

## 重粘土における畑地の水収支

岩間 秀矩\*・塩崎 尚郎\*\*

The Field Water Balance of a Heavy Clayey Soil

Hidenori IWAMA\* and Hiaso SHIOZAKI\*\*

\*Hokkaido National Agricultural Experiment Station

(present address, Tropical Agriculture Research Center)

\*\*Hokkaido National Agricultural Experiment Station

### I はじめに

水収支は大小さまざまなスケールにおいて研究されている。そのうち、特に耕地の根圏における水収支は、作物の養水分吸収、施肥成分の移動と流出などに深くかかわっており、その把握は作物の生育解析のみならず、環境保全の立場からも重要である。

根圏水収支に関連して、近年、土層中における養水分の移動、蒸発散および植物根による水分吸収機作等に関する解析が進められている<sup>1)2)7)8)</sup>。そして、今後、根圏における水分および養分収支の予測は、これらの解析に基づく理論あるいは半理論モデルによるシミュレーション<sup>9)</sup>が研究の主体となってゆくことが予想されている<sup>12)</sup>。

しかし、根圏水収支を実測により実証することは一部ライシメーター等を用いた研究を除いてかなり困難である。加えて、上記モデルの展開に必要なデータは多くの圃場試験において、極めて不完全にしか測定されていない。従って、現状では圃場における水収支の実態に関するデータ、および、水分移動に関わる土壌物理データを蓄積してゆく必要がある。

著者らは北海道に広く分布する重粘土のうち、典型的とされる疑似グライ土（細粒灰色台地土）について、水分特性および排水改良の研究<sup>3)4)10)</sup>を行ってきた。今回はそれらの研究において測定された土壌水分および暗渠流出量データを検討し、その結果、疑似グライ土畑地の水収支の実態と2、3の特徴を明らかにすることが出来、また根圏水収支を気象データより簡易に推定する方法について検討したので報告する。

### II 調査圃場の土壌および水分特性

調査は北海道農業試験場重粘地研究室圃場（紋別市小

向）内の、暗渠排水施工した畑、および草地において行った。圃場は標高10～20mの緩波状海岸段丘上に位置し、土壌は厚さ数m前後に堆積している粘土層を母材とする疑似グライ土である。段丘上の微凹地や緩斜面下半部には、湿潤な水分状況を反映して、表層に腐植が多く集積した暗色表層疑似グライ土が分布している。代表地点の化学性、物理性を表-1に示した。当土壌は表層に腐植の殆どが分布し、表層直下より斑紋を持つち密な灰色粘土層となっている。灰色粘土層は深さ40ないし50cmまでは縦方向の亀裂の発達や根跡の孔隙が認められるが、それ以深では構造発達が微弱で著しくち密な不透水層となっている。水分および養分保持力は表層の機能が支配的であり、下層土のそれは著しく少ない。このような物理性断面を反映して疑似グライ土では過剰水が生じ易く、生じし過剰水は不透水層上に停滞し、さらに、微地形に沿って側方に移動して微凹地等に過湿地を形成する。また、暗渠排水が施工された場合には、暗渠からの流出が早く、ピーク流量も多くなる一方、流出の終息も早く降雨終了後24時間以内に過剰水の流出は殆んど終了する。しかし、その後引き続き不飽和過程の排水性が不良であり、表土のpF値が低く上昇が遅れるという特徴をもっている<sup>4)</sup>。

### III 排水改良された疑似グライ土畑地の水収支

#### 1) 微地形と暗渠流出

疑似グライ土では微地形により過剰水の側方移動が生じ、その結果、場所により暗渠からの流出量が大きく異なる。図-1はその1例で、勾配約100分の3の緩斜面の上位から下位にかけて、深さ約0.8m、間隔8m、長さ10mの暗渠を埋設し、その流出量を測定したものであり、遮水処理前後における測定値を示してある。遮水処理は試験区の周囲に、深さ1mまでビニールシートを埋

註 \*北海道農業試験場（現、熱帯農業研究センター）

\*\* 同 上

め込み、周辺部との水の流入を遮断しようとしたものである。

その結果、遮水処理前では斜面の位置によって流出量は著しく異なり、斜面下部では流出率（流出量/降水量）が300%にもなっていた。一方遮水処理後では流出は全体に等しく、降水量を超えることもないなど、遮水効果が明らかに認められた。即ち、緩斜面に沿う過剰水の

側方移動は深さ1m以内の浅い土層を通して、相当の規模と速度で生じていることが判る。小向疑似グライ土において亀裂の発達した粘土層の側方向の透水性は $10^{-8}$ cm/sec台であると推定されている<sup>4)13)</sup>。

