

レポートについてのコメントと補足資料
2004 年度 水文科学野外実験 A
「菅平地域の水文科学 湿地，草原，アカマツ林」

(カラーで見たい人は http://www.first.tsukuba.ac.jp/~msugita/junken_sugadaira.html に pdf 版があります)

(1) 全体に関して

- 成績について．基本的に実験にちゃんと参加してレポートを提出していれば A がつきます．とはいえ，レポートの内容には良くできている物から抜けが見られる物までいろいろありますので，コメントと同時に草原・森林の部分は飯田先生が A-C の個別の判定をつけています．湿地の部分は田瀬先生のコメントと一部の人には個別の判定がついています．直接大学の成績には関係ありませんが，今後レポートをまとめる際の参考にしてください．
- 今回の野外実験は，予想外に盛りだくさんになり，レポートをまとめるのが大変だったと思います．(実は，この様な野外実験を準備する場合，雨が降っても，晴れてもやることのあるように教材を用意するんですが，今回はたまたま両方とも出来てしまったので，結果的に大変豊富な内容になりました．) そういう意味で，大変だったと思いますが，参加費以上の価値があったと思ってもらえると良いと思います．
- また，水文科学の授業の前に実験があったため，内容的に完全に理解できていないところが多いのは，致し方ない点です．逆に授業の内容の理解には役に立ったのではないかともあります．このレポート返却の頃には，授業をほぼ一通り取り終わっていることになりますので，レポートの個別につけたコメントを見て，再度授業で得た知識を元に，見直してみてください．
- 行った実験に関して，以下，幾つかコメントをつけてあります．参考にしてください．

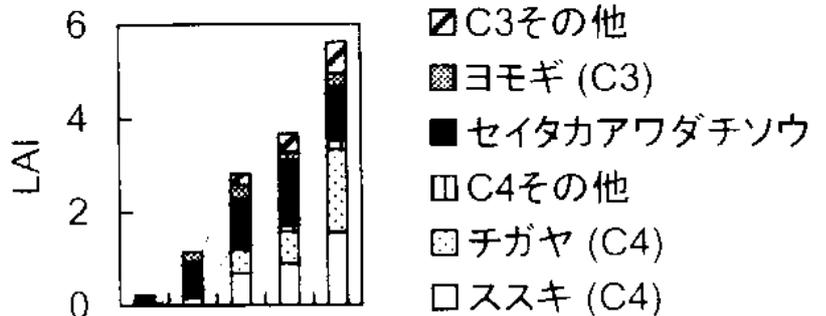


図1 筑波大学陸域環境センターの草原における LAI の季節変化 2002 年．左から 4/17, 5/23, 6/28, 8/6, 9/13 の測定値(莫ほか, 2003)



図2 筑波大学陸域環境センターの草原の様子. 2002 年 8/21 撮影．

<http://www.suiri.tsukuba.ac.jp/hojyo/2002pic.ht>

(2) LAI の測定は何に役立つか．(杉田)

- 今回の調査で，菅平の草原の LAI がススキ 3-6 程度，その他が 0.6-1.6 程度であることが分かった．この値は，他の草原と比較するとき役に立つ．例えば図 1 は陸域環境研究センタ

—(TERC)の草原の LAI の季節変化である．これを見ると8月頃の草の量としては，両者は似たような物であることがわかる．実際，写真で見てもその様な印象をもつ．ただし，植物の違いがある点に注意．TERC 草原ではススキは 1/3 程度しかなく，その点で菅平と全く異なる．

- 一方，乾燥地域や放牧の行われている所に行くとなると全く草原の様子が異なる．LAI も高々 0.5 位にしかならない．(図 3) この様な比較に LAI やバイオマス量の測定が重要．
- 最後に，測定は結構面倒であったが，こういうデータを積み重ねていくと実は衛星から LAI が推定できるようになります．地球上の LAI の分布図というのが作れるわけです (図 4) ．

