

暗渠排水における地下水位低下と排水時間に関する研究

磯島 義一

A Study on the Ground Water Movement by
Drainage of Sub-surface Water

Yoshikazu ISOJIMA

緒 言

暗渠排水は土壌から重力水を排除する方法である。ヨーロッパでは古くから暗渠排水による土地改良が行われて、ブドウ畑や採草地で効果をあげている。我が国では江戸時代以降水田における暗渠排水が行われて、米の増収を得てきた。

今日、米の生産過剰から水田転作が要請されて、転換畑に麦、大豆、飼料作物、野菜等の栽培が行われるようになった。水田が畑の役割を果たすためには、土壌の中に適切な水と空気が必要であり、作物の生育に過剰の水は排水を行う必要がある。

暗渠排水の実際については、昭和57年4月農業技術センターで行われた農業研究成果発表会で報告したので、今回は暗渠排水に関する数学的などよりあつかいを主にした。谷一郎著流れ学の中で紹介されている、滲透係数を測定する室内試験法を、著者は現地の暗渠排水に応用したのが地下水面の¹⁾関係式である。この関係式より著者は、

地下水が目的の深さまで低下するに要する時間を、近似計算からと微分方程式を作成し、それを解いて得られたものと、両方の面から求めた。

実験材料及び研究方法

本年度、一志郡白山町及び一志町、多気郡明和町地内の転換畑で採取した土壌を実験材料として、この土壌から得られた数値を使って、土壌の空隙が水で飽和している状態から、暗渠排水が行われて、地下水面が時間の経過と共に低下していく状態を明らかにした。

実験結果

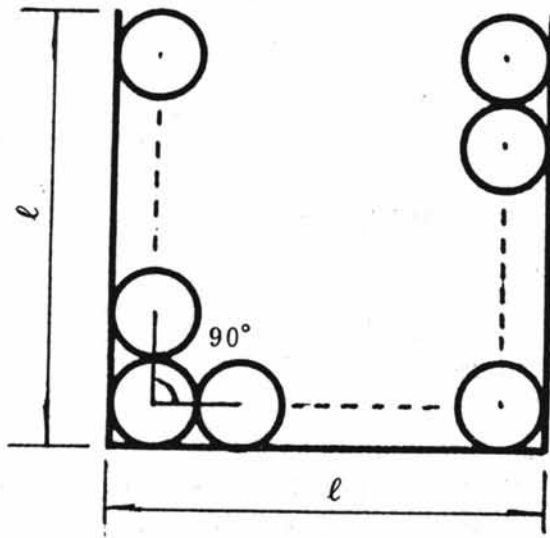
実験結果は第1表のとおりである。土壌の三相分布における固相は、表面を除いては養川で0.546、井生で0.492、大三で0.528である。

第1表 土壌の三相分布

採取場所	採取年月日	深 さ cm	含水比%	乾燥密度 g / cm ³	湿潤密度 g / cm ³	三 相 分 布		
						固 相	液 相	気 相
明 和 町 養 川	57. 7. 1	0~5	31.1	1.214	1.591	0.461	0.377	0.162
		5~10	33.6	1.103	1.473	0.420	0.371	0.209
		10~15	29.1	1.428	1.843	0.546	0.407	0.047
一 志 町 井 生	57. 6. 4	0~5	35.4	0.981	1.311	0.336	0.377	0.287
		5~10	38.0	1.105	1.525	0.418	0.420	0.162
		10~15	35.1	1.286	1.737	0.492	0.448	0.060
白 山 町 大 三	57. 6. 4	0~5	30.6	1.055	1.377	0.419	0.323	0.258
		5~10	32.8	1.240	1.646	0.482	0.406	0.112
		10~15	30.9	1.358	1.778	0.528	0.420	0.052

一方、土壌粒子を球形とみなして第1図のように詰めると、全容積に対する土壌粒子の占める割合、即ち固相

*
割合の理論値は0.524となる。現地の固相は0.524に近いので、第1図によく似た詰まり方をしているよう



第1図 球形の土壌

に思われる。

土壌の中には重力水、毛管水、吸着水の三種類の水が存在する。暗渠で排水できる水は重力水で、毛管水及び吸着水は暗渠で排水できない。実験結果によると、表面を除いた下層における気相は、5%前後の数値を得ているので、土壌の中で重力水の入り得るポケットの数値はこの値を使用することにした。

