

非定常暗キヨ排水の研究 (II)

吉 田 隆 輝

A Study on the Non-steady State Tile Drainage (II)

Takaki YOSHIDA

要 旨

非定常暗キヨ排水の理論式から k/f を求め、理論式について述べる。

Synopsis

We calculate k/f from several theories of non-steady state tile drainage and discuss on it.

I ま え が き

泥炭地の草地に暗キヨを入れ排水を行なうと、地下水位は指数関数的に低下する。詳細にその様子を観察すれば $I_n(y/y_0)$ と排水時間 t との間には排水期間全域にわたっての直線性はなく、幾つかの折れ曲り点が存在し、その極点間では直線性が認められた。この報告¹⁾²⁾は暗キヨ間隔 S が 10 m (I ホ場) におけるものである。本研究は I ホ場に隣接してもうけられた $S=15$ m の II ホ場において、地下水位の低下および k/f の値を求め、理論式の検討を行なった。

II 観測方法および試験ホ場

試験ホ場は前報どおり天塩郡天塩町東ウブシに大規模草地（特に放牧用草地）に適した排水工法を検討するために設けられたもので、昭和 43 年に 1.75 ha の

中間泥炭未墾地を造成したものである (Fig-1)。1 ha は $S=10$ m, 0.75 ha は $S=15$ m のように 2 種類の暗キヨ間隔で施工した。管径は 40 mm の塩化ビニール管を使用、集水キヨ間隔は両ホ場とも 100 m で管径 50 mm の塩化ビニールを使用した。地下水位は、暗キヨ中央に設置された自記水位計により記録した。ここで使用したデータは昭和 46 年 6 月から 10 月までの観測記録を用いた。

III 観測結果および考察

両ホ場の透水係数 k はピエゾメータ法により自記水位計の近くで測定した。その結果、暗キヨ間隔、測定位置の深さによる違いもなく $1.1 \sim 1.5 \times 10^{-5}$ (cm/sec) とほぼ一定の値となった。観測期間を通じて排水量と地下水位を記録しているので、計算によって非定常状態の有効間ゲキ率 f を求めた³⁾。両ホ場とも 1~5% の範囲の中にあり、特に 1.5~3.5% の間に集中している。なおこの値は浸透と蒸発散を無視した概算により求めた値である。又室内試験の結果、I, II ホ場それぞれ 1%, 2% となった。今、 k を一定とし、 f を $0.01 \sim 0.05$ として k/f を求めると $8.0 \times 10^{-3} \sim 5.4 \times 10^{-2}$, f を $0.015 \sim 0.035$ とすれば k/f は $1.1 \sim 3.6 \times 10^{-2}$ の範囲に分布する。

次に暗キヨ間隔 15 m の II ホ場の k/f を理論式により求めた。使用した式は次のとおりである。

$$\text{Glover 式} : \frac{y}{y_0} = \frac{4}{\pi} \exp\left[-\frac{k\pi^2 D_a}{f S^2} t\right] \quad D_a = h + \frac{1}{2}y_0$$

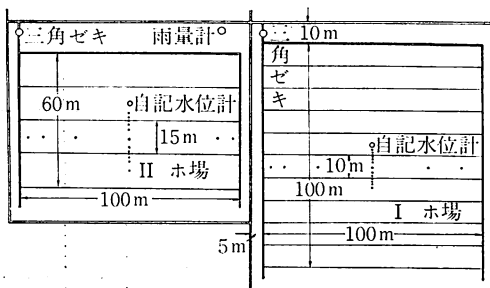


Fig-1

$$\text{修正 Glover : } \frac{y}{y_0} = \frac{4}{\pi} \exp \left[-\frac{k\pi^2 D_a t}{f S^2} \right] \quad D_a' = de + \frac{1}{2} y_0$$

$$\text{Kirkham 式 : } \frac{y}{y_0} = \exp \left[-\frac{k}{f S F} t \right]$$

$$\text{Hammad 式 : } \frac{y}{y_0} = \exp \left[-\frac{2\pi k}{f S l_n(S/\pi r)} t \right] \quad h/S > \frac{1}{4}$$

