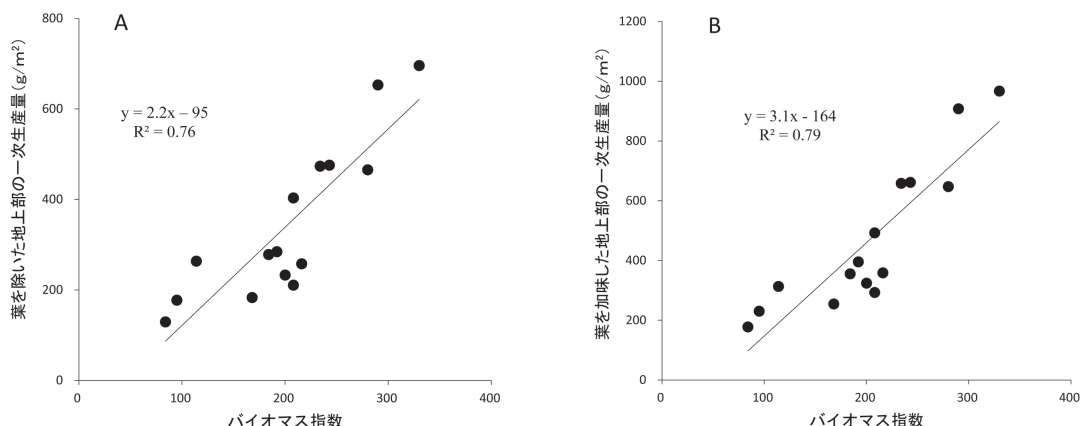


図 1. バイオマス指数（上層優占種の最大被度 % × 上層優占種の群落高 cm）と一次生産量の相関。

ただし、得られた式の適用には限界がある。これらの回帰式は妙岐の鼻のヨシ群落では適用可能だが、他の群落ではおそらく利用できない。環境条件が大きく変動した場合（例えば氾濫や渇水など）にも適用が難しいだろう。また、ヨシ・オギ以外が優占する群落では適用できない（ただし、妙岐の鼻にはヨシ・オギ以外が優占する群落はほとんど存在しない）。

今回の調査で得た回帰式を利用することで、霞ヶ浦妙岐の鼻地区におけるヨシ群落の優占種について、最大被度およびそのときの群落高データに基づいて一次生産量を非破壊的に推定することができた。このことは、一次生産量の推定値を多数の調査区で簡便に取得できるだけでなく、同一地点での継続的なモニタリング調査（刈取り攪乱を排除した継続調査）を可能にするものである。今後は、これらの式を利用して同地における群落間の競争の程度と種多様性についての解析を行う予定である。

引用文献

Björndahl, G. 1985. Influence of winter harvest on

stand structure and biomass production of the common reed, *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. in Lake Tåkern, southern Sweden. *Biomass*, 7 : 303-319.

Braun-Blanquet, J. 1964. *Pflanzensoziologie, Grundzüge der Vegetationskunde* 3rd Edition. 631pp. Springer-Verlag, Berlin.

Deák, B., O. Valkó, P. Török, A. Kelemen, K. Tóth, T. Miglécz, & B. Tóthmérész, 2015. Reed cut, habitat diversity and productivity in wetlands. *Ecological Complexity*, 22 : 121-125.

Granéli, W. 1989. Influence of standing litter on shoot production in reed, *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steudel. *Aquatic Botany*, 35 : 99-109.

Hansson, L.-A. & W. Granéli. 1984. Effects of winter harvest on water and sediment chemistry in a stand of reed (*Phragmites australis*). *Hydrobiologia*, 112 : 131-136.

Ho, Y. B. 1979. Shoot development and production studies of *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steudel in Scottish Loches. *Hydrobiologia*, 64 : 215-222.

Keddy, P. A. 2000. *Wetland Ecology -principles and conservation*. 614pp. Cambridge University Press,

- Cambridge.
- 吉良竜夫. 1991. ヨシの生態おぼえがき. 琵琶湖研究所報, 9 : 29-37.
- Maron, J. L. & R. L. Jefferies. 2001. Restoring enriched grasslands: Effects of mowing on species richness, productivity, and nitrogen retention. *Ecological Applications*, 11(4) : 1088-1100.
- McKean, S. G. 2001. Productivity and sustainable use of *Phragmites australis* in the Fuyeni reedbed –Hluhliwe-Umfolozzi Park- Management guidelines for harvest. *South African Journal of Botany*, 67 : 274-280.
- 路川宗夫・前田 修. 1994. 妙岐の鼻湿原の植生. 筑波の環境研究, 15 : 67 – 83.
- 中田 達・塩沢 昌・吉田貢士. 2009. 霞ヶ浦妙岐の鼻湿原における水位変化と水循環. 水文・水資源学会誌, 22 : 456 – 465.
- 野副健司・西廣 淳・ホーテス・シュテファン・鷺谷いづみ. 2010. 霞ヶ浦湖岸「妙岐の鼻湿原」における植物の種多様性指標としてのカモノハシ. 保全生態学研究, 15 : 281 – 290.
- Poulin, B. & G. Lefebvre. 2002. Effect of winter cutting on the passerine breeding assemblage in French Mediterranean reedbeds. *Biodiversity and Conservation*, 11 : 1567-1581.
- 高槻成紀. 2009. 野生動物生息地の植物量的評価のためのバイオマス指数について. 麻布大学雑誌, 19/20 : 1 – 4.
- ・佐藤雅俊. 2010. モンゴル森林ステップ帯の草本類のバイオマス推定. 麻生大学雑誌, 21/22 : 9 – 11.
- Wade, P. M. 1993. General biology and ecology of aquatic weeds. In: *Aquatic Weeds*. (eds. by Pieterse, A. H. & K. J. Murphy), pp. 17-30. Oxford Science Publications, New York.
- Whittaker, R. 1970. *Communities and Ecosystems*. 162pp. The Macmillan Company, London.
- Zheng, Y., X. C. Wang, Y. Ge, M. Dzakupasu, Y. Zhao & J. Xiong. 2015. Effects of annual harvesting on plants growth and nutrients removal in surface-flow constructed wetlands in northwestern China. *Ecological Engineering*, 83 : 268-275.