また、この結果からこの試験区のように遮水処理が行われた圃場、あるいは暗渠排水網が整備された結果、圃場周辺部との水の流入が無視出来る圃場では、不透水

表-1 代表断面の理化学性（小向疑似グライ土、草地）

土層別 深さ	項目	粒 径 組 成			全炭素 (%)	PH (H <sub>2</sub> O)	置換容量 (me)	塩飽和 基度 (%)	仮比重	固相率 (vol%)	孔隙分布(pF.vol.%)			現透* 水係 場数
		sand	silt	clay							pF 1.5>	1.5~ 3.0	3.0~ 4.2	
Pgn	cm	%	%	%	%	me	%		vol%	vol%	vol%			
Ap (0~13)		20.6	48.4	31.0	3.08	6.02	20.22	77.0	1,241	46.7	3.8	7.7	20.6	
B <sub>1g</sub> (13~24)		8.6	38.8	52.6	1.06	4.92	20.64	38.3	1,369	50.9	3.0	4.0	8.1	1.2×10 <sup>-4</sup>
B <sub>2g</sub> (24~45)		5.6	22.5	71.9	0.75	4.77	24.07	40.0	1,268	47.1	1.6	4.7	8.2	1.2×10 <sup>-5</sup>
C <sub>1g</sub> (45~73)		18.8	42.6	38.6	0.23	5.09	14.07	57.9	1,524	57.4	1.8	2.5	6.5	4.2×10 <sup>-7</sup>
Pgd														
Ap (0~17)		22.2	38.4	39.4	11.36	5.56	50.85	55.7	0.814	35.0	2.6	10.4	23.5	
B <sub>1g</sub> (17~27)		8.2	44.8	47.0	1.28	4.70	21.10	32.6	1.280	48.6	3.5	4.9	9.9	1.2×10 <sup>-4</sup>
B <sub>2g</sub> (27~50)		15.2	21.8	63.1	0.63	4.57	22.35	38.9	1.185	44.1	2.0	4.0	10.1	1.9×10 <sup>-4</sup>
C <sub>1g</sub> (50~70)		17.6	43.2	39.2	0.22	5.02	14.55	49.6	1.477	54.9	2.1	2.3	8.8	10 <sup>-7</sup> >
C <sub>2g</sub> (70~110)		18.5	40.2	40.6	0.27	5.37	16.56	61.8	1.559	58.0	1.9	2.1	6.6	10 <sup>-7</sup> >

\*現場透水性は Pgn では dry auger hole法, Pgd では auger hole法（それぞれ径：11.5cm）により測定した。（2~4連平均）

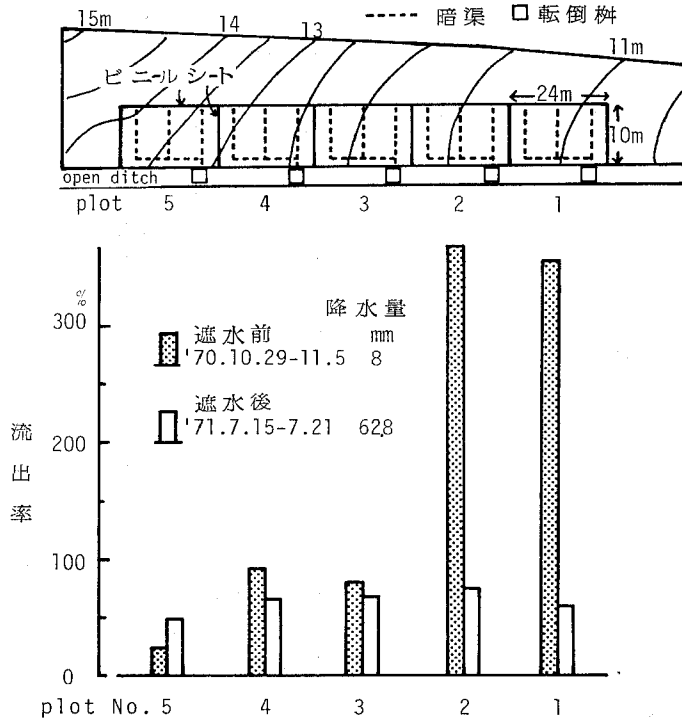


図-1 微地形に伴う暗渠流出量の変化および遮水処理に伴う変化

層の存在により深層浸透量が殆んど無く、そのため過剰水の全てが暗渠流出水として測定可能であるとする水収支式が成り立つことが考えられる。

$$P = Et + D - \Delta S \quad \dots\dots\dots(1)$$

ここで、P：降水量，Et：蒸発散量，D：暗渠流出量， $\Delta S$ ：土壌水分減少量（およそ24時間容水量状態を0とする）である。表面流去水は無視している。

2) 暗渠流出の発生と水収支

ここでは上記遮水処理圃場とは別個に行われた塩塩暗渠性能試験（昭46～昭49,重粘地研究室圃場,飼料用トウモロコシ連作畑）における流出量測定値を主に用いて、流出と水収支の関係を検討した。遮水処理圃場における流出測定は、測定期間が短く、さらに多雨時には流量計の水没が生じるなど誤差が大きく、検討に値するデータは一部のみであった。表-2は暗渠性能試験における処理区別の年間流出率を示したものであるが、1～3区の流出量が平均的であり、前述した暗渠排水網が整備された圃場に該当するものとみなした。なお、暗渠の若干の

