

ヨシ苗による吸水効果 ——植生によるヘドロ地盤の乾燥に関する研究——

神 尾 彪

(山形大学農学部農地造成学研究室)

Effects of Water Absorption by the Roots of Young *Phragmites Communis* Plants
—Studies on the Drying of Marshy and Heavy Clay Soil Ground through the Vegetations—

Akira KAMIO

(Laboratory of Reclamation and Melioration, Faculty of Agriculture,
Yamagata University, Tsuruoka 997, Japan)

I. ま え が き

ヘドロ地盤の乾燥におよぼすヨシの効果を明らかにするために、八郎潟中央干拓地の生ヘドロを充てんしたライシメータにおいて、1980年7月下旬にヨシを播種し、9月中旬から10月上旬にかけて、ヨシ植生区および裸地区の純放射、アルベド、植被(裸地)面温度、減水深、地下水水位などの測定を行った。

本論文は上記の測定値を用いて、熱収支によって両区の蒸発(散)量について比較検討を行い、植生の有無によるヘドロ地盤の乾燥について考察を行った。

II. 熱収支による蒸発(散)量の算出方法

一般に、地表面における熱収支式は図-1から次のようになる。

$$R_n = \ell E + H + G \dots\dots\dots(1)$$

ただし、土壌面および植被層の貯留熱は地中熱伝導(G)に比して極めて小さいので無視して考えた。また、植物の光合成・呼吸などのエネルギーは純放射(R_n)の2~3%であるからこれも無視して考えた。

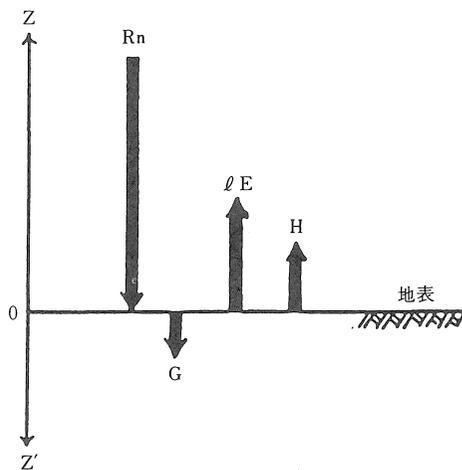
(1)式を1日の平均値として考えるとGはネグリジブルであるから、(3)式のボーエン比(β)を用いると、(1)式から蒸発(散)量の算出式(2)式が得られる。

$$E = \frac{R_n}{\ell(1+\beta)} \dots\dots\dots(2)$$

ここに、

$$\beta = \frac{H}{\ell E} = \frac{C_p K_H (\partial \bar{T} / \partial z)}{\ell K_E (\partial q / \partial z)} \approx 0.5 \frac{(T_2 - T_1)}{(e_2 - e_1)} \dots\dots(3)$$

$$R_n = (1-a)(Q_d + Q_s) - F \dots\dots\dots(4)$$



- R_n : 純放射
- G : 地中熱伝導
- H : 顕熱フラックス
- E : 水蒸気フラックス
- ℓ : 気化の潜熱

図-1 地表面の熱収支

$$F = v - D_0 \dots\dots\dots(5)$$

K_H, K_E:それぞれ熱と水蒸気に対する乱流拡散係数, q:比湿, e:水蒸気圧(mmHg), T:気温(°C), C_p:空気の定圧比熱(0.24cal/g°C), Z:高さ, サフィックス1, 2は2高度のT, eを示す, a:アルベド, Q_d:直達短波放射, Q_s:散乱短波放射, F:有効放射, v:地表面からの放射, D₀:大気放射
したがって、(2)式において、ヨシ植生区と裸地区のそれぞれのR_nとβを比較検討することによって、植生の有無による蒸発(散)量の相違について検討することができる。

