

草地の水収支

梅田 安治*

Water Balance of Grass Land

Yasuharu Umeda

Faculty of Agriculture, Hokaido University

I はじめに

古来、日本では平坦地、平坦にしうる土地では水田化のための絶大なる努力が続けられて来た。その水田化からとり残された傾斜地などが畑地として用いられた。第2次大戦までの酪農は極めて小規模であったが、戦後急速な発展があり、いわゆる草地と牧草地で70万haに達しようとしている。いま昭和47年度における農用地面積をみると、水田3,312千ha、畑2,371千ha（うち388.8千haが牧草地）、草地288.0千haとなっている。この牧草地も含めて草地の大部分は、地形的、距離的条件などから畑地としてはあまり適さない傾斜地に多く分布している。

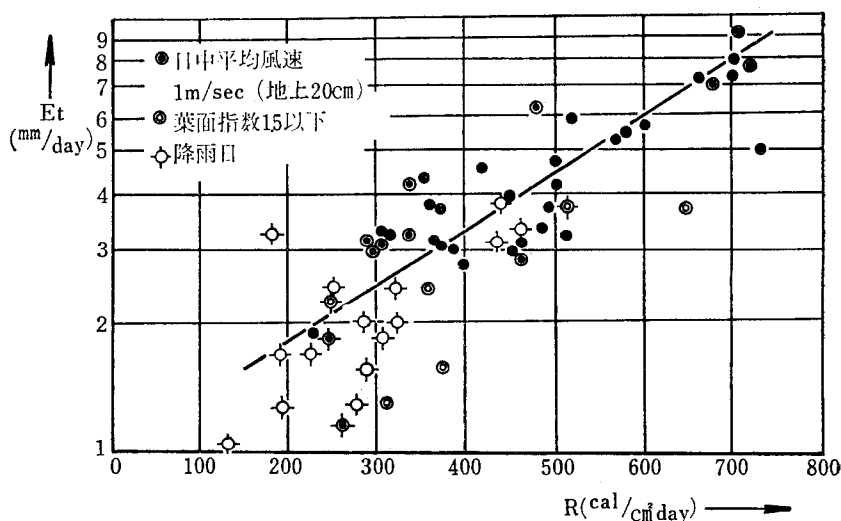
草地の水収支を考えると、草地自体の水の収支、挙動とともに、周辺地域系列（水系）の水収支の中における、その草地部分の役割が大きな問題となるであろう。草地は多くの場合、河川の上流部、源流部に多く分布していることから、そこにおける水収支は、河川の治水・利水に大きな影響を与えることになる。水収支問題における量的把握の手段として、河川の流況に関する研究は多くすすめられている。流出解析として取り上げられているのは、表流水として量的に測定可能な河川流量についてであり、これは実用的にも、河川の洪水時の対策を主とした治水問題解決のために進められてきた。しかし、近年は利水問題として河川の低水流況をも考えるようになってきた。そのメカニズム解明に際しては流域内の貯留が大きな問題点で、土壌条件、植生条件を大きな要素として取扱わなければならない。

草地は傾斜地ということで林地としばしば対比され、また、草地造成の前条件としては林地であることが多いので、立木の有無などによって比較されることが多い。その草地造成による水収支、とくに流況の変化が大きな問題として取りあげられる。

II 草地の蒸発散量

草地の蒸発散量は、気象条件・土壌水分・葉面指数（草種・生育時期など）などによると考えられる。いま、札幌で red clover に十分水分を与えた状態での蒸発散量、すなわち蒸発散能（Potential Evapotranspiration）を測定したのが第1図である。平均して3～4 mm/dayとみてよいであろう。林地と比較すると、一般的には草地の蒸発散量が小さな値を示し、裸地、伐採跡地も小さな値を示している。第1図の値はフローテング・ライシメータで測定したものであるが、草地の蒸発散量の測定法は、一般畑作物と同じように、小面積で可能なものとして、