性能差は疑似グライ土の流出機作からして、殆んど流出に影響を及ぼさないことが明らかにされている<sup>4)</sup>。

表-2 農耕期間（5月～10月）中における畑地の流出率

plot No.	year			
	1971	1972	1973	1974
1	24.5%	15.6%	26.8%	32.2%
2	17.2%	9.5%	32.1%	23.0%
3	20.0%	12.8%	35.8%	20.3%
4	20.0%	22.9%	59.9%	73.1%
5	65.5%	81.6%	190.2%	161.5%
降水量	453 mm	335 mm	541 mm	259 mm

（デントコーン作付畑）

暗渠流出が水収支式(1)に従って生じていることを、次のようにして検討した。

今、ある程度乾燥が進んだ時点で、降雨があり暗渠流出が生じた場合について、短い降雨期間内の水収支を考

表-3 疑似グライ土の水収支

年次	降雨期間	降雨直前の 積算蒸発量 $\Sigma(E-P)$	降水量 (p)	降雨期間中の 蒸発量 (E)	排水量 (D)	降雨直前の 土壌水分減少量 $\Delta S$
		mm	mm	mm	mm	mm
1971	5/ 4— 5/11	12.5	42.1	7.8	21.6	12.7
	7/10— 7/21	115.6	94.8	14.2	19.7	60.9
	7/27— 7/29	13.2	19.8	5.5	2.3	12.0
	8/13— 8/16	16.4	38.3	4.5	6.3	27.5
	9/12— 9/13	29.4	60.4	6.6	23.0	30.8
	9/26—10/ 1	26.8	43.7	4.8	19.8	19.1
1972	6/ 9— 6/18	117.3	68.7	4.7	8.5	55.2
	6/23— 7/ 1	23.5	33.2	13.6	0.4	19.2
	7/ 7— 7/11	22.5	82.6	1.5	25.9	55.2
	( 6/9— 7/11)	117.3	188.6	71.3	34.8	82.5
	9/15— 9/19	164.1	68.3	4.7	0.8	62.8
	10/ 1—10/15	4.4	67.9	18.2	5.5	80.6
	( 9/15—10/15)	164.1	149.4	39.9	6.3	103.2
1973	5/21— 5/22	33.2	36.2	3.4	5.0	27.3
	5/30— 6/ 1	33.0	58.6	5.5	19.6	33.5
	7/ 4— 7/ 9	85.8	53.8	6.9	10.2	36.7
	7/29— 8/ 8	39.2	104.8	6.4	34.0	64.4
	( 7/ 4— 8/ 8)	85.8	173.8	66.4	44.2	63.3
	8/17— 8/22	34.8	154.0	11.2	80.7	62.1
	8/28— 9/ 4	13.8	103.2	9.1	68.0	26.1
	10/13—10/18	28.2	29.3	1.4	11.5	16.9
1974	5/31— 6/ 2	42.8	41.0	0.2	5.5	35.3
	6/ 6— 6/ 7	11.1	14.2	1.5	1.1	11.6
	6/12— 6/25	12.9	55.2	27.6	6.3	21.3
	8/ 4— 8/26	88.5	139.3	48.0	24.7	66.6
	9/ 3— 9/10	15.6	50.0	7.0	19.6	23.4

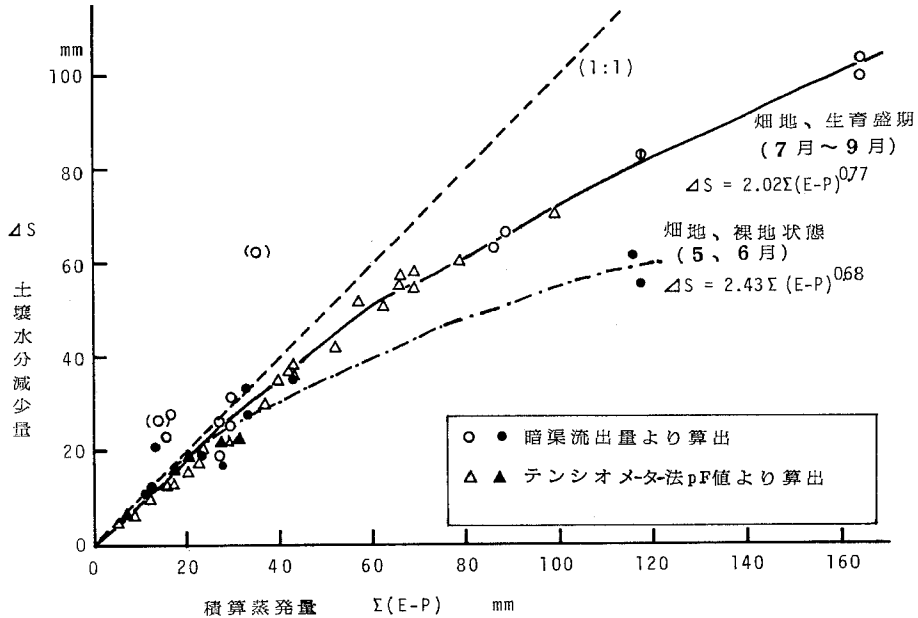


図-2 積算蒸発量と土壌水分減少量

えてみると、降雨量 (P) と流出量 (D) の差は、土壌の降雨直前における乾燥量、即ち土壌水分減少量 (ΔS) にはほぼ等しい。降雨期間中の若干の蒸発散量はその期間中の計器蒸発量 (E\*) で近似出来るとすれば、ΔS 以外の水収支項は全て実測され、ΔS は次式により求まる。