ここで y_0 : $t=0$ での地下水位 (m), y : $t=t$ での地下水位 (m), k : 透水係数 (m/hr), f : 有効間ゲキ率, D_a , D_a' : 平均流動深 (m), S : 暗キヨ間隔 (m), t : 排水時間 (hr), r : 管理 (cm), h : 不透水層深 (m), de : equivalent depth

使用した地下水位群は、前報と同一の期間のものである (Fig-2)。地下水位低下の様子は両ホ場ともほぼ同じである。この II ホ場の地下水位と既知数を上記理論式に代入して k/f を求め、縦軸に排水時間 k を横軸に k/f を普通目盛でとって図に表わした (Fig-3)。修正 Glover 式より求めた k/f は、排水直後大きな値になり時間の経過と共に急激に低下している。 t が 3, 6, 9 時間の値が大きすぎるため Fig-3-2 の表で表わした。Glover 式より求めた k/f も排水初期は大きな値になるが時間の経過と共に低下している。修正 Glover 式は平均流動深を求める際、Glover は考慮しなかった暗キヨ近傍の流れの収束を考慮した式で、Hooghoudt 等は h のかわりに equivalent depth de を用いた。従って、2つの式は平均流動深が異なり、修正式より求めた k/f は Glover 式より求めた値より大きくなる。これを縦軸に排水時間 t 、横軸に k/f

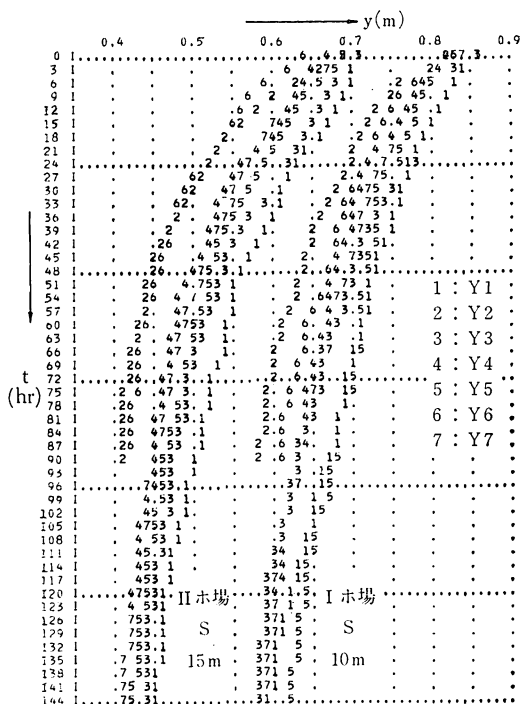


Fig-2 排水時間と地下水位の関係

を対数目盛でとり図で示した (Fig-4)。丸山によれば、 h がある程度大きくなれば $h + \frac{1}{2} y_0$ の値にかかわらず D_a は一定値を示す傾向があると報告している⁵⁾。このことは暗キヨが不透水層に極端に近くない限り、 D_a の値は h に無関係であることを示している。一方、Hooghoudt や Schilfgaard によれば、 $h > 0.25 S$ を満足すれば h には無関係に S と r によ