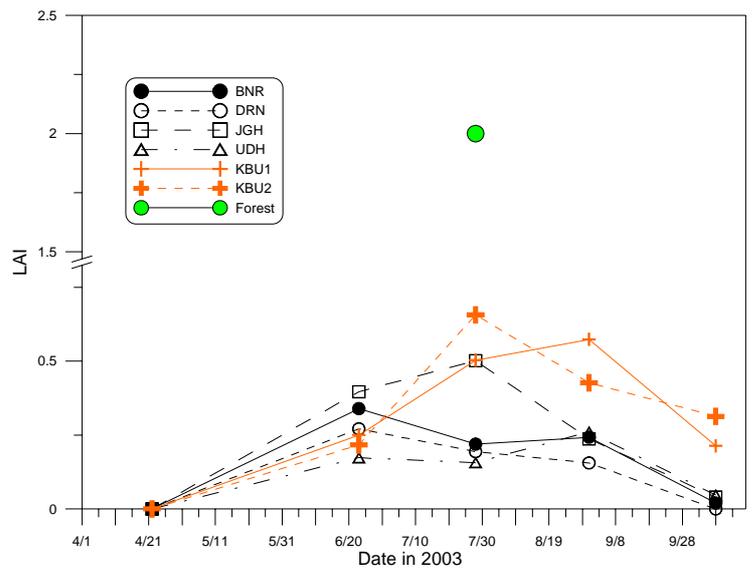
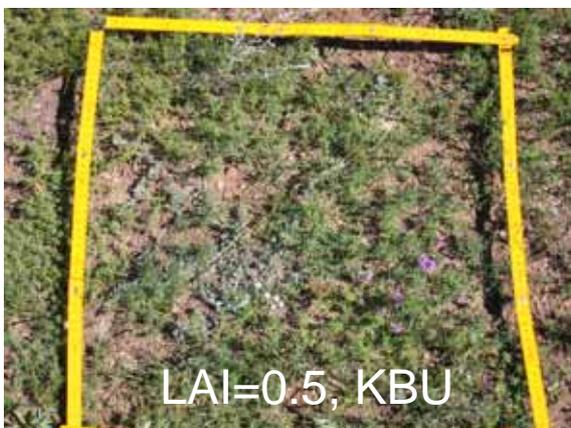
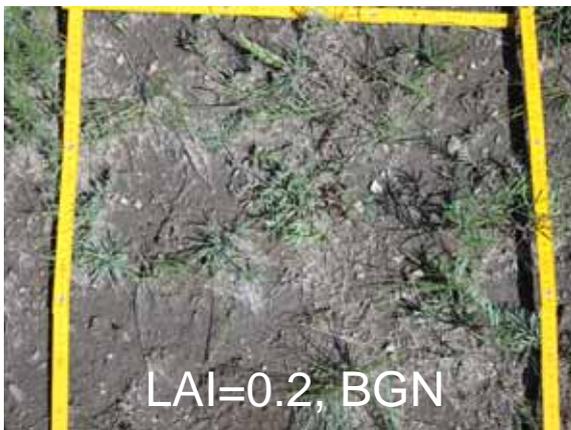
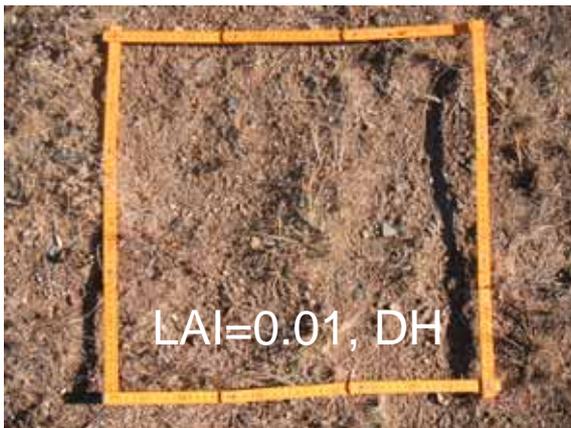


図 3 乾燥地域 (モンゴル国) の草原の LAI の季節変化 (上) と植生の様子 (左) . 一つだけ大きいのは森林の値 .

