

有材心土破碎による重粘・堅密土壌の排水効果

松田 豊¹・辻 修¹・松岡 直基²・川合文人²

(受理 : 1993年 5月31日)

Effect of underdrainage with subsoil breaking on heavy clay field

Yutaka MATSUDA¹, Osamu TSUJI¹,
Naoki MATSUOKA², Fumito KAWAI²

摘 要

現在の畑作圃場において、重粘土および堅密な土壌特性のため、降雨により地下水位が上昇しても排水がスムーズになされない圃場が数多くある。このため、圃場地下水位が年間を通じて高く、農作物の生育に多大な影響を及ぼすことが多かった。

十勝東部に位置する豊頃町二宮地区でもこのような現状下にあり排水改良が急務となっている。そこで、この二宮地区の一圃場を排水改良試験圃場とし、それぞれ異なった暗渠を施工することにより、重粘土地区に最も適応する暗渠施工の排水効果の検証を行った。

暗渠施工法は3パターン設定し、1つは一般的な排水管に砂利を被覆した暗渠を施工した圃場、2つめは上記と同じ暗渠と無材での心土破碎を併用した圃場、さらに3つめとして砂利被覆暗渠と火山灰を用いた有材心土破碎を併用した圃場、以上の中で調査した。この3圃場の地下水位調査を行った結果、暗渠のみの圃場と心土破碎を併用した圃場での排水効果の違いが明確に現れ、重粘土および堅密土壌での心土破碎の重要性が確認できた。また、有材心土破碎と無材心土破碎を比較すると火山灰を用いた有材心土破碎の方が圃場の透水性が大きくなり、排水効果を向上させていることがわかった。

キーワード : 排水, 暗渠, 心土破碎

はじめに

作物の生育に適している圃場の条件は、土壌に適当な間隙量があり土壌の通気性の良いこと、また、保水性が良好で作物に適正な水分を補給できること、さらに、降雨により圃場地下水が必要以上に上昇したとき

に排水を短時間でスムーズに行える圃場である。

しかし、現在の畑作圃場において、土壌特性が堅密重粘で、排水不良な圃場も数多い。こうした圃場では、普通の暗渠工法のみでは十分な排水効果が得られず、本暗渠と併用した補助的な暗渠排水工法が必要となってくる。十勝地方東部に位置する豊頃町二宮地区も、

¹ 帯広畜産大学 土地資源利用学講座

² (財) 日本気象協会北海道本部帯広支部

¹ Laboratory of Land Resource Engineering, Department of Agro-Environmental Science, Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine Obihiro, Hokkaido, 080, Japan

² Obihiro Branch, Hokkaido Head Office, Japan Weather Association Obihiro, Hokkaido, 080, Japan

こうした重粘土な土壌特性であり、排水不良地帯である。

この地区は昭和45年頃までは稲が中心に作付けされてきたが、米の生産調整によりすべて畑作地に転換されてきた経歴を持った地区である。このため、従来の水田には適地であった地帯も、畑作圃場としては十分な排水機能を持たず、またこの地帯を流れる牛首別川、久保川の河床が高いことも原因となり地下水位が高く畑作物の成長を阻害していることが多い現状にある。こうした中、現在ではこの地区の排水改良が高く求められている。

したがって、この地区の重粘密な圃場に十分な排水効果が得られる暗渠工法を検討するため、1991年5月に豊頃町二宮地区の原田栄治氏所有の一圃場を排水改良試験圃場とし、この圃場に暗渠施工法の異なる3圃場を設定し、暗渠工法別による排水効果の違いを検証した。

調査方法

二宮地区排水改良試験圃場の全景図を図1に示す。試験圃場全体は、10m間隔で、深さ約1mに、無規格砂利を被覆した暗渠排水管を埋設している。この圃場を3つに区画し、このうちの1区画を、暗渠とは垂直方向に火山灰を用いて心土破碎を行い（以下、有材心土破碎区と呼び、この圃場をA圃場）、またこれとは別の1区画を火山灰を用いないで心土破碎のみを行い（以下、無材心土破碎区と呼び、B圃場）、さらに最後の1区画を心土破碎を行わない暗渠のみ（以下、暗渠区と呼び、C圃場）のそれぞれ施工法の異なった暗

