

9815 塩類集積地帯における灌漑方法と塩分濃度管理に関する研究

助成研究者：藍 房和 (東京農業大学 農学部)
 共同研究者：穴瀬 真 (東京農業大学 総合研究所)
 三原 真智人 (東京農業大学 地域環境科学部)
 東城 清秀 (東京農工大学 農学部)
 福村 一成 (東京農工大学 大学院)
 原 道宏 (岩手大学 農学部)
 齊藤 高弘 (宇都宮大学 農学部)

乾燥地・半乾燥地における土壌の塩類化防止は、持続的な農業生産にとって不可欠である。本研究は塩類集積地における適切な灌漑法と塩分濃度管理技術の確立を図ることを目的として研究を行っている。

塩類集積帯においては、塩分除去（リーチング）のための灌漑は重要な意義を持つ。これまでこの灌漑水の下方浸透過程において土壌中に設けた毛管遮断層が塩類土壌中の塩分除去に対して有効であることが実験的に確認され、また計算シミュレーションによっても毛管遮断層の排水能の有無による有効性の差を確認できた。この灌漑について太陽電池ポンプによる揚水・灌漑システムとして実用化のための検討を行い、その可能性を確認することができた。

塩類集積地帯では土壌粒子に吸着している陽イオンは Na^+ 成分が多く、貯水池や灌漑水中でも土壌粒子は沈降せず分散状態にある場合が多い。塩類集積地帯では灌漑水が懸濁水である場合が殆どであるため、その送水に当たって、ポンプの羽根車やケーシングに磨耗や過負荷が生じやすく、送水パイプの詰まりやドリップ灌漑エミッターや多孔管灌漑通水孔で閉塞を生じやすい。特に水資源不足から節水灌漑を進める必要があるが、低圧で灌漑水が地表に流れ出るため通水孔の閉塞は深刻な問題である。

そこで本年度は灌漑用の多孔管における通水孔構造の拡大程度の違いが流量に与える影響について比較検討した。その結果、一定半径の通水孔1と拡大構造の通水孔2~4において明確な差が生じ、全体を通して通水孔2~4を通過する流量は通水孔1を上回る傾向が見られた。これから拡大構造の通水孔における通水能は、一定半径の通水孔を上回ると判断できた。また土壌懸濁流による閉塞を考慮して灌漑用の多孔管における通水孔構造をレオロジー的に検討した結果、流れ方向に通水孔半径を拡大させると、閉塞を防止できることがわかった。分散性や可塑性の高い土壌粒子を含む灌漑水を利用する場合、半径を拡大させた通水孔構造は通水機能を維持する上で有効であることが明らかとなった。

9 8 1 5 塩類集積地帯における灌漑方法と塩分濃度管理に関する研究

助成研究者：藍 房和 (東京農業大学 農学部)
共同研究者：穴瀬 真 (東京農業大学 総合研究所)
三原 真智人 (東京農業大学 地域環境科学部)
東城 清秀 (東京農工大学 農学部)
福村 一成 (東京農工大学 大学院)
原 道宏 (岩手大学 農学部)
斉藤 高弘 (宇都宮大学 農学部)

1. 研究の経過

乾燥地・半乾燥地における土壌の塩類化防止は、持続的な農業生産にとって不可欠である。特に地質的な過程ではなく、不適切な灌漑によって引き起こされる塩類化は避けなければならない。

東京農業大学を中心とした本研究グループではタイ国東北部に位置するKhon Kaen市を中心とする地域を調査対象とし、塩類土壌化対策としてのポルダ(輪中)プロジェクトに着手し研究を進めてきた。この地域は半乾燥地的な気候や岩塩が地下に広く分布するという自然条件に加えて、急激な人口増加、食糧増産の必要を満たすための河川上流域の森林伐採という社会的条件が加わり、急激な環境破壊に直面している。このような状況のもと無計画な森林伐採による耕地の拡大を止め食糧生産の増大を図るためには、適切な灌漑農業の導入が必要であり、導入される灌漑によって農地の塩類化が生じないように、十分に計画・管理されたものでなければならない。