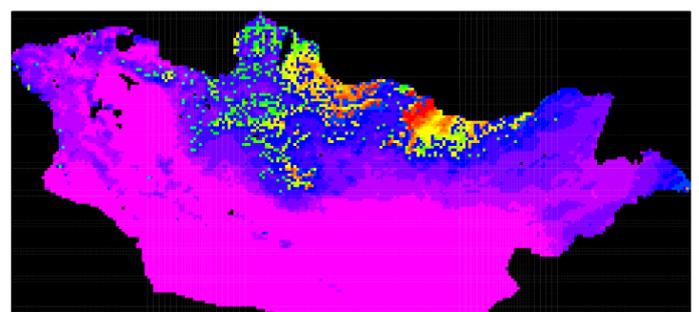


図 4 衛星から求めた LAI の分布図の例 (モンゴル国) 青い所が LAI の高いところ (森林) . 赤っぽいところが草原，砂漠など LAI の低いところ

(3) 遮断量測定 (飯田・杉田)

実験中にも述べたが、林外雨の 30%ほどが遮断されるのは、かなり多めである (日本の代表的な値は概ね 10-20% (塚本, 1992*)). 陸域環境センターでの 1 年間の測定データの図に今回の測定値をプロットすると (図 5), 林内雨・樹幹流共に相対的に小さな値となっている。そこで、樹幹流が過小評価された理由を考慮すると、以下の 3 点が考えられる: (1) 樹幹流を測定するアカマツ供試木の個体数が少なかったこと, (2) アカマツ以外の樹木で樹幹流を測定していないこと (一般的に広葉樹の方が針葉樹より樹幹流は多い), (3) 樹幹流サンプラー設置時にシリコンシーラントが不足し一部の樹幹流が測定されなかった可能性があること, である。一方、林内雨が過小評価された原因として、林内雨量計の数が少なく、正確な平均値が得られなかった可能性が考えられる。林内雨に限らず、ランダムな分布形態を持つ量を正確に測定する場合には、統計学に基づいて誤差を評価する必要があり、以下の式が用いられる。

$$n = \left(\frac{t_{(\alpha, n-1)} \cdot \sigma}{\varepsilon} \right)^2$$

ここで、 n は林内雨量計の数、 t は student の t 値 (α : 信頼区間, $n - 1$: 自由度), σ は全林内雨量計で測定された値の標準偏差、 ε は許容する誤差の量である。Rodrigo & Àvila (2001)** によれば、地中海のトキワガシ林では概ね 25 個以上の林内雨量計を用いれば、信頼区間 95% で誤差率を 5% 以下に抑えることができると報告されている。

**塚本良則 編 (1992): 「森林水文学」. 分永堂出版, 319p.

* Rodrigo and Àvila (2001): Influence of sampling size in the estimation of mean throughfall in two Mediterranean holm oak forests. *Journal of Hydrology*, **243**, 216-227. (筑波大学中央図書館のホームページ内の電子ジャーナルから pdf ファイルとして無料で閲覧・印刷できます)

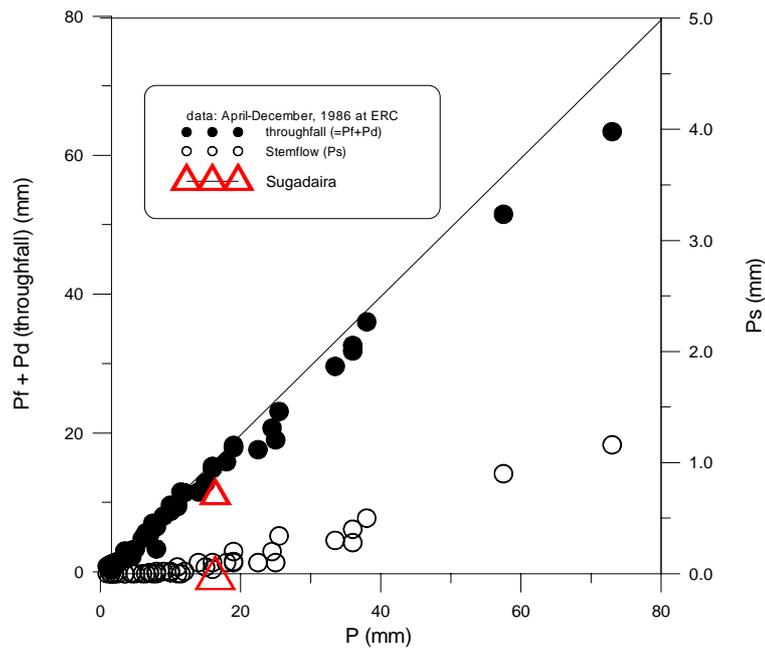


図 5 遮断測定・陸域センターアカマツ林の値 (と) に対して、今回の菅平での測定値 () をプロットしたもの

(4)ポロメータ観測による個葉蒸散量を群落蒸散量へスケールアップする際の問題点(文責：飯田)