* 球形の土壌粒子を一边の長さ l の正立方体の箱に、第1図のように詰めると、その土壌粒子の個数は一边の長さに対し、 $n = l / 2r$ (個) が並ぶことになり、土壌粒子の総数は、 $n^3 = (l / 2r)^3$ (個) である。但し土壌粒子の半径を r とする。その体積は1個当り $4\pi r^3 / 3$ である。箱の容積は l^3 であるから、全容積に対する土壌粒子の占める割合は

$$\frac{(l / 2r)^3 \times 4\pi r^3 / 3}{l^3} = 0.524 \quad (1)$$

空隙率を λ とすると

$$\lambda = 1 - 0.524 = 0.476 \quad (2)$$

考 察

1. 土壌の自然状態と飽和状態

(1)式で求めたように、土壌の三相分布の固相が0.524で、空隙(0.476)が水で飽和している状態とすると、その含水比は、土壌粒子の比重を2.65として、土壌粒子の重量

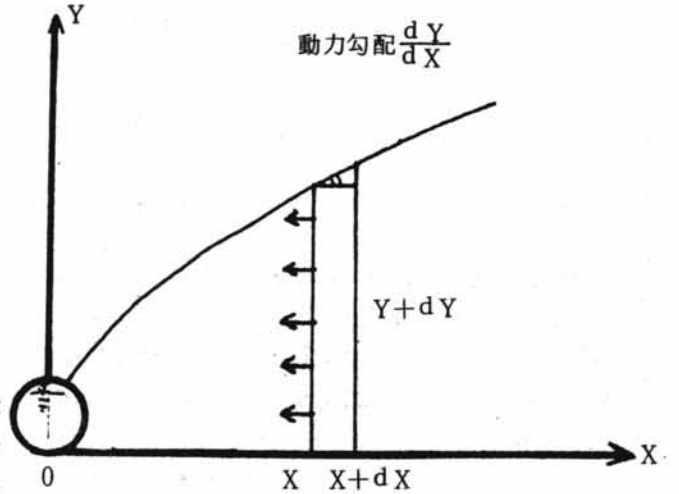
$$\begin{aligned} \text{土壌粒子の重量} & 0.524 \times 2.65 = 1.389 \text{ g} \\ \text{水の重量} & 0.476 \times 1.00 = 0.476 \text{ g} \\ \text{含水比} & \frac{0.476}{1.389} \times 100 = 3.42\% \end{aligned}$$

となり、自然状態の土壌の気相を5%とすると

$$\begin{aligned} \text{土壌粒子の重量} & 0.524 \times 2.65 = 1.389 \text{ g} \\ \text{水の重量} & 0.426 \times 1.00 = 0.426 \text{ g} \\ \text{含水比} & \frac{0.426}{1.389} \times 100 = 30.6\% \end{aligned}$$

となる。

2. 暗渠排水における地下水面の関係式



第2図 暗渠排水の地下水面曲線

第2図のように暗渠の底を原点とし、水平方向に x 軸を、鉛直方向に y 軸をとると、動水勾配は dy/dx で、面積 $y \times Z_0$ (Z_0 は紙面に向って垂直方向の長さ) を通過する地下水の流量 Q は、次の式で表すことができる。

$$Q = K \frac{dy}{dx} y Z_0 \quad (3)$$

この関係式を変形して積分を行うと、

$$\begin{aligned} \frac{Q}{K Z_0} \int_0^x dx &= \int_0^y y dy \\ y &= \sqrt{\frac{2Qx}{K Z_0}} \quad (4) \end{aligned}$$