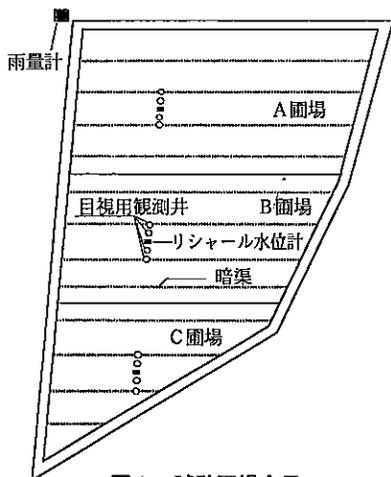


図1 試験圃場全景

渠排水施工が施されている。

次に有材心土破碎工法の模式図を図2に示す。有材心土破碎工法は図に示すとおり、暗渠配水管とは垂直方向に0.6m等間隔で深さ60cmまで心土破碎を行い、さらにこの心土破碎と同時に深さ約30cmまで透水材としての火山灰を入れたものである。

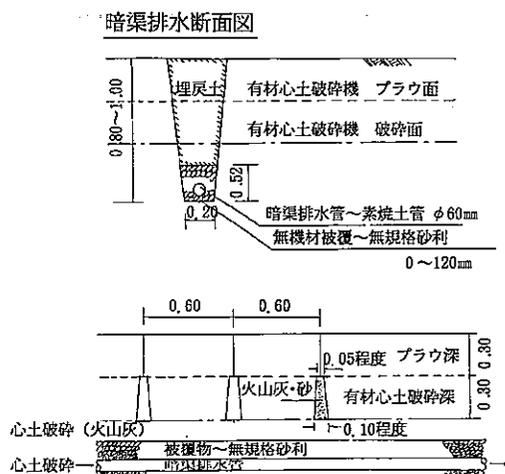


図2 有材心土破碎模式図

これら暗渠施工法の異なる圃場の地下水位の変化を調べるために、図1に示す各試験区における中央部の暗渠管の間に地下水位測定井5本設置した。これら2本の暗渠管の中央には、時間地下水位データを得るためにリシャル型自記水位計の観測井を地表から70cmの深さの水位まで測れるように設置した。またリシャル水位計を隔てた暗渠管直上とこれらの暗渠管直上とリシャル型水位計の中央のそれぞれには内径40mmの塩化ビニールパイプを地表から約120cmの深さまで地下水位が計測できるような目視観測井を設置した。これらの目視観測井においては、2週間に1回、リシャル水位計の記録紙交換時と同時にプザー式地下水検出器を用いて観測を行った。

さらに、地下水位の変化に影響を及ぼす主要因である雨量も同時に観測するために、図1に示す位置に転倒弁式自記雨量計を設置し、1時間毎の降雨量の観測を行った。

なお、この調査は1991年度から開始しているが、ここでは1992年4月28日から12月3日までの施工2年目の観測結果について述べる。

結果及び考察

1. 観測期間中の各圃場の地下水位変動の状況

各圃場の観測期間中の日降水量と日平均地下水位の関係を図3～図5に示す。なお、これらの図中の約70cmの地下水位データで直線を描いている原因は、地下水位がリシャール水位計観測井の底部よりも下部に位置しているためである。また、図中の黒丸プロットは各圃場4カ所の目視用観測井の観測値を算術平均したものである。

これらの図より、顕著な地下水位の上昇は、A圃場で8回、B圃場で9回、C圃場で10回観測された。観測期間中の日降水量で最高を記録した9月11日(87.5mm)の各圃場別の日平均地下水位を比較してみると、A圃場では地表から12cm、B圃場では地表から7cm、C圃場では地表から-1cm(地表より高い水位)という結果となり、C圃場、B圃場、続いてA圃場の順で地下水位が高くなっている。さらに、観測期間連日の日平均地下水位を比較してみてもC圃場が最も水位が高くなっている。これらの結果より、心土破碎を施していないC圃場は心土破碎を施しているA圃場及びB圃場と比較して排水機能が劣っている考えられる。また、有材心土破碎のA圃場と無材心土破碎のB圃場を比較すると、B圃場がA圃場よりも平均して約5～10cm地下水位が高く、有材心土破碎の有効性が現れていると思われる。