Ⅲ. 測定方法

1. ライシメータ：使用したライシメータは大きさが1.8×1.8×2.0 mで、ヨシ植生区と裸地区の2基である。これらのライシメータは山形大学農学部の実験圃場に設置されている。ライシメータには漏水防止を施してあるので、地下部の浸透は0である。土壌は八郎潟中央干拓地の深さ約2 mの生ヘドロである。ヨシ植生区のヨシの播種年月日は1980年7月24日である。

2. 気象要素の測定：日射量，純放射量，アルベド，気温および地温などの気象要素は1980年9月15日から10月5日までの期間の快晴日に、表一に示す各測定器を用いて測定を行った。

3. 減水深および地下水位の測定：ライシメータのコーナーの1つに、約1.5 mの測水管を約1.3 mの深さに埋設し、水深を3.9 cmにセットして、1980年9月17日から10月20日まで、1日2回(朝・夕)、地表面から水面(地下水面)までの深さをスケールで直接測定した。

表一 気象要素と測定器

気象要素	測定器
日射量・アルベド	農試型日射計
純放射量	ベックマン純放射計
気温	アースマン乾湿計
地温	曲管地中温度計

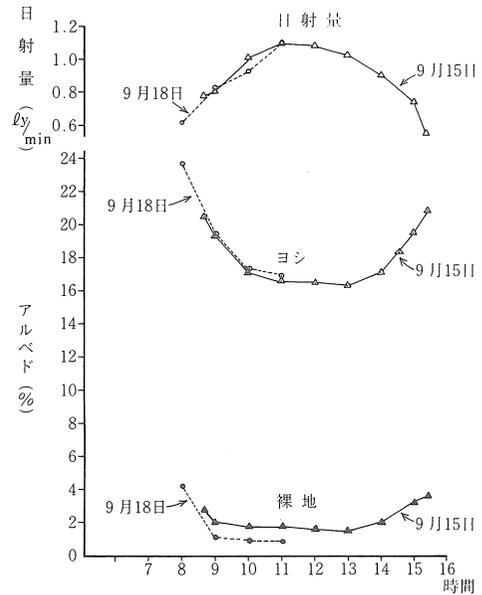
Ⅳ. 測定結果と考察

1. 熱収支による蒸発(散)量の検討

ヨシ植生区と裸地区において、(4)式のアルベド(a)，純放射(R_n)をそれぞれ直接測定して、(2)式の関係を検討する。なお、今後、ヨシ植生区の場合はサフィックスpを、裸地区の場合はサフィックスsをそれぞれつけて検討する。

ヘドロが飽和している裸地面の午前8時から15時までの平均 a_s は2.2%，ヨシの植被面(平均草丈50.2 cm，写真1)の平均 a_p は同様に18.3%であった(図一2)から、全短波放射量は裸地面に比して、植被面の方が少ない。したがって、(4)式の右辺第一項は裸地面>植被面となる。

一方、(5)式において、大気放射(D_0)は両区で等しいから、 F_s および F_p は裸地面および植被面の表面温度によってきまる。図一3に示すように、裸地面の日平均温度(0 cmの地温)は17.2℃であり、植被面の日平均温



図一2 裸地面と植被面(ヨシ)におけるアルベドの時間変化(ライシメータ，1980年)

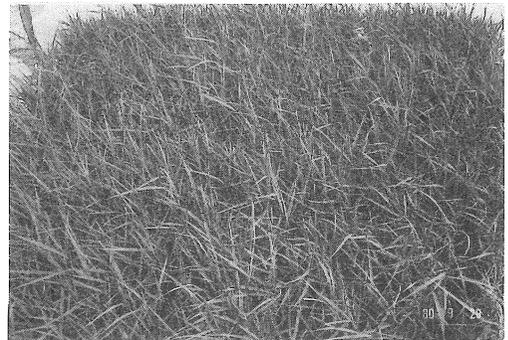
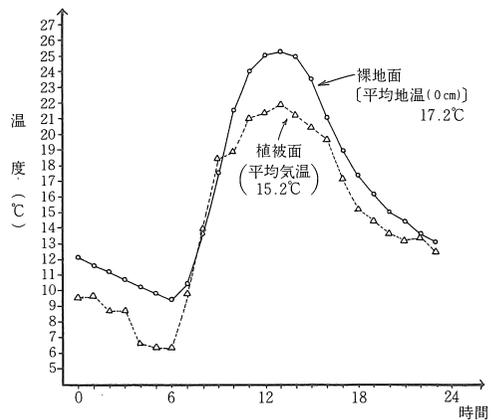