を得る。但し Q は暗渠排水の流量で、その単位は cm^3/S 、 K は滲透係数 cm/S 、 Z_0 は暗渠吸水管の長さ cm 、である。

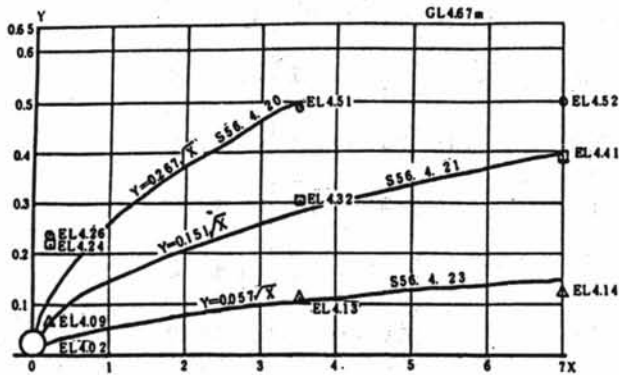
30アールの区画(100×30m)の長辺方向に暗渠を埋設して、滲透係数が、 $3 \times 10^{-3} \text{ cm}/\text{S}$ (砂質土壌)、 $3 \times 10^{-4} \text{ cm}/\text{S}$ (シルト質土壌)、 $3 \times 10^{-5} \text{ cm}/\text{S}$ (粘土質土壌)の場合、地下水面の関係式は第2表のとおりである。

第2表 地下水面形

滲透係数 cm/S	地下水面形	備考
3×10^{-3}	$y = \sqrt{\frac{2}{30} Qx}$	砂質土壌
3×10^{-4}	$y = \sqrt{\frac{2}{3} Qx}$	シルト質土壌
3×10^{-5}	$y = \sqrt{\frac{20}{3} Qx}$	粘土質土壌

暗渠の横断面からみた地下水面の形については、環境部、米野地力保全室長、石川技師が一志郡嬉野町地内で実験した観測例がある（第3図参照）。暗渠に近づくに

3. 暗渠排水における地下水面形の経時曲線
暗渠の標準断面を第4図に示す。暗渠の深さを60

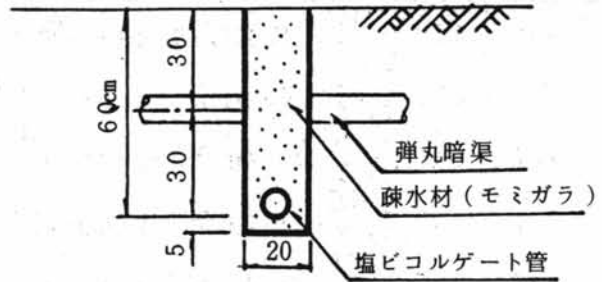


第3図 地下水面形の観測値 中粗粒灰色低地土
本暗渠間隔1.4m, 弾丸暗渠深さ40cm
間隔2.5m

従って地下水面が下ってくるのは、暗渠の働きによるものである。

(3)式はダルシー氏の、地下水の滲透速度は動水勾配に比例するという実験法則(1856年)を応用したものである。第3図より原点附近では実測値と少しあわない。

(4)式から暗渠排水流量 $Q \text{ cm}^3 / S$ と、動水勾配(地下水位の観測により求められる)を実測すれば、現場における滲透係数を求めることができる。流量と動水勾配を続けて観測すれば、動水水のポケットを知ることができる。



第4図 暗渠の標準断面図

cmとして、滲透係数の異なる三種類の土を対象にして第3表のよりに7通りの場合について、地下水位を試算した。

第3表 暗渠の間隔と滲透係数の組合せ

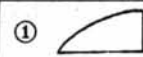

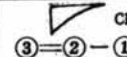
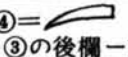
場合	間隔 m'	深さ m	滲透係数 cm / S
1			3×10^{-3}
2	15.0	0.60	3×10^{-4}
3			3×10^{-5}
4	10.0	0.60	3×10^{-4}
5			3×10^{-5}
6	7.5	0.60	3×10^{-4}
7			3×10^{-5}

第4表には排水流量 $Q = 2 \text{ cm}^3 / S$ から $500 \text{ cm}^3 / S$ までの地下水面曲線を作成し、第5、第6表の中で場合1の重力水の数量計算、排水能力及び排水日数の計算を行った。