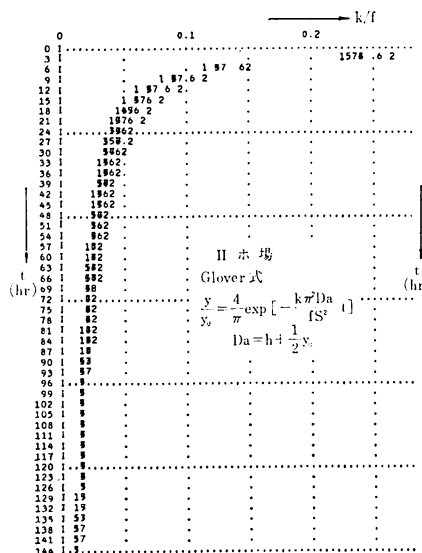


Fig 3-1 Glover 式より求めた k/f と t

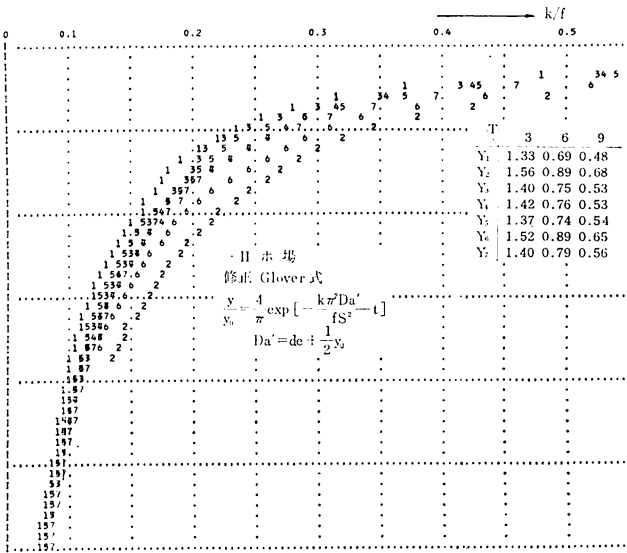


Fig 3-2 修正 Glover 式より求めた k/t と t

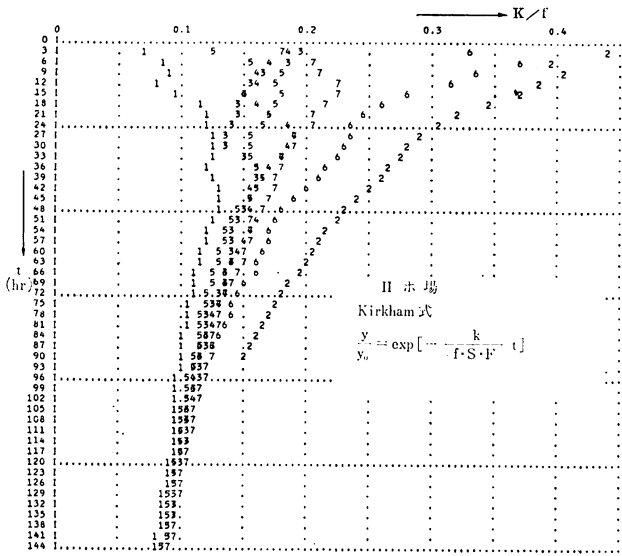


Fig 3-3 Kirkham 式より求めた k/f と t

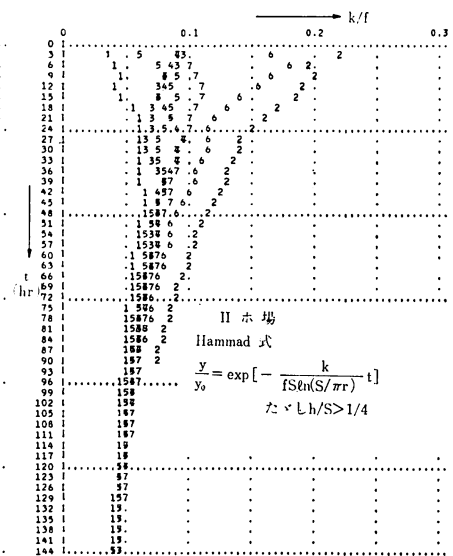


Fig 3-4 Hammad 式より求めた k/t と t

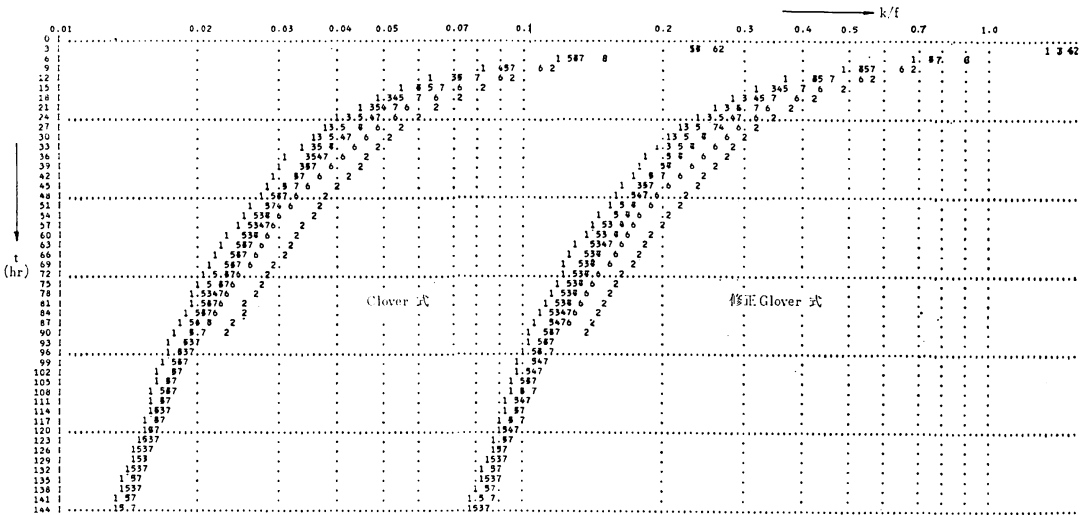


Fig-4 Glover 式と修正 Glover 式から求めた k/f と t の関係

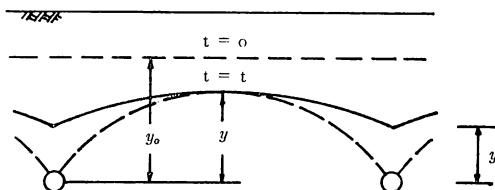


Fig-5.

つてのみ de を求めることができる。以上のことを考慮すると、平均流動深は de を用いた $D'a$ で表わした方が妥当であると推察される。しかしながら、Fig-4 でみるように Glover 式と修正式で求めた k/f の差は大きく、ホ場実測値より求めた概略値 5.4×10^{-2} からはずれている。これは理論式の境界条件とホ場の地下水位が、一致していないためと考えられる。