ポロメータによる個葉蒸散量の測定を，ススキとその他の草本の陽葉，陰葉について行った．得られた観測値は，個葉の単位葉面積あたりの蒸散量 (tr) であるため，以下の式で群落蒸散量 (TR) へスケールアップを行った．

$$TR = TR_S + TR_O = (tr_S \times LAI_S) + (tr_O \times LAI_O) \quad (1)$$

ここで添え字の「S」はススキを，「O」はその他の草本（主にヤマハギ）を示す．巡検二日目の8月29日は，刈り取り調査によって得られたススキとその他の全層 LAI を1式に代入した結果， TR が熱収支・渦相関法によって得られた蒸発散量 (ET) を上回る結果となった． ET は TR のほかに，地面蒸発量を含み，本来は $TR < ET$ となるはずであるため，何らかの原因で TR が過大評価されている可能性が考えられる．

ポロメータで測定を行った植生の部位は，概ね大気にさらされ，蒸散が生じやすい．8月29日に測定した LAI は地表面上に存在するすべての部位を含んでいるため，実際には蒸散にあまり寄与しない部位まで葉面積を過大に見積もり，その結果 TR の過大評価の要因となっていることが考えられた．そこで巡検三日目の30日には，鉛直方向に20cm刻みで LAI の高度別刈り取り調査を行い， LAI の高度プロファイルを把握した．そして，この結果得られた上3層 LAI_S を用いて， TR を再計算したが， TR の過大評価はそれほど改善されなかった(図6)．以上が，巡検中に行った解析の概略である．以下に，その後，解析を追加し若干の考察を加えたので，追加記述する．

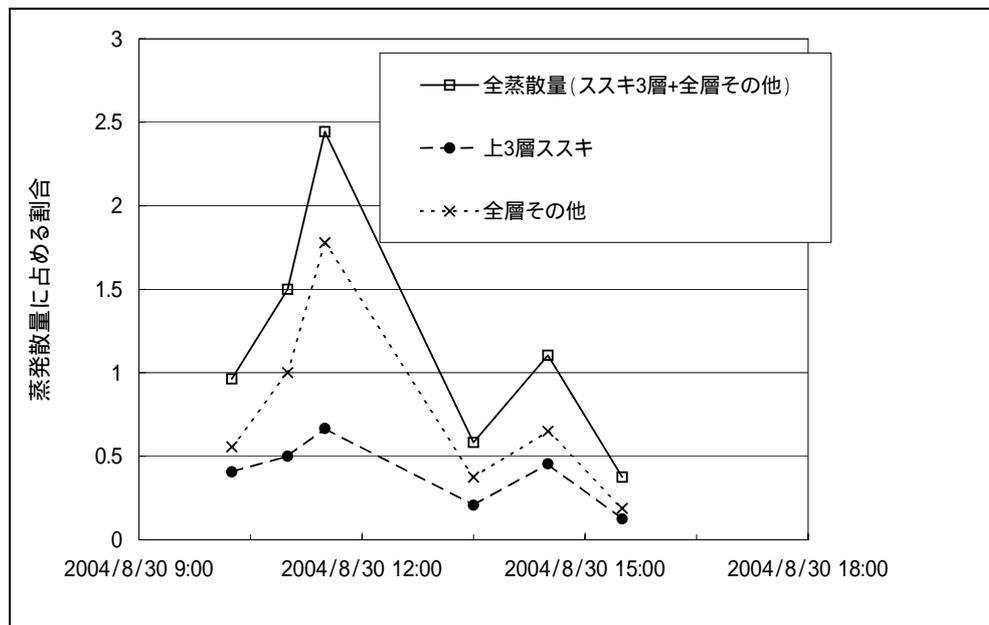


図6 蒸発散量に占めるススキ，その他の草本の割合

改めて図6を見ると，上3層 LAI_S を使用したススキの蒸散量 (TR_S) が蒸発散量 (ET) に占める割合は1を下回っており， LAI の高度別評価の効果が現れている．しかしながら，その他の草本の蒸散量 (TR_O) が ET に占める割合は1を上回っていることが分かる．すべ