第4表 地下水面曲線

$Q \frac{\text{cm}^3}{S}$	$y = \sqrt{2Qx / 30}$	x cm	100	200	300	400	500	750
2	$y = \sqrt{4x / 30}$	y cm	3.6	5.1	6.3	7.3	8.1	10.0
10	$y = \sqrt{20x / 30}$		8.1	11.5	14.1	16.3	18.2	22.0
20	$y = \sqrt{40x / 30}$		11.5	16.3	20.0	23.0	25.8	31.6
50	$y = \sqrt{100x / 30}$		18.2	25.8	31.6	36.5	40.8	50.0
100	$y = \sqrt{200x / 30}$		25.8	36.5	44.7	51.6	57.7	63.2
200	$y = \sqrt{400x / 30}$		36.5	51.6	63.2			
500	$y = \sqrt{1000x / 30}$		57.7					

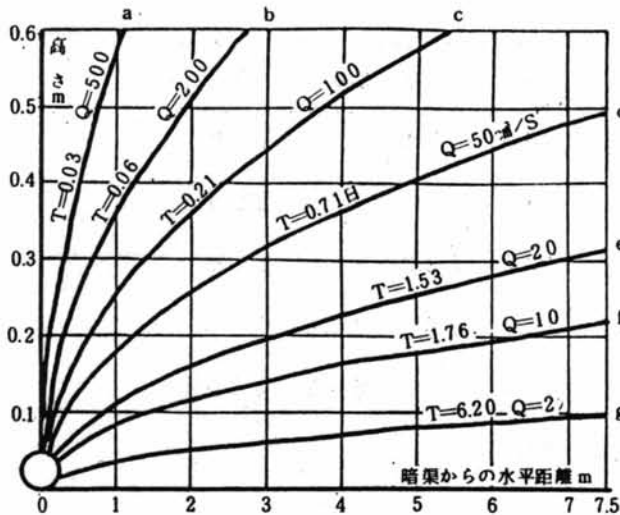
第5表 隣接曲線で囲まれた体積（奥行10⁴ cm）

Q cm/S	b cm	①  左図の体積 cm ³	②  左図の体積 cm ³	③  cm ³ ③=②-①	④  cm ³ ④=③の後欄-前欄
500	109	$\frac{2}{3}\sqrt{\frac{100}{3}} \times 10^4 \times 109 \sqrt{109} = 4.38 \times 10^7$	$10^4 \times 60 \times 109 = 6.54 \times 10^7$	2.16×10^7	2.16×10^7
200	271	$\frac{2}{3}\sqrt{\frac{40}{3}} \times 10^4 \times 271 \sqrt{271} = 1.085 \times 10^7$	$10^4 \times 60 \times 271 = 1.626 \times 10^7$	5.40×10^6	3.24×10^7
100	546	$\frac{2}{3}\sqrt{\frac{20}{3}} \times 10^4 \times 546 \sqrt{546} = 2.195 \times 10^7$	$10^4 \times 60 \times 546 = 3.276 \times 10^7$	1.081×10^7	5.41×10^7
50	750	$\frac{2}{3}\sqrt{\frac{10}{3}} \times 10^4 \times 750 \sqrt{750} = 2.499 \times 10^7$	$10^4 \times 60 \times 750 = 4.5 \times 10^7$	20.01×10^6	9.2×10^7
20	750	$\frac{2}{3}\sqrt{\frac{4}{3}} \times 10^4 \times 750 \sqrt{750} = 1.580 \times 10^7$	45×10^7	29.2×10^6	9.19×10^7
10	750	$\frac{2}{3}\sqrt{\frac{2}{3}} \times 10^4 \times 750 \sqrt{750} = 1.117 \times 10^7$	45×10^7	33.83×10^6	4.63×10^7
2	750	$\frac{2}{3}\sqrt{\frac{4}{30}} \times 10^4 \times 750 \sqrt{750} = 4.99 \times 10^6$	45×10^7	40.01×10^6	6.18×10^7

