

宮古島の地下ダム流域における島尻マーヅ圃場表土の水の浸透性 Permeability of Shimajiri maji field's surface soil in an underground dam basin, Miyako island

○石本帆乃^{*,**}・吉本周平^{*,**}

ISHIMOTO Hono, and YOSHIMOTO Shuhei

1. はじめに

平坦で川のない地形と透水性の高い多孔質岩石の琉球石灰岩が広く表層に分布する特徴を持つ宮古島では、ほとんどの用水を地下水に依存せざるを得ない。1980年代には水道水源の硝酸態窒素による地下水汚染が問題となり、1988年に宮古島地下水水質保全対策協議会が設立され、地下水汚染対策が講じられてきた(宮古島市, 2003)。宮古島では、農業用水確保のために建設された地下ダムでも継続的に水質モニタリングがなされている(例えば, 石田ら, 2015)。化学肥料の使用が地下水中の硝酸態窒素濃度に与える影響については、中西(2001)が施肥時期と降水量との関係を整理している。しかし、地上で発生した硝酸イオンが不飽和帯水層中を通過して地下水面に到達する過程については明らかになっていない。不飽和帯水層中の水の移動現象を理解する上で、入口にあたる表土での水の浸入過程の理解が不可欠であることから、本稿では、地下ダム流域の圃場でインテークレート試験を実施し、表土での水の浸透について検討した。

2. 研究方法

沖縄県宮古島市の砂川地下ダム流域内左岸側に位置する圃場約 34a を対象地とした(図1)。作付作物はサトウキビで、試験時は前作収穫後、株出し栽培のために株揃えと根切りが完了した状態であった。圃場内の表土は島尻マーヅである。図2のように試験地点を決定し、畝間でインテークレート試験を実施した。試験には、内径 100mm のアクリル製円筒と内径 154mm の塩ビ製円筒を用いた。円筒は設置場所を毎回変え(地点 1, 3 は 2 反復, 地点 2, 4, 5 は 3 反復)、打込み深さは島田(1988)を参考に 10cm とした。翁長ら(1993)の検討を参考に緩衝池は設置しなかった。水位は 150mm を所定の水位とし、50mm 以上低下した場合は静かに円筒内に注水した。1分から5分まで 1 分刻み、5分から60分まで 5 分刻みで目視計測し、積算浸入量 (D , mm) を求めた。積算浸入量の実測値と浸透開始後の経過時間 (t , min) から次式より、最小二乗法を用いて、係数 c , n を算出した。また、インテークレート (I , mm/h)、ベーシックインテークレート (I_b , mm/h) (岩間ら, 1988) と圧力水頭がゼロのときの不飽和透水係数 (K , cm/s) は次式により求めた(島田ら, 1989) :

$$D = ct^n, \quad I = 60cn t^{n-1}, \quad I_b = 60cn [600(1-n)]^{n-1}, \quad K = (I_b / 1770)^{1/0.54}$$