写真1 ライシメータのヨシ(1980年9月29日)



図一3 裸地面(—○—)と植被面(…△…)の温度の時間変化(1980年10月4日，快晴)

度(植被面直上部の気温)は15.2℃である。このように、裸地面の温度は植被面の温度よりも2℃高いから、 $F_s > F_p$ となる。

また、 R_n は水田植被面上での観測結果¹⁾によると、 $(Q_d + Q_s)$ の方向係数である $(1-a)$ によって左右される。したがって、 $(-F_s) < (-F_p)$ ではあるが、 R_{np} と R_{ns} の大小は主として、 $(1-a)(Q_d + Q_s)$ で決まるから、 $R_{ns} > R_{np}$ となる。

R_{ns} と R_{np} の実測値を示すと表-2になる。 R_{ns} と R_{np} の日中(6時から17時まで)の差は18lyで、 R_{ns} は R_{np} に較べると約8%多いことがわかる。 R_{ns} 、 R_{np} および $(Q_d + Q_s)$ の時間変化(図-4)を詳細にみると、日中には $R_{ns} > R_{np}$ で、夜間には $(-R_{ns}) > (-R_{np})$ であるから、この8%の数値は若干小さくなる[10月4日の場合(図-4)には R_{ns} と R_{np} の差は約7.7%となっている]ことがわかる。

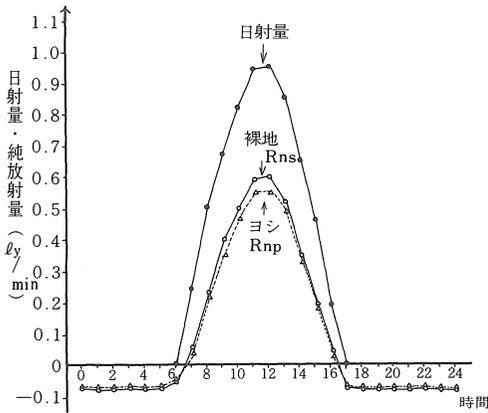


図-4 裸地面(—○—)と植被面(ヨシ, …△…)の純放射量の時間変化(ライシメータ, 1980年10月4日)

(2)式で $\beta_s \approx \beta_p$ と仮定すると $E_s > E_p$ となる。つまり、熱収支の観点から考察すると、裸地区の蒸発量はヨシ植生区の蒸発散量に比して、若干多くならねばならない。

表-2 裸地面と植被面(ヨシ)の純放射量の比較(ライシメータ, 1980年)

地区名/測定月日	9月28日	9月30日	10月2日	10月3日	10月4日	10月5日	平均値
裸地区・ R_{ns} ly/(6時~17時)	210	234	240	222	198	180	214
ヨシ植生区・ R_{np} ly/(6時~17時)	186	216	210	204	186	174	196

このような観点から、八郎潟中央干拓地では裸地の方が日射の吸収がよく、地表排水も順調であり、放任状態(ヨシが密生している状態)よりも乾燥が進むとして、1部裸地化処理が行なわれた²⁾。

2. ヨシ植生区と裸地区の蒸発(散)面積の比較

ヨシ植生区の蒸発散量はヨシ植生の葉面積と密接に関与するから、ヨシ植生区の葉面積を求めて、裸地区の蒸発面積と比較を行った。ライシメータにおけるヨシ植生区のヨシの草丈の生長の様子を示すと図-5になる。また、10月中旬における草丈と葉面積の関係を図-6に、12月初旬におけるヨシの群落構造を図-7にそれぞれ示した。