第6表 排水能力及び排水日数

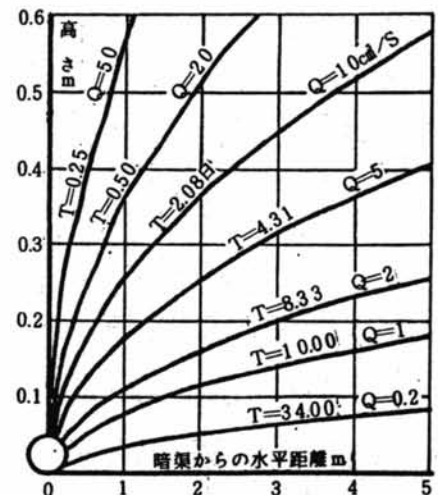
Q cm/S	重力水④×0.05 cm ³	日平均排水能力 cm ³ /d	排水日数 d
500以上	0.11×10^7	43.2×10^6	0.03
500~200	0.17×10^7	30.2×10^6	0.06
200~100	0.27×10^7	12.9×10^6	0.21
100~50	0.46×10^7	6.5×10^6	0.71
50~20	0.46×10^7	3.0×10^6	1.53
20~10	0.23×10^7	1.3×10^6	1.76
10~2	0.31×10^7	0.5×10^6	6.20

以下同様の計算を行なった結果は、第5図から第7図のとおりである。例えば第5図の地下水面曲線がcの場合は、暗渠排水量は100 cm/Sで、これより0.7日経過すると、地下水位はdに低下して、暗渠排水流量は50 cm/Sに減少していると読むことができる。



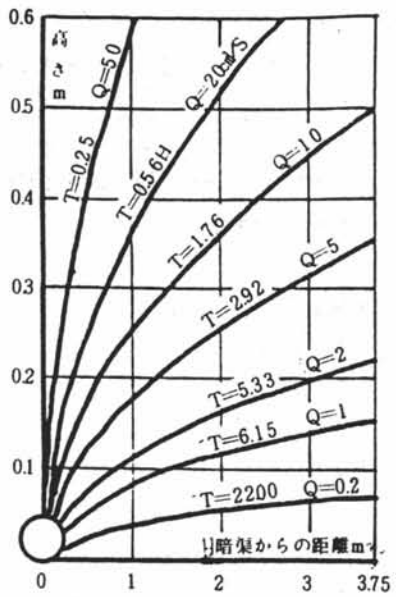
第5図 地下水位経時曲線，場合1，間隔15m，
K=3×10⁻³ cm/S . K=3×10⁻⁴，

3×10⁻⁵ cm/Sの場合は、本図の数値をそれぞれ、Qは1桁、2桁下げて、Tは1桁、2桁上げて読む（場合2、3）



第6図 地下水位経時曲線，場合4，間隔10m，K=3×10⁻⁴ cm/S . K=3×10⁻⁵ cm/S
の場合は本図の数値をQは1桁下げて、Tは

1桁上げて読む(場合5)



第7図 地下水位経時曲線, 場合6, 間隔7.5, $k=3 \times 10^{-4}$ cm/S. $k=3 \times 10^{-5}$ cm/Sの場合は本図の数値をQは1桁下げて, Tは1桁上げて読む(場合7)

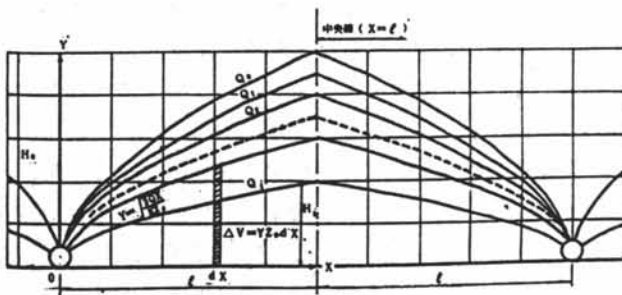
4. 暗渠排水における地下水位の低下に要する時間

前述の暗渠排水における排水日数は近似的に計算したものである. これを詳しく計算すると次のようになる.

時刻 $t_0, t_1, t_2, \dots, t_i$, における地下水面形をそれぞれ $Q_0, Q_1, Q_2, \dots, Q_i$ とし, 重力水の量を $\alpha V_0, \alpha V_1, \alpha V_2, \dots, \alpha V_i$ とする.

但し α は重力水の入るポケットの割合であり, V は曲線と x 軸及び暗渠と次の暗渠の中央の鉛直線で囲まれ, 奥行は紙面に直角の方向に Z_0 である体積を表わす.