Fig 5 は理論式の境界条件(破線)とホ場の地下水位(実線)を模式的に表わしたものである。ホ場では $y'=0$ となることはなく、昭和44年の測定ではⅠホ場で 50 cm、Ⅱホ場で 30 cm あった。又、Glover 式は $t=0$ で地下水位は水平であるが、ホ場の地下水位は降雨後も図のような形状をしている。以上のことから、境界条件がホ場の地下水位の形状と一致しない Glover 式を草地の排水理論式として使用することは問題があるようである。

Kirkham 式、Hammdad 式から求めた k/f の値についても、排水初期の値は大きいですが、Glover 式のように大きな変動はないようである。Kirkham 式より求めた値の方が大きく、Hammdad 式より求めた k/f は降雨による変動幅は比較的小さい。この結果を (Fig 3-3, Fig 3-4) 横軸に k/f を対数日盛で、縦軸に普通日盛で t をとり図に表わした (Fig 6)。高橋⁹⁾が述べているように、Glover 式の係数 $4/\pi$ を除き、 de で修正した修正式でも計算を行なった。この図から、3 式より求めた k/f の値は異なるが、 $\log(k/f)$ と t で表わすと、それぞれ横軸に平行移動すれば図はほぼ重なる。又、 t が 24 時間経ればは、 $\log(k/f)$ 直線的