- 1 フローテング・ライシメータ
- 2 排水式ライシメータ



第1図 日射量と蒸発散量の関係（札幌）

* 北海道大学農学部

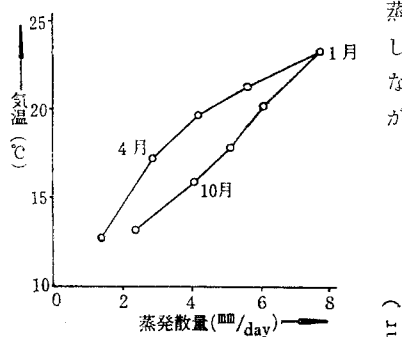
- 3 計量式ライシメータ
- 4 チャンパー法
- 5 トンネル法

などがある。畑地かんがい適用するような、地表面近くに水分の多い状態では、ライシメータ方式で下層土に限界があっても影響はないが、草地のように自然状態で下層土に水分のある状態での蒸発散量を測定するには下層土に制限のないチャンパー法、トンネル法が適している。チャンパー法は蒸発散面積が小さいので、トンネル法が草地の蒸発散量の測定には最も適しているであろう。トンネル法とは、幅約60cm、高さ約80cm長さ約2mのアクリル製のトンネルを草地の上におき、トンネルに風を通し、その入口と出口の水蒸気量の差から蒸発散量を求める方法である。

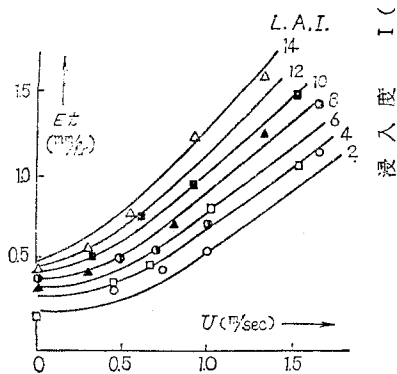
$$E_t = (e_0 - e_i) a \cdot v \cdot 360 \times 10^{-3} / A$$

ここに $e_0, e_i = RH \cdot 0.794P / (1 + 0.0036 \theta)$
 e_0, e_i = 出口, 入口の絶対湿度 (gr/m³)
 a = トンネル内の通風断面積 (m²)
 v = " " 速度 (m/sec)

日射量と蒸発散量の関係は第1図に示したが、蒸発散量と気温の関係は第2図に示す。これは Mc-Ilroy らのデータから求めたものであるが、乾燥地で十分にかんがいられている状態のものである。気温が高くなると蒸発散量が増加し、気温が低くなると蒸発散量が低下すること



第2図 気温と蒸発散量の関係



第3図 風速と蒸発散量

を、また同じ気温では収穫期よりも成長期の方が蒸発散量の多いことを示している。

第3図に蒸発散量と風速の関係を示した。これは風洞実験によるものである。牧草の種類ではなく、葉面指数によって示される。風速がある程度以上大きくなると葉面からの蒸散量が、根茎部からの供給量より多くなり、脱水状態となるため蒸発散量が低下することが知られている。

III 草地の浸透

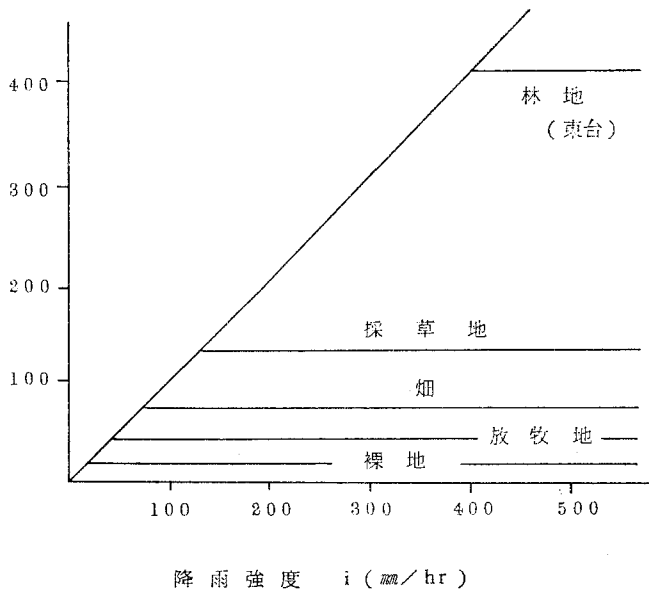
浸透は降雨量・強度・継続時間・土壌水分・透水性・地表の状況などによって支配される。一応最終浸透能にまで達した土の条件の傾斜面で降雨強度を種々変化させて、その浸透と地表面流去との関係についてみると、浸入度 I は、

$$I = ki + (1 - k)I_0 \quad (1)$$

で示される。ここに k = 定数, i = 降雨強度, I_0 = 初期侵入度である。

いま、地表面流去は、その地点で全面的に降雨余剰、すなわち終期浸透能に達しなくとも発生することは判っている。すなわち周辺部分が許容できない程度、浸透能以上に達すると表面流去を生ずるのである。表面流去を考える面積 A は、浸透能 I_0 の部分の面積 a_0 , 浸透能 I_1 の部分 a_1 , 同様に I_2, I_3, \dots, I_n に対する a_2, a_3, \dots, a_n から成り立っていると考えると