本研究は上述の地域を研究対象とし、①リーチングのための灌漑水の下方浸透過程において土壌中に設けた毛管遮断層による塩類土壌中の塩分除去効果の検討、またこれに関連して②土壌中の塩分動態を把握するためのコンピュータシミュレーションの利用、③太陽電池で駆動するポンプによる揚水・灌漑システムの適用可能性についてシステム全体のフィージビリティスタディの実施などについて研究を進めた。研究結果の概要は後述するが、本年度はこれらの結果に基づいて揚水・灌漑システムの実用上、最も重要な課題となる土壌懸濁水の処理策に関連した事項を研究課題として取り上げることにした。前年度までの研究結果の概略を整理すると以下の通りである。

① 土壌中の塩分動態に関するシミュレーション

土壌中に設けた毛管遮断層が塩類土壌中の塩分除去(リーチング)に対して有効である事が示され、室内土壌カラム実験より毛管遮断層が排水能を持つ場合に塩分除去効果が促進される可能性が示唆されていた。そこで計算機シミュレーションによって毛管遮断層の排水能の有無による差を確認した。

計算ドメインは幅1 cm長さ60 cmの粘土質ロームからなる鉛直一次元とした。また、遮断層は深さ20 cmから35 cmの砂層であるとした。また、各土層の土壌水分特性はプログラムに添付して与えられているvan Genuchtenモデルの値を利用した。ここでは土壌塩分が雨水によって下方へ移動する下方浸透過程について調べた。下方浸透開始から12時間までの毛管遮断層が排水能を持たない場合の計算結果をFig. 1.1に、排水能を持つ場合の塩分濃度変化をFig. 1.2に示した。

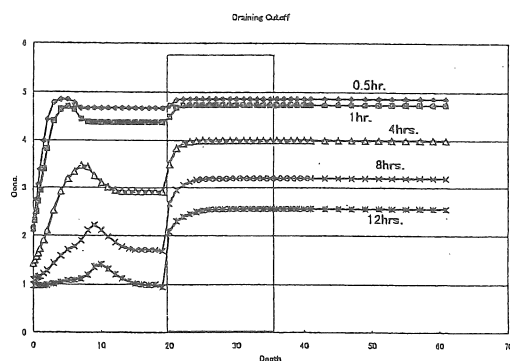
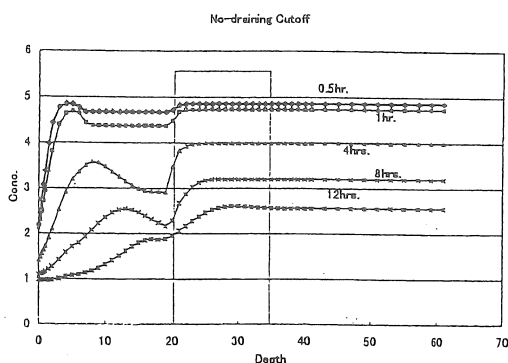


Fig. 1.1 No-draining cut-off, salinity profile change with time

Fig. 1.2 Draining cut-off, salinity profile change with time

図の x 軸は深さ、y 軸は土壌中の塩分濃度を示し、図中の長方形は深さ20～35 cmに設定した毛管遮断層の位置をあらわしている。各グラフから下方浸透にともなって土層全体の塩分濃度が低下している事がわかる(Figs. 1.1, 2)。また、同一経過時間で両グラフを比較すると、遮断層上端より上層では排水能有りの方が無しの場合に比較して塩分濃度が低下している。遮断層内では排水能なしの場合に濃度低下が大きい。

これらは遮断層が排水能を持つことにより、それより上層の塩分の系外への排除がより速やかに行なわれることを示している。また側方に排水されることから遮断層内全体を浸透する水量が少なくなるために遮断層内の塩分濃度低下が少なくなることが明らかとなった。さらに各時間毎の両者の濃度差を調べた結果、濃度差が正の値を取る時は排水能有りの方が塩分濃度が低く、負の値では排水能なしの方が低いことが明らかとなった。また、遮断層上面(20 cm)より上層では排水能有りで塩分濃度が低く、それより下層では排水