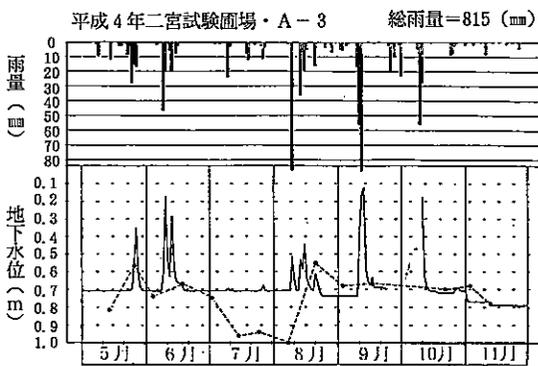


図3 日降水量と日平均地下水位の関係 (A圃場)

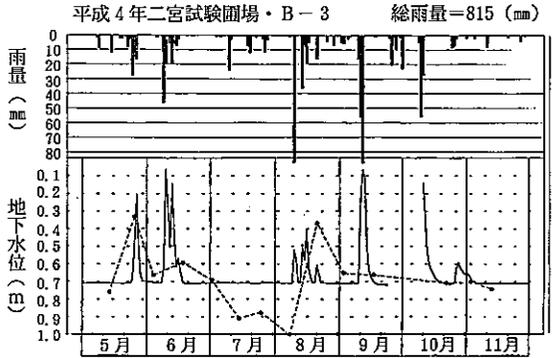


図4 日降水量と日平均地下水位の関係 (B圃場)

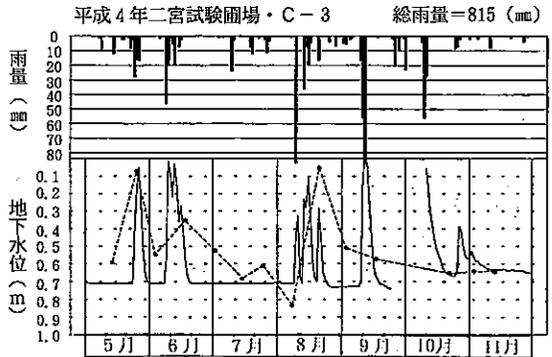


図5 日降水量と日平均地下水位の関係 (C圃場)

次に、図3～図5の中の黒丸プロットから、少降雨量時または降雨量がなかった時に、地下水位の変動がなく安定していると思われる期間の各圃場の地下水位を比較すると、A圃場及びB圃場では地表から約70cmの位置、C圃場では55cm～65cmの位置で地下水位が安定していると思われ、A及びB圃場がC圃場よりも5cm～15cm低い結果となった。ここでもC圃場については、観測期間中の平常時の地下水位は他圃場よりも高く維持しており、排水能力が劣っていると考えられる。

またA圃場とB圃場の安定期の地下水位を比較すると、ほぼ同じ水位で維持していき有材心土破碎と無材心土破碎の変化は見られなかった。これはA圃場が有材心土破碎を施工し圃場の透水性が向上しているため、高水位時から地下水位の下がりはじめ以降には排

水機能に優れた結果が得られてはいるが、地下水位が下がり終えて心土破碎深（60cm）以下になる時については、両者とも同じ形式の心土破碎を行っているため、それほど変化が見られなくなったと考えられる。

2. 各圃場の地下水位低下能力

a 最高水位以降の水位低下

排水能力が優れている圃場とは降雨開始により上昇した地下水位が降雨終了と同時に水位低下に転じ、短時間で水位を下げられる圃場である¹⁾。ここでの暗渠施工法の異なる3圃場の排水能力を考察する際にも、最高水位時からの水位低下が3圃場でどのように変化

するかを調べることは最も重要なことである。そこで、各圃場の水位低下能力がどのように違ってくるかを、時間雨量データと時間地下水位データを用いて、有材心土破碎区と無材心土破碎区、及び暗渠区での最高水位からの排水能力の比較検討を行った。