ての植生調査の結果から ,全層 LAI_0 の平均値は 1.06 であり ,これは全層 LAI_S の平均値 4.09
 のおよそ 25% に過ぎない . それにも関わらず , TR_0 は ET を上回る場合がある (図 6) . し
 たがって , その他の草本についても , 高度別の LAI の評価を行い効果的に蒸散している部
 位を評価する必要があると考えられる . 30 日に行った 2 地点の LAI 調査で , 上 3 層に相当
 する部位にその他の草本の葉が確認されたのは 1 地点のみであり , その値は 0.5 であった .
 上 3 層 LAI_0 の平均値として 2 地点の平均 $(0+0.5)/2=0.25$ を用いると , 全層 LAI_0 の平均値 (30
 日に測定した 2 地点の全層 LAI_0 の平均 ; 1.09) に占める割合は 0.229 である . この割合が
 草原全体でその他の草本について成り立つと仮定すると , 全層 LAI_0 の平均値 1.06 から , 上
 3 層 LAI_0 は 0.24 と求まる . この値を用いて TR_0 と TR を再計算した結果 , ほぼすべてのケ
 ースで $TR < ET$ となった (図 7) . たとえ全層 LAI_0 が全層 LAI_S の 25% であったとしても , 個
 葉レベルの蒸散量 tr_0 は tr_S より大きいため , 慎重な取り扱いが必要である .

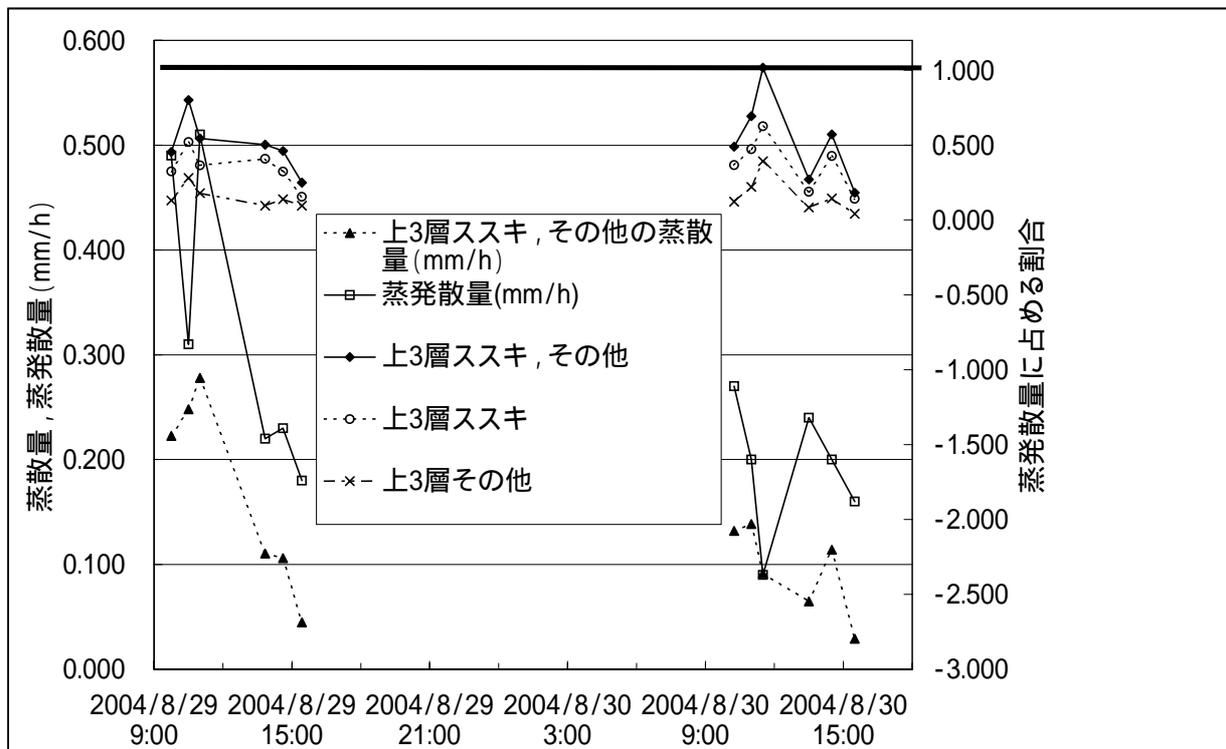


図 7 ススキ , その他の草本について上 3 層の LAI を考慮した場合の
 蒸散量と蒸発散量 .