$$\Delta S = P - D - E^* \quad \dots\dots\dots(2)$$

次にこのようにして求められた土壌水分減少量は、対応する乾燥期間における計器蒸発量の積算値と、一定の関係にあることが期待される。ここで積算蒸発量  $\Sigma(E-P)$  は計器蒸発量の積算値から過剰水の発生をみなかった比較的少量の降水量を差し引いたものである。

$\Delta S \sim \Sigma(E-P)$  関係は連続乾燥期間における土壌の乾燥過程を示すものであり、ΔS は蒸発散量の積算値と等しい。蒸発散量と小型計器蒸発量の比率、いわゆる蒸発散比について楠瀬ら<sup>9)</sup> はオホーツク海沿岸の重粘草地では  $0.85 \pm 0.15$  であることを、熱収支法による蒸発散量測定値から認めている。また、著者も疑似グライ土草地において、テンシオメータによる土壌水分減少量の測定から、積算蒸発量 0~50mm の範囲では 0.75~0.85 であり、さらに乾燥が進むと徐々に低下し、積算蒸発量 80~100mm では 0.5 前後となることを認めている。従って、土壌水分減少量は常に積算蒸発量より若干少なく、乾燥が進むに伴いその差が拡がってくることを期待される。

表-3 には(2)式により求めた土壌水分減少量と各水収支項を示し、土壌水分減少量と積算蒸発量の関係を図-2 に示した。図-2 にはさらに、テンシメータ法によ

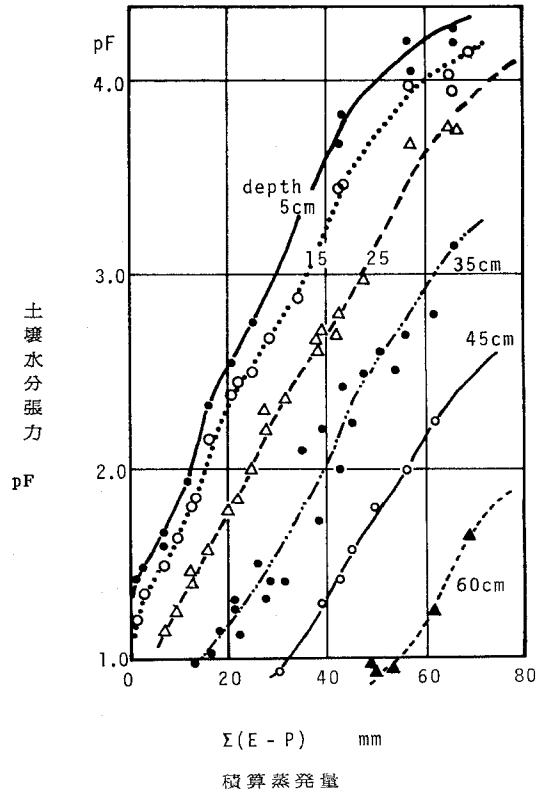


図-3 乾燥過程における土壌水分張力の推移 (草地、疑似グライ土)

り測定した土壌水分減少量と積算蒸発量の関係も図示してある。また、草地の乾燥過程における pF 値の推移(の一例)を図-3に示した。

これらの結果から、図-2にみられるように暗渠流出量から得られた土壌水分減少量値には、いくつかバラツキの大きい値もあるが、テンシオメーター法によるものも含めて、5月～7月上旬の畑が裸地状態にあるとみなせる時期と、7月中旬以降、作物生育が盛んとなる時期の2群に別れる指数曲線の関係が認められた。ここで流出量測定とテンシオメーターによる土壌水分測定という別個の独立した二つの方法により求めた  $\Delta S \sim \sum (E-P)$  関係が、ほぼ同一の関係を示したことは、この関係が実際の土壌の乾燥過程を正しく表現している可能性が大きく、同時に暗渠流出が水収支式<sup>1)</sup>に従って発生していることを意味していると思われる。

次に注目されることは、表-3中、降雨期間を括弧で示した場合のように、その期間内に含まれる2ないし3回の降雨と流出発生事象それぞれについて水収支計算を行うと、積算蒸発量と土壌水分減少量の差が開き過ぎたり、大小関係が逆転するなど矛盾が大きかったものがそれらをまとめてみると矛盾が縮小する事例である。このような事例は土壌が著しく乾燥した後、多量の降雨が

あった時に生じている。従って、この理由として、粘土層の乾燥収縮により、巾の広がった亀裂を、表層にて生じた過剰水が急速に流下し、下層粘土層の飽和を待たずに暗渠に達したものと理解出来る。この現象は流出発生が土層全体の飽和後に生じることを前提としている水収支式に対して、疑似グライ土では、しばしばはずれる流出発生があることを示しているが、同時に、より長期間についてみれば、基本的には水収支式に従って、流出が生じていることを意味している。