観測期間中の一連続降雨における各圃場の時間地下水位変化図を図6～図15に示す。ここでいう一連続降雨とは降雨前後において降雨のない時間が6時間以上あり、またその降雨量が10mm以上（降水量10mmが地下水位に影響を及ぼすと考えられる最小の雨量と推定）あるものとした。

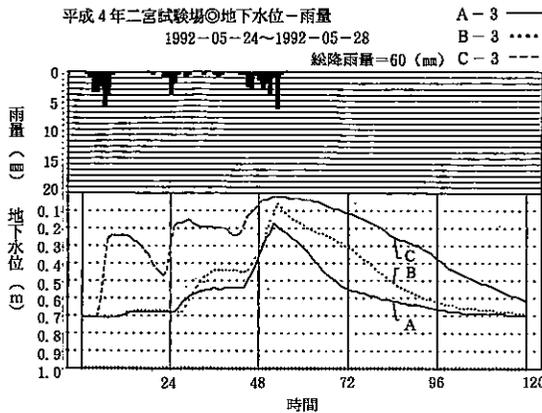


図6 一連続降雨と時間地下水位の関係

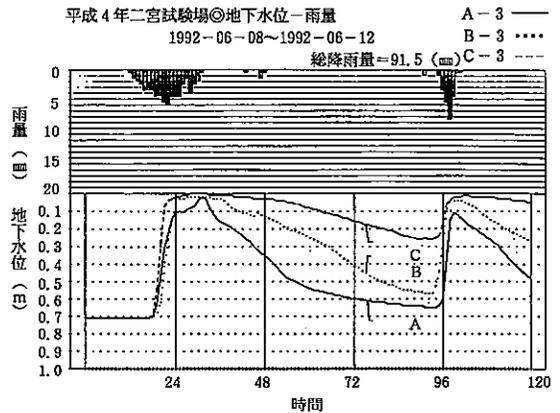


図7 一連続降雨と時間地下水位の関係

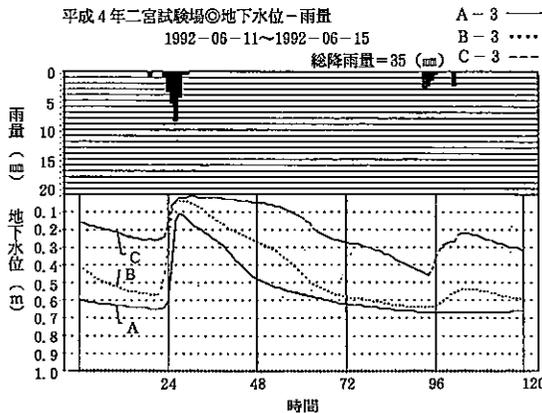


図8 一連続降雨と時間地下水位の関係

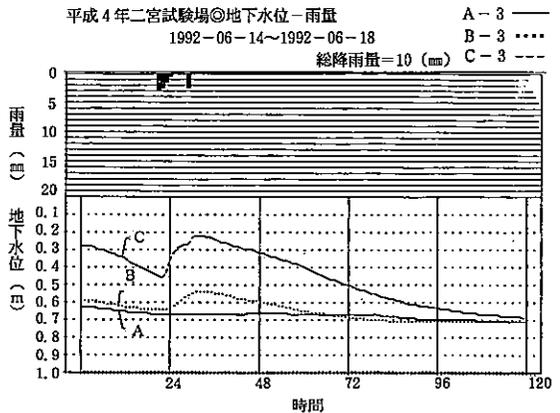


図9 一連続降雨と時間地下水位の関係

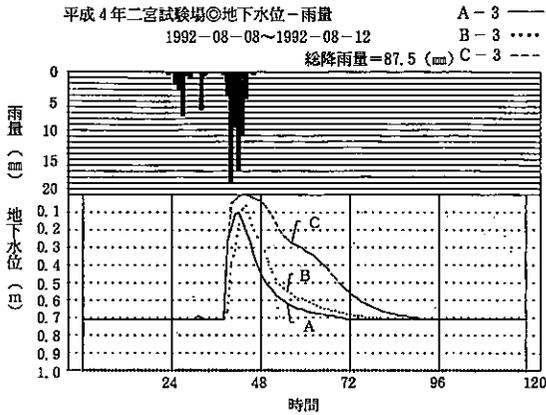


図10 一連続降雨と時間地下水位の関係

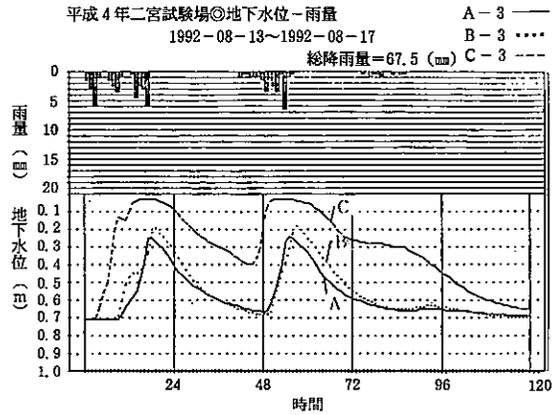


図11 一連続降雨と時間地下水位の関係

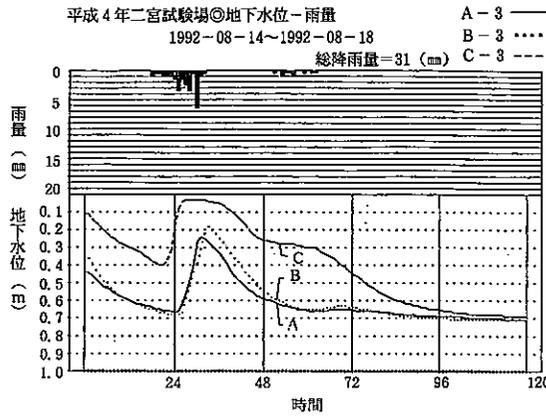


図12 一連続降雨と時間地下水位の関係

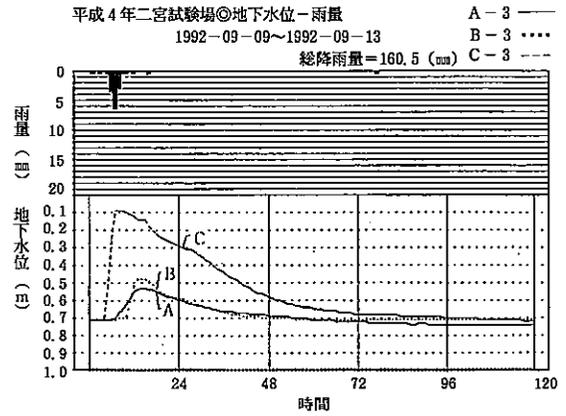


図13 一連続降雨と時間地下水位の関係

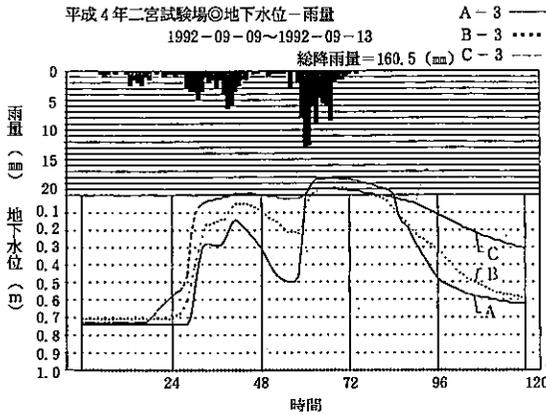