(第8図参照)



第8図 地下水面曲線 ($Q_0, Q_1, Q_2, \dots, Q_i$) と x 軸及び中央線で囲まれた体積 (奥行 Z_0) を求める説明図

曲線 Q_0 と Q_1, Q_1 と Q_2, Q_2 と Q_3, \dots のように, 二つの曲線に囲まれた微小部分の排水所要時間は

$$t_0 = \alpha (V_0 - V_1) / Q_0$$

$$t_1 = \alpha (V_1 - V_2) / Q_1$$

$$t_2 = \alpha (V_2 - V_3) / Q_2$$

$$\dots$$

$$t_i = \alpha (V_i - V_{i+1}) / Q_i$$

この合計時間 T は

$$T = t_0 + t_1 + t_2 + \dots + t_i$$

$$= \frac{\alpha (V_0 - V_1)}{Q_0} + \frac{\alpha (V_1 - V_2)}{Q_1} + \frac{\alpha (V_2 - V_3)}{Q_2} + \dots + \frac{\alpha (V_i - V_{i+1})}{Q_i}$$

ここで,

$$V_0 - V_1 = V_1 - V_2 = V_2 - V_3 = \dots = V_i - V_{i+1} = \Delta V$$

のように非常に小さくすると, T, V, dV は

$$T = \alpha \left(\frac{\Delta V}{Q_0} + \frac{\Delta V}{Q_1} + \frac{\Delta V}{Q_2} + \dots + \frac{\Delta V}{Q_i} \right)$$

$$= \alpha \int_{Q=Q_0}^{Q=Q_i} \frac{dV}{Q} \quad (5)$$

$$V = \int_0^l dV = \int_0^l y Z_0 dx = Z_0 \int_0^l \sqrt{\frac{2Qx}{KZ_0}} dx$$

$$= \frac{2}{3} \sqrt{\frac{2QZ_0}{K}} [X^{\frac{3}{2}}]_0^l = \frac{2\sqrt{2}}{3} K^{-\frac{1}{2}} Z_0^{\frac{1}{2}} l^{\frac{3}{2}} Q^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

$$dV = \frac{\sqrt{2}}{3} K^{-\frac{1}{2}} Z_0^{\frac{1}{2}} l^{\frac{3}{2}} Q^{-\frac{1}{2}} dQ \quad (7)$$

(7)式を(5)式に代入して, Q_0 から Q_i に変遷するまでの排水所要時間は

$$T = - \frac{\sqrt{2}}{3} \alpha K^{-\frac{1}{2}} Z_0^{\frac{1}{2}} l^{\frac{3}{2}} \int_{Q_0}^{Q_i} Q^{-\frac{3}{2}} dQ \quad (8)$$

ここで(8)式に負号をつけたのは, 時刻の進行に伴って, 地下水面は低下し, Q は減少するからである.

$$T = - \frac{\sqrt{2}}{3} \alpha K^{-\frac{1}{2}} Z_0^{\frac{1}{2}} l^{\frac{3}{2}} \left[\frac{Q^{-\frac{3}{2}+1}}{-\frac{3}{2}+1} \right]_{Q_0}^{Q_i}$$

$$= \frac{2\sqrt{2}}{3} \alpha K^{-\frac{1}{2}} Z_0^{\frac{1}{2}} l^{\frac{3}{2}} \left(\sqrt{\frac{1}{Q_i}} - \sqrt{\frac{1}{Q_0}} \right) \quad (9)$$

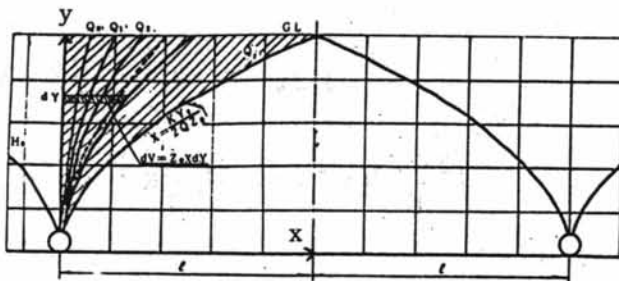
(9)式を使って、第5図におけるd曲線からe曲線まで地下水位の低下に要する時間を求めると

$$\begin{aligned} \alpha &= 0.05 \\ K &= 3 \times 10^{-3} \text{ cm/S} \\ Z_0 &= 10^4 \text{ cm} \\ \ell &= 750 \text{ cm} \\ Q_0 &= 50 \text{ cm}^3/\text{S} \\ Q_i &= 20 \text{ cm}^3/\text{S} \\ T &= \frac{2\sqrt{2}}{3} \times 0.05 \times (3 \times 10^{-3})^{-\frac{1}{2}} \times 10^2 \times \\ &\quad 750^{\frac{3}{2}} \left(\sqrt{\frac{1}{20}} - \sqrt{\frac{1}{50}} \right) \\ &= 144,521 \text{ 秒} \\ &= 1.67 \text{ 日} \end{aligned}$$