能なしで濃度が低い傾向を示した。また深部ほど両者の差が小さくなっているのは、下方境界条件（自由排水）が支配的となっていると判断できた。

② 太陽電池ポンプによる揚水・灌漑システムの検討

商用電源が確保できない農地においても太陽電池を用いることにより、電気モータ駆動ポンプによる揚水・灌漑システムを構築することが可能である。太陽電池ポンプは豊富な日射量がえられるタイ国北部では有効な灌漑手段であり、今回の実験ではその性能の確認とシステム設計に必要な設備諸元を決定するための基礎データ収集を目的とした。

夏期（8月）の実験における日射強度と太陽電池出力の日変化の測定例をFig. 1.3に、ポンプの揚水流量の日変化をFig. 1.4に示した。8月は雨季のため、日射も不連続であり、太陽電池出力も不安定なものとなった。日射量の変化に応じて電池出力が低下し、ポンプの作動が中断する場合があった。図示した8月14日の最大日射強度は 1.1 kW/m^2 、水平面全天日射量は $11.2 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{d}$ に対して、太陽電池の最大出力は 82 W 、1日の発電量は 2.03 MJ/d 、揚水量は 3.19 m^3 であった。ただし、最大出力は瞬間値であり、午前6時から午後7時までの平均出力は 43.3 W となった。

春期（3月）の実験における日射強度と太陽電池出力の日変化の測定例をFig. 1.5に、ポンプの揚水流量の日変化をFig. 1.6に示した。3月の実験では終日快晴で、連続した日射が得られ、太陽電池の出力も安定したものとなった。この日の最大日射強度は 0.9 kW/m^2 、水平面全天日射量は $22.6 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{d}$ 、太陽電池最大出力は 55 W 、1日の発電量は 1.74 MJ/d 、揚水量は 2.56 m^3 であった。揚水量が8月の例より少ないのは、ホース中央部の折れ曲がりにより圧力損が生じたためである。

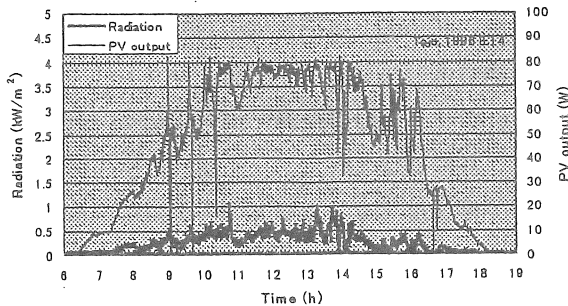


Fig.1.3 Hourly change of solar radiation and output of photovoltaic panel in August.

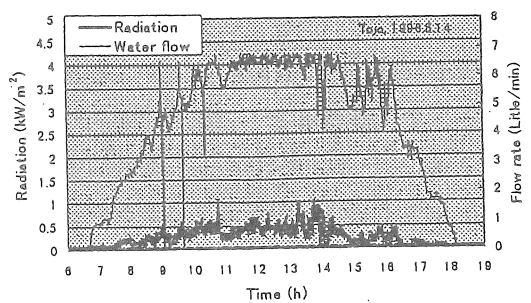


Fig.1.4 Hourly change of solar radiation and water flow rate of water pump in August.

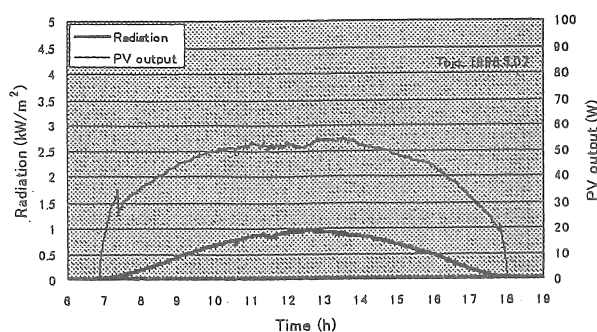


Fig.1.5 Hourly change of solar radiation and output of photovoltaic panel in March.