図14 一連続降雨と時間地下水位の関係

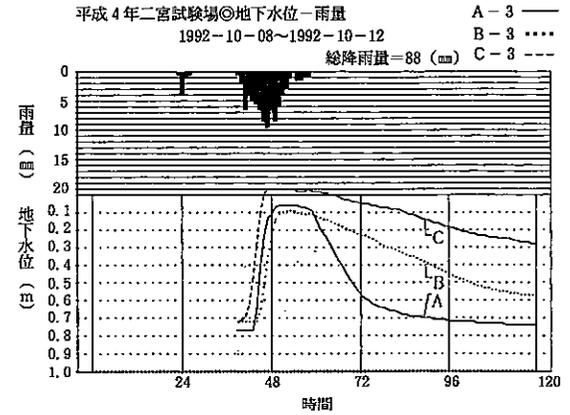


図15 一連続降雨と時間地下水位の関係

これらの図より各圃場の最高水位以降の水位低下傾向の概略を述べる。図7の1992年6月8日から6月9日にかけての一連続降雨時の各圃場の水位変動を例にとると、明らかに3圃場とも異なった特徴で水位低下している。暗渠区のC圃場は最高水位到達時以降の水位低下が遅く、他圃場よりも相当劣っていることがわかる。このように、重粘土排水不良圃場においては一般的な暗渠施工だけでは排水効果は得られないといえる。

また、A圃場とB圃場を比較すると、A圃場では最高水位到達時から約24時間後の間でB圃場よりも水位低下能力に優れていることが確認できる。図14は観測期間中最大の一連続降雨を記録した時（1992年9月9日～9月13日）の降雨量と地下水位の関係であるが、この図を見てもA圃場の有材心土破碎の方が、B圃場の無材心土破碎およびC圃場の暗渠区それぞれの排水効果が明白に現れている。以上の結果は図6、図8、図9、及び図15についても同様にいえる。

しかし、図10、11、12の様にA圃場とB圃場の地下水位低下に要する時間がそれほど変化がないのも確認された。この結果が生じた原因として推測できることは、一連続降雨の時間雨量の強弱や総量の違いによりB圃場の排水効果に変化が生じてくること、また地下水位が上昇する直前の水位がどの位置から立ち上がるかということも関係すると考えられる。しかし、この調査は今回を含めて2年目でデータ数も少なく、今後も引き続き地下水位調査を行うことによって、結果の信頼性を高めることに努めなければならないと考える。