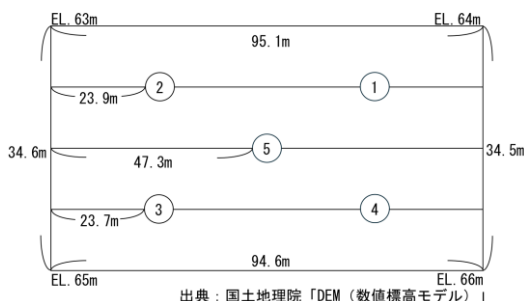


図1：試験対象圃場における試験地点の位置
Location of the test site in the test field

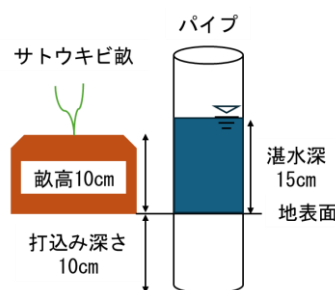


図2：インテークレート試験の概要
Outline of intake rate test

* 筑波大学理工情報生命学術院 Graduate School of Science and Technology, University of Tsukuba

** 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究部門 Institute for Rural Engineering, NARO

キーワード：地下ダム, 島尻マーヅ, インテークレート試験, 透水係数

3. 結果と考察

インテークレートの経時変化を図3に示す。一般にインテークレートは試験開始直後数分間は著しく減少し、やがてほぼ一定になる。各地点の平均透水係数の推定値を表1に示す。オーダーは、 $10^{-8} \sim 10^{-3} \text{cm/s}$ とばらつきがあった。内径 154mm の値が内径 100mm より高いオーダーを取る結果となった理由としては、内径が大きい方が浸入しやすい部分を含みやすかったことが推察される。宜保ら (1977) は、オーガー孔法によって求められた平均透水係数は $10^{-5} \sim 10^{-4} \text{cm/s}$ であることを報告しており、今回の結果では例えば地点4の値は両内径においてこれを下回っている。吉永(1984)らは、宮古島では土地改良事業（もしくは個人）として、保水性の増加を目的としたクチャ（島尻層群泥岩）の客土を 5~10cm 実施しており、クチャが風化したジャーガルの混入により圃場土の浸透能が低下することを明らかにした。宮城 (1976) は、ジャーガルを含む圃場土を用いた室内透水試験では概ね 10^{-7}cm/s であったことを報告している。試験圃場は地下ダム建設時の附帯事業による圃場整備の際、もしくはそれ以前にクチャ客土が実施された可能性があり、ジャーガルの散在は地点間でのばらつきの原因のひとつであると考えられる。表土での水の浸入において、下層への鉛直方向の浸入だけでなく、ジャーガルの存在による水平方向の流れが生じる（吉永ら、1984）過程があると考えられる。砂川流域内には、大雨時に土壌から浸透しきらずに表面に浮いた水が排水路を介し、大雨時の洪水調節として設置されている浸透池に導かれて浸透する。そのため、客土により表土の浸透能が低下した圃場では、施肥により付加された硝酸態窒素が大雨時に圃場の外へ流れ出す可能性が示唆される。今後は、客土の有無の解明と、台風等の降水量が増嵩する際の浸入能の調査による現場の詳細な解明が期待される。

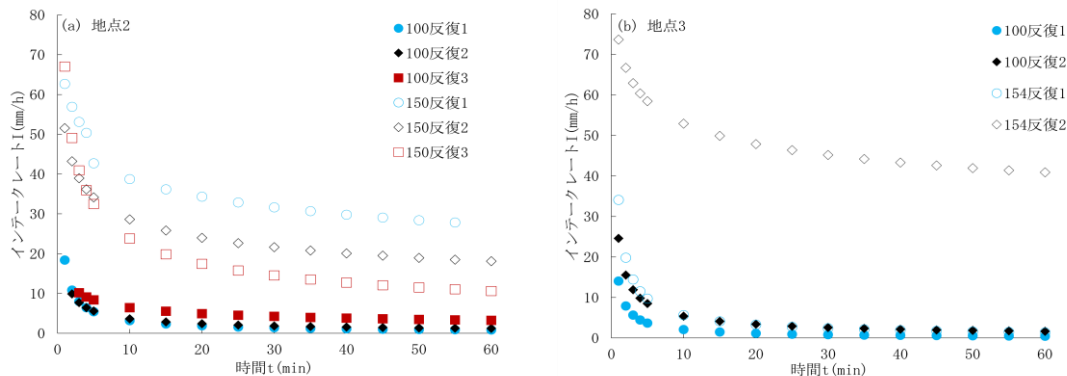


図3：インテークレートの経時変化
Changes in the intake rate over time

表1：各地点の透水係数の推定値
Estimated average permeability at each test location

| 内径(mm) | 地点 1 (cm/s) | 地点 2 (cm/s) | 地点 3 (cm/s) | 地点 4 (cm/s) | 地点 5 (cm/s) |
|--------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 100 | 2.47×10^{-8} | 1.17×10^{-6} | 1.25×10^{-7} | 4.71×10^{-7} | 4.14×10^{-6} |
| 154 | 1.53×10^{-3} | 1.55×10^{-4} | 4.23×10^{-4} | 1.28×10^{-7} | 9.26×10^{-4} |

謝辞 本研究の一部は、生研支援センター オープンイノベーション研究・実用化推進事業 (JPJ011937) の支援を受けた。調査では宮古土地改良区ならびに圃場所有者の協力を得た。また、農研機構農村工学研究部門の複数の研究者から助言や協力を得た。記して感謝申し上げる。

引用文献 1) 宮古島地下水水質保全対策協議会 (2003) 1-141, 2) 石田ら (2015) 地下水学会誌, 57(4), 515-532, 3) 中西ら (2001) 土肥誌, 72(4), 499-504, 4) 島田 (1988) 農土論集, 136, 9-13, 5) 翁長ら (1993) 琉大農報, 40, 77-86, 6) 岩間ら (1988) 土壌の物理性, 57, 47-51, 7) 島田ら (1989) 農土論集, 143, 39-45, 8) 吉永ら (1984) 琉大農報, 31, 67-72, 9) 宜保ら (1977) 琉大農報, 24, 449-455, 10) 宮城 (1976) 琉大農報, 25, 339-349