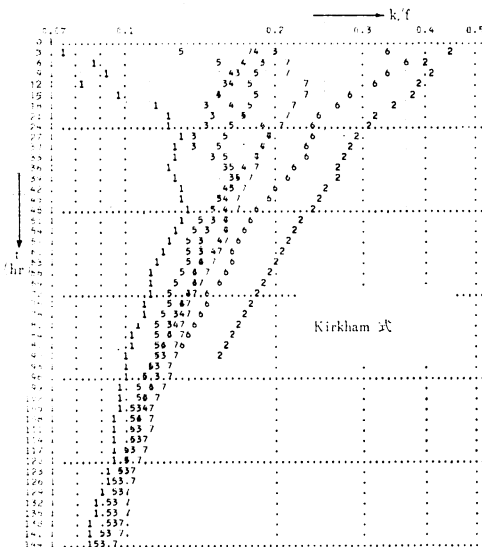


Fig 6-1 Kirkham 式から求めた k/f と t の関係

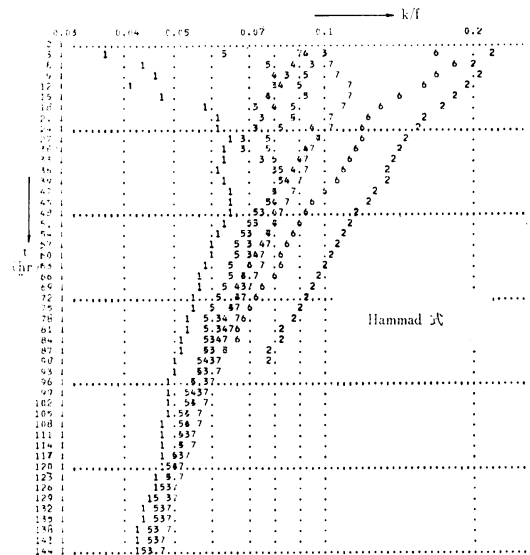


Fig 6-2 Hammdad 式から求めた k/f と t の関係

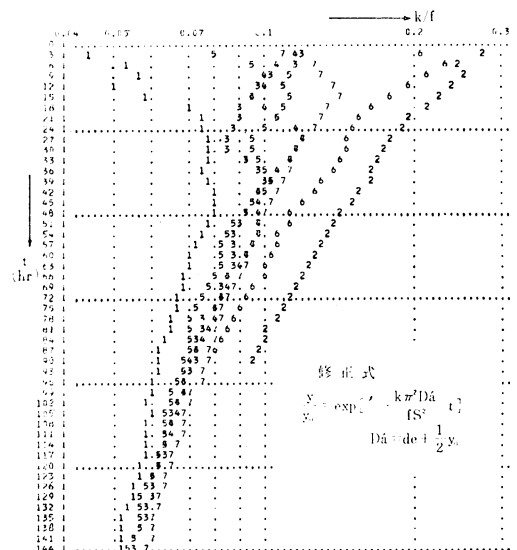


Fig 6-3 修正式より求めた k/f と t の関係

に減少する傾向がある。このように地下水位低下の様子が、 $\log(k/f)$ と t の関係で、3 式とも同様であることは境界条件のちがいである。今のところ現地条件と理論式の境界条件が、一致しないため誤差が生じているが、今後この条件を満足させるべく式の誘導を考えていくものである。

IV ま と め

暗キヨ設計を行なう場合、ホ場の地下水位の形状と理論式の境界条件は、よく一致していなければならない

い。透水係数, 有効間ゲキ率は, 排水時間の経過と共に変化すると考えられる。従って, k/f を一つの変数として考える必要がある。Glover 式の境界条件とホ場の初期条件が異なるため, k/f の値は $t=3$ から 144 時間まで大きな変動をした。しかし, de と係数 $4/\pi$ で修正した式は, Hammad 式と Kirkham 式との中間の値を示した。この 3 式はきわめて類似した式で, 境界条件の違いによりこのような結果になったものと考えられる。この 3 式は, Glover 式よりは泥炭地の排水に適しているようであるが, 最適な式はどれか今のところ断定できない。今後, 境界条件を現実にもつものに於いて理論式を導く必要があると考える。さらに, 地下水面から上の Capillary Fringe 内の流れや蒸発散による水位の変動なども要因に加えて考慮すべきと考える。

最後に本研究を進めるにあたり御指導いただいた北海道大学農学部桜田純一教官に心から感謝の意を表し

ます。

参 考 文 献

- 1) 吉田隆輝: 非定常暗キヨ排水の研究, 苫小牧高専紀要 No. 9 p. 41~45 (1974)
- 2) 吉田, 桜田: 泥炭地の排水現象に対する一考察, 第22回農士会北海道支部大会講演要旨 (1973)
- 3) 吉田隆輝: 泥炭地の Specific yield に関する研究, 苫小牧高専紀要 No. 7, p. 51-57, (1972)
- 4) J. van Shilfgaarde: Design of Tile Drainage for Falling Water Tables, Proc. A. S. C. E., 89 (IR 2), p. 1~11 (1963)
- 5) 丸山利輔: 地下排水に伴う水田水理機構, 農士試 2), 報告 3, p. 1~43 (1965)
- 6) 高橋強: 非定常暗キヨ排水の基礎的研究 (II), 農士論集 Vol 30, p. 46~54 (1969)

(昭和50年12月1日受理)