b 最高水位から地下水位40cmまで低下する時間

圃場の地下水位が高い期間が長く続くと農作物の生育に影響を及ぼす他、地表が膨軟になり農作業機の稼働が不可能となり作物管理等の営農上に支障をきたすことになる²⁾。一般に、農作業機稼働可能となる圃場地下水位は地表より40cm以下の場合と言われてい³⁾。そこで、圃場地下水位が地表面近くまで上昇し最高水位から40cmまでいかに迅速に低下させるかが営農上問題となってくる。したがって、ここでは各圃場における地下水位40cmまで低下する時間を比較し、農作業機稼働開始となるまでにどのくらい時間がかかるかを調べた。

各圃場における一連続降雨事例別の地下水位40cmまで低下する時間を比較したものを図16に、各一連続降

雨の総降雨量を表1に示す。なお、この図中のI～IXは各一連続降雨事例である。図16より、C圃場がAおよびB圃場と比べると相当時間がかかっていることがわかる。特に、IXの事例をみると、A圃場の約3倍以上、B圃場の約2倍以上時間がかかっている。

A圃場とB圃場を比べると、A圃場の方が短時間で水位を下げる事例が多いことがわかる。特に顕著な例を上げると、I事例においてはA圃場がB圃場よりも14時間、II事例では20時間、III事例では14時間、IX事例では23時間とそれぞれ短時間で水位を低下させていることがわかる。この結果より、A圃場が地下水位上昇後B圃場より短時間で農作業機稼働可能となり有材心土破碎が営農上有利であることが示されていた。