また、表-3において  $\Delta S$  と  $\sum (E-P)$  の開きが大きくなっているもう一つの傾向は、比較的土壌が湿っている時に、多量の降雨があった場合である。このような場合疑似グライ土では保水容量が小さく不透水層が浅い位置にあることから、多量の過剰水が発生し、周辺部ととの流出入、表面流去水あるいは転倒樹の測定上限を超える流出等の発生が考えられ、誤差が増大したものと思われる。73年8月17日以降、8月28日以降などの降雨期間がそうした事例と思われる。

### 3) 圃場における水分測定法の問題点

前項では圃場における水分測定値から、定量的な関係を求める試みを行ったが、そこで問題となるのは測定誤差の問題である。誤差には測定原理に関連した測定法の

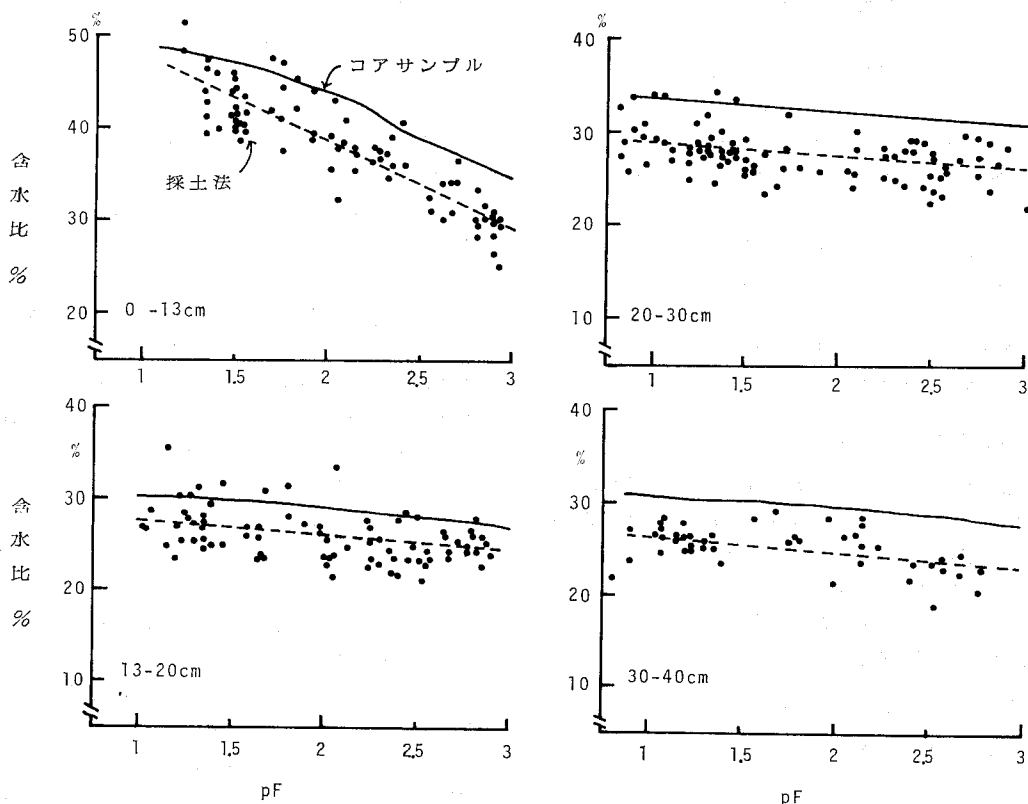


図-4 pF～含水比曲線。コアサンプル～室内測定法とテンシオメーター～採土法の比較

限界に起因するものと、圃場における土壌の不均一性とヒステリシス現象などに起因するものがあるが、後者の要因が極めて大きい。

暗渠流出量の測定において、多量の過剰水が集中的に発生する時には、誤差を生じ易いことを既に述べたが、より基本的には個々の暗渠の集水面積を確定出来ないことがある。

他方、テンシオメーター法による土壌水分吸引圧の測定は、比較的正確で再現性がある。例えば図-3に示した乾燥過程における $\sigma F$ 値の推移は4年間の測定では、かなり再現性の良いことが確かめられた。しかし、 $pF$ 値を土壌水分含量に読み換える際には図-4に示したように既に竹中<sup>11)</sup>より指摘された問題点が生じる。即ち、数個の100ccコアサンプルについて室内測定により得られた平均 $pF$ ～水分曲線と、テンシオメーター測定に平行して圃場で直接採土し、水分含量を測定して得た $pF$ ～水分曲線とは明らかに異なっている。また、採土法による水分含量測定も変動が大き過ぎることも明らかである。そこで著者らはやむなく両法により得られた $pF$ ～水分曲線の勾配( $\Delta W/\Delta pF$ )がほぼ近似していることを根拠として、 $pF$ 変化に伴う水分変化量を室内法によって得られた $pF$ ～水分曲線を用いて、読み換えを行ってきた。その他、疑似グライ土では下層土中の低 $pF$ 域の水の利用および移動についてテンシオメーター測定法では充分正確に把握出来ない等の問題もある。