$$A = \sum_{r=0}^n a_r$$



第4図

で示される。ここで

$$\alpha = a_0/A$$

$$1 - \alpha = \frac{\sum_{r=1}^n a_r}{A}$$

とすると

$$I = i(1 - \alpha) + \alpha I_0 \quad (2)$$

となる。すなわち浸透能 I_0 の部分の面積が全面積に対する割合として α あり、その他の部分は降雨強度に応じて浸透していることになる。いま、 $\alpha = 1 - k$ とすると(1)式と(2)式は全く同じになる。

侵入度を示す一般式〔(1)式〕の定数 k は浸透能のバラツキ、いいかえると、地表面の植生、土壌状態のバラツキ、微地形など示していると考えられる。

第4図に示したのは、北海道で各土地利用状態の異なる約50点の測定値の平均化した、侵入度と降雨強度の関係を示した。これは傾斜式浸透計で測定したものであり、あくまでも定性的にみるにとどめなければならないが、侵入度は、林地>採草地>畑地>放牧地>裸地の順序になっていて、林地は非常に大きな幅をもっている。この林地を分類する、すなわち、林地を侵入度の大小によって分類する実用的指標となるのは植生、林地の土壌・水分条件などを総括している植生と考えられるが、明確にするためにはデータの蓄積をまたねばならない。また小数例ではあるが、林内放牧地は採草地と畑地の間に相当している。これらに関しては村井宏らの意欲的な研究がある。

IV 草地造成と流出

近年、草地造成の進捗は著しいものがある。それらの大部分は傾斜地、山林を草地化しているものであると言っても過言ではない。山林の草地化が流況に及ぼす影響については明治年間に大論争がなされたことがあったが、その後、資料の蓄積がなされて来たとはいえない。これに類似したものとして山林の伏採前後の流況の変化については多くの研究がなされている。中野によって、これら森林植生の流出に及ぼす影響についてはまとめられている。草地造成は単なる植生の変化(大部分は山林から草地へ)のみでなく、土壌を耕耘することによって、土壌条件にも大きな変化を与えることから、その変化の様相は極めて複雑なものと考えられる。とくに、低水流出についてみるときは、流域内の降水の貯留メカニズムに注目しなければならず、これには土の条件が大きく関与することはあきらかである。これまでの多くの研

究でも、土壌に関する検討をなされているものもあるが、いずれも二義的に取扱われている。今後は土壌条件に関する研究、実用的にはその土壌条件の表現指標の設定が必要である。

多くの研究結果について、山林の立木の有無と流出状況についてみると、立木が伐採されることによって流出量が多くなる事例と少なくなる事例はほぼ同数であり、流況の変化は単に立木の有無ではなく、他の多くの条件に支配されていることは明らかである。

いま、われわれもこれらの問題の解明の緒口をつかむため現地調査を開始している。これは、表にみるように、流域は造成流域と対照流域を設定し、調査期間の前半数年間は、いずれも林地のままで流況調査を行い、後

表

流域		造成流域	対照流域
期間			
前期		林地	林地
後期		草地	林地

半数年は造成流域は草地とし、対照流域は林地のままで対比しようとしている。すなわち前期で両流域の地域特性を見だし、造成流域で前期の林地と後期の草地を対比し、降雨特性は対照流域によって消去しようとする考え方である。

草地化したときの流況を単にピーク流量、高水流量などだけで見るとはならず、蒸発・蒸散・貯留、それに続く流況パターンとして水収支を把握していくことが必要である。

参 考 文 献

- 1) 梅田安治：北海道における畑地用水、用水と営農、No.6 (1973)
- 2) 梅田安治：トンネル型蒸発散測定装置について、農業土木学会講演要旨(昭和43年)
- 3) 村井 宏：例えば、林内放牧が浸透および侵蝕に及ぼす影響、水利科学 No.87 (1972)
- 4) 中野秀章：森林伐および伐跡地の植被変化が流出に及ぼす影響、林試研報(1971)
- 5) 梅田安治、山梨光訓：植生が流況特性に及ぼす影響の調査事例について、農業土木学会北海道部講演要旨(昭和49年)
- 6) 片岡隆四郎：草地開発の水収支への影響、北海道開発局(1974)