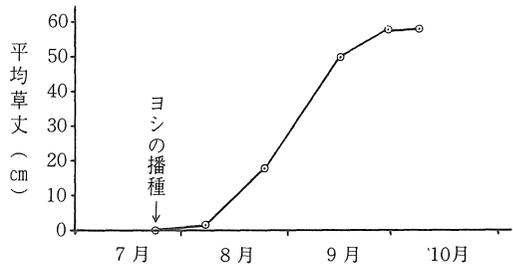


図-5 ヨシの生長(草丈)(ライシメータ, 1980年)

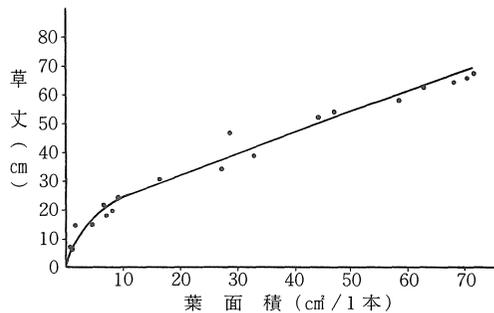
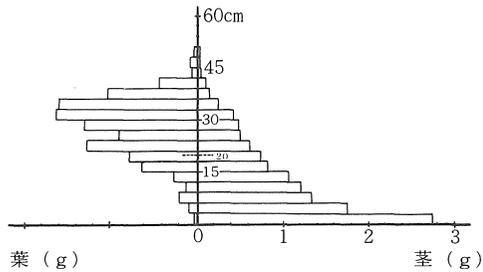


図-6 ヨシの草丈と葉面積の関係(ライシメータ, 1980年10月)但し、葉面積はコピー法によって求めた。



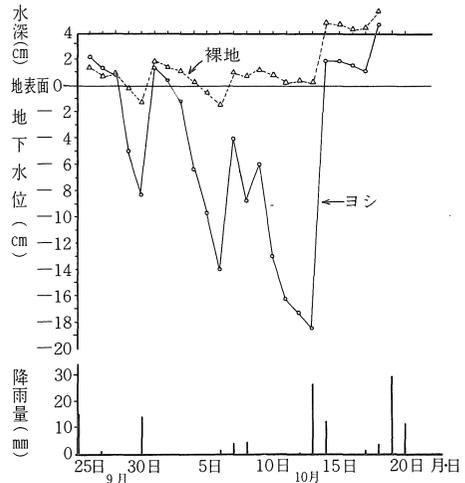
図一七 ヨシ群落の生産構造図(ライシメータ, 1980年12月)但し, コドラート, $20 \times 20 \text{ cm}$ に存在する量, 乾燥重量(g)で示した. 密度 $0.71 \text{ 本}/\text{cm}^2$

いま, 10月初旬のヨシの葉面積を求めると次のようになる. 10月初旬のヨシの平均草丈は 58 cm であるから, この草丈の1本当りの葉面積は図一六から 56 cm^2 となる. 一方, ヨシの草丈が 20 cm 以上の本数は $10 \times 10 \text{ cm}$ のコドラートに42本あった(但し, 草丈が 20 cm 以下の本数は葉面積が小さいので無視する)から, 100 cm^2 の土地面積に対して, ヨシの葉面積は $2,352 \text{ cm}^2$ となる. しかも, ヨシの葉は表と裏に気孔を有しているから, ヨシの蒸散面積は2倍として考えることができる. したがって, ヨシ植生区の蒸散面積は裸地区の蒸散面積に比して圧倒的に多いことがわかる.