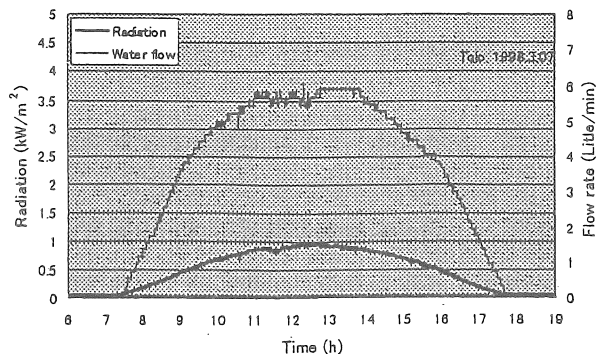


Fig.1.6 Hourly change of solar radiation and water flow rate of water pump in March.

太陽電池の平均発電効率は12.5%であり、0.36 m²の太陽電池パネルを使い、3 m程度の揚程であれば1日当たり2.5 m³の揚水が可能であることがわかった。また夏期および春期の実験とも太陽電池とポンプは良好に作動し、選択された寸法の太陽電池パネルはポンプの駆動に十分な電力を供給できることが確認された。ポンプの揚水高さを十分大きくできなかったが、ポンプ排出口に設けたバルブの調節によってポンプの揚水圧力と流量の関係を測定した結果、0.8 kW/m²の日射強度に対して、0.3 MPa程度の揚力圧力が得られることから、このシステムでは約30メートルの揚程が可能と確認された。

2. 多孔管灌漑における土壌懸濁水と通水孔の構造特性

2.1 研究の背景

塩類集積地帯では土壌粒子に吸着している陽イオンはNa⁺成分が多く、貯水池や河川における灌漑水中でも土壌粒子は沈降せずに分散状態にある場合が多い。太陽電池ポンプによる揚水・灌漑システムについて検討を加えたが、貯水池や河川の水源が懸濁水である場合には、ポンプの羽根車やケーシングに磨耗や過負荷を生じやすく問題となっている。

また灌漑水の下方浸透過程において、土壌中に設けた毛管遮断層が塩類土壌中の塩分除去(リーチング)に対して有効である事が示され、計算機シミュレーションによって毛管遮断層の排水能の有無による差を確認できた。塩分除去を進める上においても灌漑は重要な意味を持つが、貯水池や河川からの灌漑水が懸濁水である場合、送水パイプの詰まりやドリップ灌漑エミッターや多孔管灌漑通水孔で閉塞を生じやすい。特に水資源不足から節水灌漑を進める場合、低圧で灌漑水が地表に流れ出るため、通水孔の閉塞は深刻な問題とな

っている。

そこで本年度は灌漑用の多孔管における通水孔構造の拡大程度の違いが流量に与える影響について比較検討し、土壌懸濁流による閉塞を考慮した多孔管の通水孔構造をレオロジー的に解析した。

2. 2 研究の目的

灌漑のための送水過程におけるパイプやエミッターなどの閉塞現象は深刻な問題で、早急に解決されなければならない。特に塩類集積地帯では土壌粒子に吸着している Na^+ 濃度が高く、貯水池や河川における灌漑水中でも土壌粒子は沈降せずに分散状態にある場合が多い。タイ国においても高濃度のグループに属する濁度を示した水源が多く、灌漑計画において送水過程の閉塞対策が重要となってきた。

閉塞を防止するためには多孔管における通水孔の直径を拡大すれば良いが、過剰な灌漑は損失水量の増大にもつながるため、通水に必要な最低限の直径で閉塞を防止できる通水孔構造について関心が注がれている。

これまでドリップ灌漑管のエミッター半径が一定の孔と流れ方向に半径が拡大する孔における閉塞率の相違が経時的に調べられ、半径が流れ方向に拡大し、しかも孔の長さが短い場合に閉塞が生じ難くなることが報告されている。しかし管を流れる灌漑水の懸濁状態や孔構造の閉塞機構については記述されていない。

本研究では、灌漑用の多孔管における通水孔構造の拡大程度の違いが流量に与える影響について比較検討した。さらに土壌懸濁流による閉塞を考慮した多孔管の通水孔構造をレオロジー的に解析した。