以上のように圃場における土壌水分の定量的把握には不確定要因がかなり多く含まれている。従って現状では1つの圃場測定法により一つの現象を認めても、その根拠は不充分であり、他の方法による確認を必要とするものといえる。図-2に示された $\Delta S \sim \sum(E-P)$ 関係はその点において信頼度が高いものと思われるが、さらに次節において、この関係を用いて気象データより水収支項を推定し、実測値との対比をすることにより、再度、検証を行うことにする。

#### IV 根圏水収支の推定

前節で得られた土壌水分減少量( $\Delta S$ )と、積算蒸発量 $\{\sum(E-P)\}$ の関係を用いて、気象データ(降水量および計器蒸発量)から、土壌水分減少量と暗渠流出量( $D$ )を推定することを試みた。

図-2の関係を次の指数回帰式により表わした。

裸地圃場に相当する式として、

$$\Delta S = 2.43 \{\sum(E-P)\}^{0.88} \dots\dots\dots(3)$$

作物の生育盛期における畑および草地に相当する式として、

$$\Delta S = 2.02 \{\sum(E-P)\}^{0.77} \dots\dots\dots(4)$$

両式共に $r^2=0.88$ である。降水量および蒸発量は半旬毎の集計値を用いた。その理由として計算の簡略化の他に、(ア)降雨および排水過程は2~3日を一単位として発生することが多いこと、(イ)少量の降雨は地表面あるいは植被上に留まり、直ちに蒸発に使われるものと考えられるが、(3)、(4)式が現わす関係は連続乾燥過程におけるものである。従って、乾燥がかなり進んでいる時に、表層に少量の水分が補給された場合には、その後2、3日間の土壌水分減少量(蒸発散量)を過小評価することになる。そこで、半旬毎の降水量と蒸発量の差を入力データとして用いることは、乾燥時における蒸発散量の過小評価を補正する方向に作用するものと考えられる等である。

水収支計算の手順は次のとおりである。

- i) 融雪あるいは多量の降雨直後のように、 $\Delta S=0$ とすることが出来る時点から計算を開始する。
- iii) 当該半旬において $E > P$ の場合、乾燥は引き続いて進む。即ち、 $\{\text{新しい} \sum(E-P)\} = \{\text{前半旬までの} \sum(E-P)\} + \{\text{当該半旬の}(E-P)\}$ となる。新しい $\sum(E-P)$ 値を(3)あるいは(4)式に代入し、新しい $\Delta S$ 値を求める。流出量は当然0である。
- iii)  $P > E$ 、但し、 $\Delta S > (P-E)$ の場合、 $(\text{新しい} \Delta S) = (\text{前半旬の} \Delta S) - \{\text{当該半旬の}(P-E)\}$ となり、新しい $\Delta S$ に対応する積算蒸発量値を(3)、(4)式を逆算して求める。流出量は0。
- iv)  $P > E$ 、かつ、 $\Delta S < (P-E)$ の場合、  
暗渠流出量( $D$ ) =  $(P-E) - \Delta S$   
となり、 $\Delta S=0$ 、 $\sum(E-P)=0$ となつて次半旬の計算に進む。

この水収支モデルは土壌の有効水分含量、毛管伝導性根系分布、吸水パターンおよび植被率等の諸要因を、唯一つの $\Delta S \sim \sum(E-P)$ 曲線にすべて集約している全く経験的なものである。従って、それらの要因が変化する毎に $\Delta S \sim \sum(E-P)$ 関係を実測しなければならない。また、表面流去水の発生を考慮していない等の限界がある。なお筆者らは蒸発散能の指標として、計器(小型)蒸発量を用いたが、Penman式、他による $E_p$ (Potencial Evaporatipn)等を用いることも充分可能である。

次に、以上の方法による水収支の推定結果と実測データとの対応をみることにする。

水収支の計算は暗渠流出量の測定が行われた1971年~74年におけるトウモロコシ畑を想定して行った。即ち、計算を開始する5月1日は融雪後間もないことから充分湿潤であつて $\Delta S=0$ と設定出来る。また、5月から7月上旬にかけては裸地状態に対応する(3)式を用い、以後9

月末まで(4)式を用いることとした。図-5は暗渠流出量の推定値と実測値との対応を示しているが、推定値が若干多目となるものが多い。そのうち流出量の多い二点(カッコで示す)は、既に述べたように、湿潤時に多量