第6表で行なった近似計算はT=1.53日であるから、よく合っている。

(9)式は、試験によって α , K, Tが得られたとき、排水時間をもう少し短縮したいときに間隔をどの程度に縮めたらよいか答えてくれる。

次に同様の手法によって、第9図における斜線の部分についても、排水時間の関係式を求めることにしよう。



第9図 地下水面図線 (Q_0 から Q_i) とY軸及び地面で囲まれた部分の体積 (奥行 Z_0) を求める説明図

$$T = \alpha \int_{Q=\infty}^{Q=Q_i} \frac{dV}{Q} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} V &= \int_0^{H_0} Z_0 X dY = \int_0^{H_0} \frac{K Z_0^2}{2Q} Y^2 dY \\ &= \frac{K Z_0^2 H_0^3}{6Q} \quad (11) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dV &= \frac{K Z_0^2 H_0^3}{6} d\left(\frac{1}{Q}\right) = -\frac{K Z_0^2 H_0^3}{6} \\ &\quad \times \frac{dQ}{Q^2} \quad (12) \end{aligned}$$

(12)式を(10)式に代入して

$$\begin{aligned} T &= -\alpha \frac{K Z_0^2 H_0^3}{6} \int_{Q_i}^{\infty} \frac{dQ}{Q^3} \\ &= -\frac{\alpha K Z_0^2 H_0^3}{6} \left[\frac{Q^{-3+1}}{-3+1} \right]_{Q_i}^{\infty} \\ &= \frac{\alpha K Z_0^2 H_0^3}{12} \times \frac{1}{Q_i^2} \quad (13) \end{aligned}$$

(13)式を使って、第5図におけるC曲線に至るまでの地下水位低下時間を求めると

$$\begin{aligned} \alpha &= 0.05 \\ K &= 3 \times 10^{-3} \text{ cm/S} \\ Z_0 &= 10^4 \text{ cm} \\ \ell &= 750 \text{ cm} \\ Q &= 100 \text{ cm}^3/\text{S} \\ H_0 &= 60 \text{ cm} \\ T &= \frac{0.05 \times 3 \times 10^{-3} \times 10^8 \times 60^3}{12 \times 100^2} \end{aligned}$$

$$= 27,000 \text{ 秒}$$

$$= 0.31 \text{ 日}$$

前に行った近似計算の結果は、

$$T = 0.03 + 0.06 + 0.21$$

$$= 0.30 \text{ 日}$$

であるから、極めて近似している。

5. 論議

土壌の中の空隙が降雨によって飽和した状態から、暗渠により排水されて、地下水位が50cmまで低下するに要する排水日数は、第7表のとおりである。

第7表 暗渠の間隔と排水日数

浸透係数cm/S	深さcm	間 隔		
		1.5 m	1.0 m	0.75 m
3×10^{-3}	60	10.5日	日	日
3×10^{-4}		105	59	38
3×10^{-5}		1050	596	389

同じ土壌で、暗渠の間隔を7.5mから10mに広げると(1.3倍)、排水日数は1.5倍に延びる。間隔を10mから15mに広げると(1.5倍)、排水時間は1.7倍に延びる。

暗渠の深さについては、暗渠の深さの2/3(深さ40cm)までは、或る程度地下水位は低下するが、残りの1/3(40cmから60cm)は水位低下速度が非常に遅い。従って許されるならば、暗渠の深さの2/3を地下水位の目標値におけばいいものと思われる。

浸透係数が 3×10^{-3} cm/Sとは、どのような土壌であろうか。降雨があると地下の鉛直浸透速度は動水勾配を1とすると、259cm/dayの速さで進むので、