2. 3 実験方法

厚さ0.5cmの塩化ビニール板に半径が一定（以下、通水孔1）の通水孔と拡大径の通水孔を作成した。拡大径の通水孔は各々鉛直方向から $17^\circ 29' 04''$ 、 $29^\circ 53' 56''$ 、 $49^\circ 36' 00''$ の角度で半径が開いている（以下、通水孔2, 3, 4）。これらの通水孔に木節粘土の土壌懸濁液を流し、水頭を変化させて通水孔を通過する流量を比較した。与えた水頭は7, 10, 15, 30, 45mmである。流量の測定に際しては、十数回の測定の平均値とした。

Table 2.1 Strainer structure investigated

Strainer	Length (cm)	Enlargement degree(θ°)	Diameter of inside (cm)	Diameter of outside (cm)
1	0.5	$0^\circ 00' 00''$	0.125	0.125
2	0.5	$17^\circ 29' 04''$	0.125	0.44
3	0.5	$29^\circ 53' 56''$	0.125	0.7
4	0.5	$49^\circ 36' 00''$	0.125	1.3

Table 2.2 Physical and chemical properties of Kibushi clay

	Specific gravity	Particle size distribution(%)				Dispersion ratio (%)	pH (H ₂ O)	EC (μS/cm)
		Coarse sand	Fine sand	Silt	Clay			
Kibushi	2.64	0	24.0	49.1	26.9	49.5	4.55	36.5

また測定値が分散した場合は、繰り返し測定を行った。通水孔構造をTable 2.1、木節粘土における土壌の理工学的特性をTable 2.2、実験装置の概略をFig. 2.1に示した。

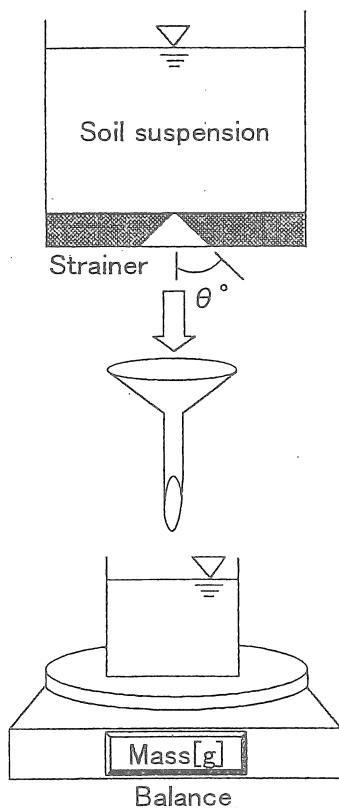


Fig. 2.1 Experimental procedure for measuring discharge of soil suspension through strainer

2. 4 通水孔における土壌懸濁液の流動式

土壌懸濁液は濃度の上昇に伴って、降伏値を持つビンガム流動を示すことがわかっている。ビンガム流動を示す懸濁液には速度勾配を生じない栓流があり、これが瞬時的な閉塞の原因であると考察されている。栓流半径 r_0 は、懸濁液に作用する圧力差 ΔP 、懸濁液のビンガム降伏値 θ 、通水孔長さ L の関係から算出でき、(1)式で示される。

$$r_0 = \frac{2L\theta}{\Delta P} = \frac{2L\theta}{P_1 - P_2} \quad (1)$$

但し、 P_1 は多孔管内部の圧力、 P_2 は多孔管外部の圧力である。

円形断面で半径が一定の通水孔において、通水孔の中心軸からの距離 r が栓流半径 r_0 を上回る範囲内における土壌懸濁流の速度 V は(2)式で示される。

$r > r_0$ の場合、

$$V = \frac{1}{\eta_{pl}} \left[\frac{(R^2 - r^2) \Delta P}{4L} - \theta(R - r) \right] \quad (2)$$

但し、 η_{pl} は土壌懸濁液の可塑粘性、 R は通水孔半径である。

また通水孔の中心軸からの距離 r が栓流半径 r_0 と等しいか、下回る場合には下式が適用される。

$r \leq r_0$ の場合、

$$V = \frac{1}{\eta_{pl}} \left[\frac{(R^2 - r_0^2) \Delta P}{4L} - \theta(R - r_0) \right] \quad (3)$$