次に, 気孔は水分消費に直接関与するから気孔面積について検討する. ヨシの葉の気孔の大きさは表面で長さ 10.2μ , 裏面で 11.2μ であり, 気孔数は単位葉面積(cm^2)当り, 表面・裏面にそれぞれ35,500, 56,100を有している³⁾. いま, 気孔の形を円形と仮定して, 気孔の面積を求めると, 表面では $2.9 \text{ mm}^2/\text{cm}^2$, 裏面では $5.5 \text{ mm}^2/\text{cm}^2$ となる. したがって, 気孔の面積は表・裏の面積を合計すると 199.7 cm^2 となり, 100 cm^2 の土地面積に対して約2倍となる. したがって, ヨシは $1.8 \text{ m} \times 1.8 \text{ m}$ のライシメータ内に, ほぼ一様に生育している(写真1)から, ヨシ植生区の気孔面積は裸地区の蒸散面積の約2倍であるといえよう.

3. ヨシ植生区と裸地区における減水深および地下水位低下の比較

ライシメータには漏水防止を施してあるので, 地下部の浸透は0である. したがって, ヨシ植生区の減水深はヨシの蒸発散量を意味し, 裸地区の減水深は水面(裸地)からの蒸発散量を意味する. 連続干天時におけるヨシ植生区の減水深は裸地区の減水深に比較して1.6倍であった(ライシメータ)⁴⁾. この点をより一層明確にするため



図一八 裸地区(…△…)とヨシ植生区(—○—)における減水深および地下水位低下の比較(ライシメータ, 1980年)

に, ライシメータにおいてヨシ植生区と裸地区の減水深および地下水位低下の測定を同時に行った. 図一八はこの測定結果を示したものである. 図一八から明らかなように, ヨシ植生区は裸地区に比較して, 地下水位の低下が大きく, その比は平均3.9倍である. このように, ヨシ植生区はヨシによる地下水位低下の効果が極めて大きいことがわかる. このことは八郎潟中央干拓地のヨシ植生区と火入れ裸地区において観測された地下水位低下速度の相違⁵⁾とよく符号するものである.

V. ま と め

裸地区(飽和状態)の蒸発量はヨシ植生区の蒸発散量に比して, 熱収支的には若干多くならねばならない. しかし, ヨシ植生区の方は①, ヨシの根(地下茎)が地表面下に深く伸びて, 地下水を汲み出す作用をすること, ②, 葉の水消費の大部分が気孔蒸散と表皮からのクチクラ蒸散との合計としてとらえられること³⁾, などから, ヘドロ地盤の脱水・乾燥には葉面積(蒸散面積)の多いヨシ植生区の方が, 裸地区に比して極めて有利であり, その効果が大きい. したがって, ヘドロ地盤の乾燥促進にはヨシを利用することが極めて有効であることがわかった.

引用文献

- 1) 蒸発散研究グループ(1967): 水田の放射状態について

- て. 農業気象 22(3), 97-102
- 2) 農業土木学会 (1977) : 八郎潟新農村建設事業誌, 1-992
- 3) 牛島忠広 (1972) : 水の交換と輸送, 「植物生理学講座」5, 朝倉書店, 112-152
- 4) 神尾 彪 (1986) : 植生による干拓地ヘドロ土層の改良に関する研究. 山形大学紀要 (農学) 10(1), 1-99
- 5) 神尾 彪 (1980) : ヘドロ地盤の乾燥に及ぼすヨシの効果. 農土論集 85, 1-10

Summary

Evapotranspiration and ground-water level of *Phragmites communis* plants plot were measured in lysimeter of the third month after sowing the seeds of *P. communis* in July 24, 1980.

The results obtained are as follows.

1. The evapotranspiration in *P. communis* plants plot is very large compared with that in bare soil plot.
2. The ground-water level in *P. communis* plants plot lowered when compared with that in bare soil plot remarkably. Therefore, the drying of the ground in *P. communis* plants plot progressed rapidly.
3. Introduction of *P. communis* to polder may be an effective means of desiccating muddy soil, because active transpiration of *P. communis* plants can reduce soil water in the lower layers of the ground.