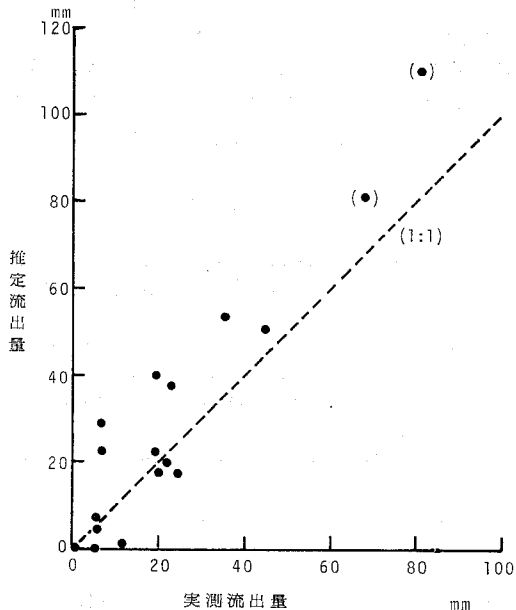


図-5 暗渠流出量, 推定値と実測値の比較

の降雨があった事例である。図-6は排水量測定を行ったトウモロコン畑における深さ30cmのpF値の推移と、土壌水分減少量推定値の対応をみたものである。その結果、pF値の上下変動と $\Delta S$ 値の変動は全体としてかなり良く対応している。さらに図-3において認められる積算蒸発量と各深さのpF値との関係、例えば、深さ30cm付近のpF値がpF2.7に達するのは積算蒸発量が50mm近く(従って土壌水分減少量にして40~45mm)になった場合であるという関係が、図-6においても成立していることが認められる。

以上の結果から、ここで試みた重粘土畑地水収支の推定法によって、暗渠流出量を精度良く推定することはやや困難であるが、排水事象の発生とその程度、および土壌水分変動の概略を推定出来ることが認められた。また同時に、水収支推定に用いた(1)~(4)式の関係は、実際の重粘土畑地において成立していることが裏付けられたといえる。

実測された $\Delta S \sim \Sigma(E - P)$  関係を用いて根圏水収支を推定することは、疑似グライ土以外の透水性の良い土壌についても充分可能と考えられる。

著者の一人<sup>4)</sup>は透水性が比較的良好な酸性褐色森林土における牧草かんがい試験について上記水収支計算を行ない、2mm/日を越えるかん水量は(冷)湿期に下層浸

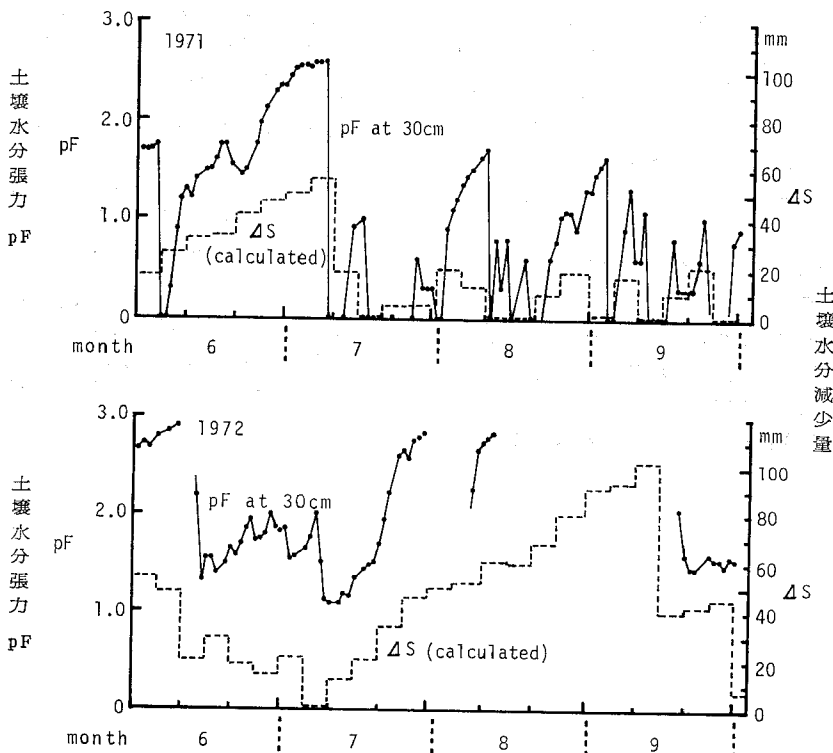


図-6 畑地における土壌水分の変動と推定土壌水分減少量

透損失水の増大と養分溶脱を生じ易いことを明らかにした。また、糞尿スラリーの草地への散布を行なう時期に関連して、晩秋および早春時は土壤水分がほぼ飽和に近く、流出が生じ易い。従って、スラリー散布の時期、散布方法については、環境保全の面からも検討する必要性のあることを、水収支の検討から明らかにした。

## Ⅴ 要 約

北海道北部地域の段丘上に広く分布している重粘土の中でも、典型的とされている疑似グライ土について、暗渠流出量および土壤水分変動の測定から、その水収支の特徴を明らかにしようとした。得られた結論は次の通りである。