容易に飽和状態になる。その地下水は暗渠の方へ移動して、10日程度で動力水はなくなる。

滲透係数が 3×10^{-4} cm/S の土壌は、雨水の鉛直速度は 26 cm/day となり、暗渠まで届くのに2日余りかかる。これも土壌が容易に飽和状態になり得る。暗渠間隔が 7.5 m の場合、地下水位が下るのに40日程度かかる。

滲透係数が 3×10^{-5} cm/S の土壌は、鉛直滲透速度が 3 cm/day となり、暗渠まで届くのに20日余りかかる。この場合は土壌を飽和させず、降雨の際、作土中の停滞水は、速やかに暗渠を通じて排水を行う方がよい。弾丸暗渠を同時に施工して、土壌構造の発達を促進することも大切である。

結 語

本研究報告は重力水のポケットを5%として計算を行い、暗渠排水はどんなものであるか垣間見たものである。現場で試験を行なう場合、その土地固有の土地条件から試験は困難を伴うものである。一様な土壌で、土壌の間水が一樣に移動する現場であれば、地下水位や暗渠からの流量を継続して実測することによって、現場における滲透係数や重力水のポケットがわかるので、暗渠の深さと間隔を定めるに当たって、この手法により解決の糸口が見出されよう。

要 約

1) 転換畑現地に暗渠を埋設して、地下水位及び排水される流量 Q を観測すれば

$$Y = \frac{\sqrt{2QX}}{\sqrt{KZ_0}} \quad (4)$$

Z_0 : 暗渠の長さ cm

K : 滲透係数 cm/S

Y : 位置 X における、暗渠より地下水面までの高さ cm

(4)式より滲透係数 K を求めることができる。滲透係数 K を求めることにより、以下に述べる重力水のポケットの大きさ及び、暗渠排水時間と暗渠の間隔の問題を解く助けとなる。

2) 1)における観測を継続して行えば、地下水位の変化及び暗渠排水量を知ることができる。その結果重力水が土壌の中にどの程度入ることができるか、重力水の

ポケットを知ることができる。

3) 地下水が H_0 から H_i まで低下するとき、低下に要する時間 T は次のように表わすことができる。

$$T = \frac{2\sqrt{2}}{3} \alpha K^{-\frac{1}{2}} Z_0^{\frac{1}{2}} \ell^{\frac{3}{2}} \left(\sqrt{\frac{1}{Q_i}} - \sqrt{\frac{1}{Q_0}} \right) \quad (9)$$

α : 重力水の入るポケットの割合 %

K : 滲透係数 cm/S

Z_0 : 暗渠の長さ cm

ℓ : 暗渠の間隔の半分の長さ cm

Q_0 : 暗渠から地下水面までの深さが H_0 cm のとき、暗渠から排水される流量 cm³/S

Q_i : 暗渠から地下水面までの深さが H_i cm に下ったとき暗渠から排水される流量 cm³/S

降雨後地下水は上昇するのが常である。地下水が降雨後1週間で50cm以下に低下すれば、作物に害がないならば、暗渠の間隔 (2ℓ) はどうしたらよいか (9)式が答えてくれる。

4) 同じ土壌で、暗渠の間隔を7.5mから10mに上げると(1.3倍)排水日数は1.5倍にのびる。間隔を10mから15mに上げると(1.5倍)排水日数は1.7倍にのびるであろう。

5) 滲透係数が 10^{-5} cm/S のように小さくなると、暗渠排水時間は非常に長くなる。従ってこのような土壌は本暗渠の他に、営農管理として耕耘時に弾丸暗渠を施工して、弾丸の前にある刃で土壌をカットして、雨水の鉛直滲透及び土壌構造の発達を促進させると共に、稲わらや麦わら等の副産物を細断して、それを土壌に還元して、土壌微生物の力を借りて土壌の団粒化をはかり、通気性及び透水性のよい土づくりをすることが大切である。

暗渠排水の試験に際して環境部地力保全研究室、米野室長、石川技師の御協力を、論文作成に際して片岡作物部長並びに編集委員の皆さんの御指導を賜った。

ここに深く感謝する。

引用文献

- 1) 磯島義一(1981): 転換畑における暗渠排水について, 第38回農業土木学会京都支部研究発表会講演要旨集 p70
- 2) 本間仁著(1965): 水理学 p233, 丸善