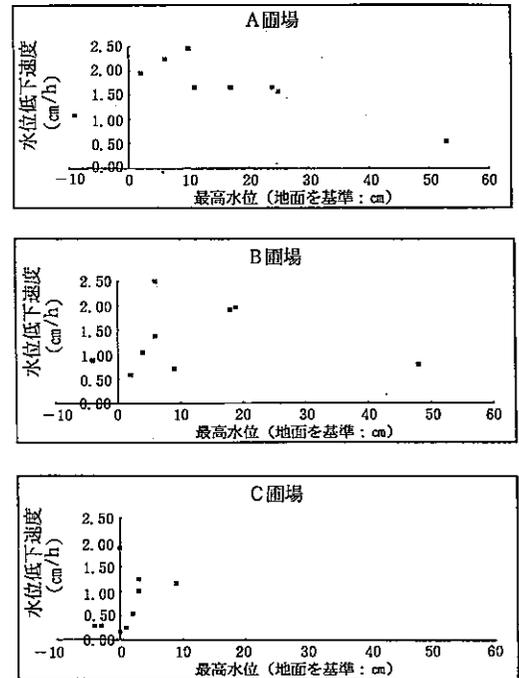


図16 最高水位時から地下水位40cmまで低下する時間

表1 一連続降雨事例

事例	降雨期間	降雨量(mm)
I	5/24 19:00~5/26 6:00	38.5
II	6/8 12:00~6/9 7:00	64.0
III	6/11 19:00~6/12 5:00	25.0
IV	8/8 23:00~8/9 22:00	87.5
V	8/13 1:00~8/13 17:00	36.5
VI	8/14 18:00~8/15 8:00	26.0
VII	8/20 1:00~8/20 16:00	16.5
VIII	9/9 5:00~9/12 2:00	160.5
IX	10/9 15:00~10/10 10:00	82.0

c 最高水位からの地下水位低下速度

最高水位到達から24時間までに地下水位が低下する割合を各圃場別に見るために、地下水位低下速度を計算し比較検討を行った。

各圃場の一連続降雨事例別の最高水位とその最高水位から24時間後までの地下水位低下速度との関係を図17に示す。なお、この図中の最高水位の値は地表面を基準にしているので、数値が高いほど地下水位が低いことを示している。

地下水位40cmまで低下する時間(1992年)

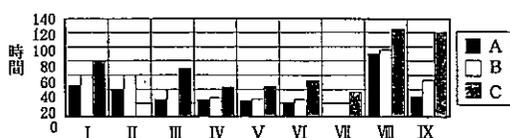


図17 各圃場の地下水位低下速度

これらの図より、3圃場とも最高水位が比較的低い位置から水位低下するときの低下速度は小さく、また逆に、地表面よりも高いとき(冠水時)から水位低下するときもまた速度が小さいという結果が現れている。

A圃場の最高水位と地下水位低下速度の関係は平均して1.6cm/h~2.5cm/hの間で安定しているのに対し、B圃場では0.5cm/h~2.5cm/hの間で各事例別でばらつきが生じていることがわかる。これは、有材心土破碎により透水性が改善されたため地下水位低下速度もB圃場よりもA圃場が安定し、確実に水位低下させる結果となったものであろう。C圃場については、最高

水位が高い位置からでも低下速度は遅く、心土破碎を施している圃場と心土破碎を施していない圃場との排水効果がはっきり現れた。

謝 辞

本調査にあたって多大なるご指導及びご協力を賜りました。北海道開発局帯広開発建設部農業開発2課及び、豊頃町役場農水産課の関係各位にここに記して感謝を申し上げます。

引用文献

- 1) 丸山利輔他, 新編灌漑排水下巻, 149-150, 1988
- 2) 丸山利輔他, 新編灌漑排水上巻, 195, 1986
- 3) 農業土木学会編, 農業土木ハンドブック, 473, 1989

Summary

Many fields cannot drain smoothly because of heavy clay and hard soil traits, even after the ground water table rises as a result of rainfall. Yearround high ground water table levels negatively affect the growth of agricultural products.

In the Ninomiya area of the township of Toyokoro, situated in the eastern part of the Tokachi district, the problem mentioned above can be seen. Improvement of drainage systems is a matter of acute concern. Therefore one field in Ninomiya was set aside as an experimental field, and there the effectiveness of various underdrainage systems was measured in order to find the most suitable system for heavy clay areas.

Three drainage fields were arranged: (1) a field with underdrains using ordinary drainage pipes covered with gravel, (2) a field with (1) and subsoil breaking, and (3) a field with (1) and subsoil breaking using volcanic ash sands.

The examination of ground water tables revealed a sharp difference between the field with only underdrains and the field with underdrains and subsoil breaking. The importance of subsoil breaking in heavy clay and hard soil areas was confirmed. Also, comparisons of simple subsoil

breaking with subsoil breaking using volcanic ash sands showed the latter to let a higher percentage of water through and to help advance drainage effects.