1) 疑似グライ土は保水容量が小さく、不透水層が浅い位置にあるため、停滞水が生じ易く、かつ僅かな高低差によってその水分環境が著しく変化する。しかし、暗渠排水網が整備された畑、草地では、周辺部との流入が無く、また、下層浸透が無視され、過剰水のすべてが暗渠流出量(D)として測定可能とする水収支式の成立が予想され、実際にも、暗渠流出あるいは土壤水分変動が水収支式に従って生じていることが確認された。

$$\text{水収支式 } P = Et + D - \Delta S$$

ここでP:降水量, Et:蒸発散量,  $\Delta S$ :土壤水分減出量である。

2) 著しい乾燥後にやや多量の降雨があった場合には水収支式に従わない流出が生じることがある。これは疑似グライ土下層土の柱状亀裂が乾燥時に拡張され、表層にて生じた過剰水が、急速に流下して暗渠に達したことによると考えられる。このような場合、次回あるいは次々回の流出発生と併せて計算すれば、水収支式が成立することが認められた。

3) 土壤水分減少量と積算蒸発量の関係は暗渠流出量を測定して水収支より求める方法と、テンシオメーターで測定して土壤水分を求める方法の二法により求めたが両法による関係はほぼ一致し、水収支式の成立がさらに確認された。また、この関係式を用いて気象データから根圏水収支の推定を試み、これが流出発生および土壤水

分変動の大略を推測する簡便法として用い得ることを示した。

## 謝 辞

本研究を行うに際し、石井和夫重粘地研究室長(現、東北農試)の御指導をいただき、また、三宅正紀氏(熱帯農業研究センター)および、古畑 哲氏(農業技術研究所)には本稿をまとめるに際し、貴重なご助言をいただいた。以上の諸氏に心から御礼申し上げます。

## 引 用 文 献

- 1) 例えば井上隆弘・三輪裕太郎(1980):土壤中のイオン移動現象への化学的接近法と物理的諸問題,土壤の物理性,41号,25~35.
- 2) 石田朋靖・中野政詩(1981):土壤~植物~大気系における土壤水分消費の動態,農土論集,92号,26~34.
- 3) 石井和夫(1973):重粘性土壤地帯における水分問題,北海道農試研究資料,1,125~141.
- 4) 岩間秀矩(1980):疑似グライ土の水分環境と排水の特徴,ペドロジスト,24,144~156.
- 5) 岩間秀矩・他(1982):寒冷地域における重粘土草地のかんがい(第II報)一少量かん水の効果について一,農土誌(投稿中).
- 6) 楠瀬昌彦・石黒忠之(1968):重粘草地の微気象特性,北海道農試報,92号,54~61.
- 7) Newman, E. I. (1974): Root and Soil Water Relations, in "The Plant Root and its Environment" ed. E. W. Carson. pp. 363~440. University Press of Virginia.
- 8) 佐久間敏雄・他(1975):畑地における水分および熱の動態(第2報),土肥誌,46,514~520.
- 9) 例えば佐久間敏雄(1981):粘土質畑土壌の水・熱収支モデル,日土肥学会講要,27,4.
- 10) 塩崎尚郎・他2名(1971):重粘性土壤に対する心土破砕の効果,北海道農試農事研究資料, No. 129, 1~23.
- 11) 竹中 肇(1963):畑地の水分動態についての一考察,土肥誌,35,260~264.
- 12) 寺沢四郎(1980):土壤水に関する最近の研究の進歩について,第10回畑地かんがい研究会資料.
- 13) 山崎不二夫・他(1962):北海道小向の重粘地の暗渠排水における心土亀裂の役割,農土研,30,8,427~434.



## Summary

The field water balance of a pseudogley soil was studied during 4 seasons from 1971 to 1974. The results are as follows,

1) Fields with the pseudogley soil are poorly drained due to the presence of an impermeable layer of a depth less than 1 meter from the soil surface and to the considerable variations of the micro-relief. For agricultural use of a pseudogley soil drainage is indispensable. When drainage is effective the field water balance equation is as follows :

$$P = Et + D - \Delta S$$

where P is the amount of precipitation, Et is the amount of evapotranspiration, D is the drain discharge and  $\Delta S$  is the soil moisture depletion.

This equation implies that deep percolation through the impermeable layer and lateral in- and out-flow at the periphery of the field are negligible and that the excess water in the field can be measured and considered as drain discharge.

It was demonstrated that the occurrence of drain discharge and soil moisture depletion in the drained upland field on a pseudogley soil could be represented by this equation.

2) The occurrence drain discharge which could not be represented by the water balance equation was observed, when heavy rain occurred after a severe drought period.

In this case, the vertical cracks in the subsoil were enlarged by the shrinkage of the clay layers, and the excess water flowed down quickly and reached the drain tiles, leaving a large part of the dried subsoils unsaturated. When the water balance was calculated after subsequent occurrence of drain discharge, the water balance equation could be applied.

3) The relationship between soil moisture depletion ( $\Delta S$ ) and the cumulative pan evaporation  $\sum(E-P)$  was analysed by applying two methods, namely the measurement of drain discharge and measurement of soil moisture suction with a tensiometer, which gave identical results.

Using the empirical  $\Delta S \sim \sum(E-P)$  relationship, the field water balance could be calculated from the data on precipitation and pan evaporation. The prediction of the occurrence of drain discharge and soil moisture depletion was fairly accurate.