で示される。

2. 5 結果と考察

(1) 通水孔構造による土壌懸濁流の変化

各濃度における実験結果をFigs. 2.2~2.7に示した。その結果、各実験を通して水頭差に伴って浸透流量は緩やかな増加傾向を示した。また通水孔1と通水孔2~4において明確な差が生じ、全体を通して通水孔2~4を通過する流量は通水孔1を上回る傾向が見られた。これから拡大構造の通水孔における通水能は、一定半径の通水孔を上回ると判断できた。しかし、通水孔2~4の流量における違いはほとんど見られず、通水孔の拡大程度による流量の差は生じなかった。

(2) 通水孔構造に関するレオロジー的考察

拡大構造の通水孔は一定半径の通水孔よりも有効であることが実験的に明らかとなった。ここでは土壌懸濁流による閉塞を考慮して灌漑用の多孔管における通水孔構造をレオロジー的に検討した。

2.1) 一定半径の通水孔構造

円形断面で半径が一定の通水孔においては、前述の通りビンガム流動を示す土壌懸濁流の栓流半径 r_0 は(1)式で表される。このような場合、土壌懸濁流による瞬時閉塞を防ぐには、通水孔の半径が栓流半径を上回るような通水孔構造を考える必要がある。また被覆材に用いた砂礫による通水孔の閉塞を考慮して、通水孔半径の上限が制限されるので適切な通水孔半径の範囲は(4)式となる。

$$r_0 < R \quad (4)$$

但し、 R は通水孔の半径である。(4)式に示したように通水孔半径を定めれば、懸濁流による閉塞とそれに伴う通水機能の低下を防ぐことができるであろう。

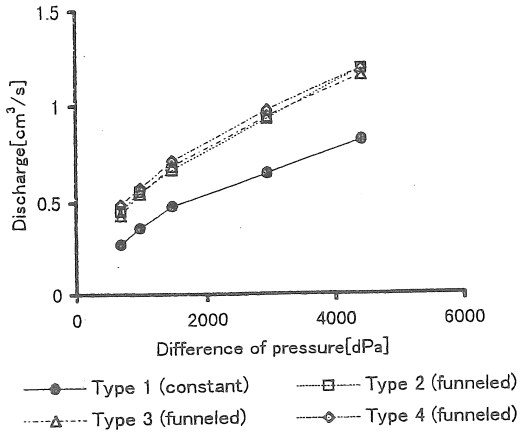


Fig. 2.2 Changes in discharge through strainer with difference of pressure ($0\text{g}/100\text{cm}^3$)

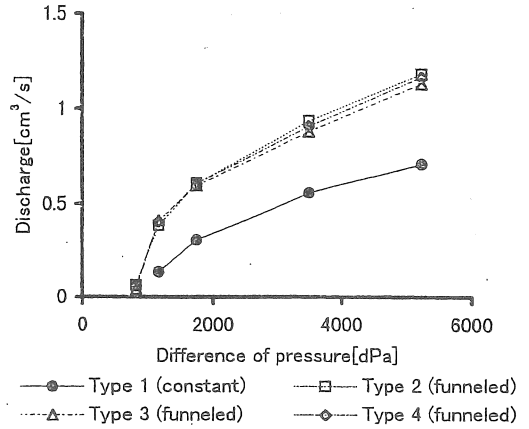


Fig. 2.5 Changes in discharge through strainer with difference of pressure ($30.39\text{g}/100\text{cm}^3$)

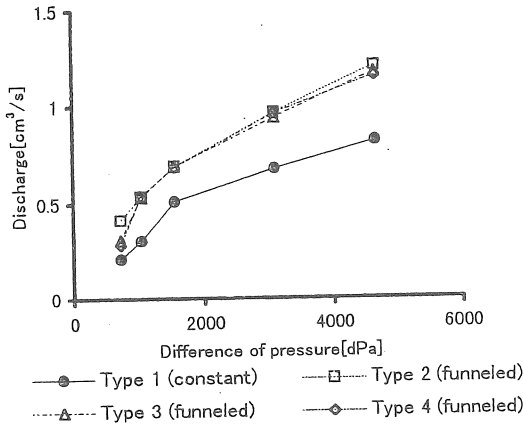


Fig. 2.3 Changes in discharge through strainer with difference of pressure ($8.79\text{g}/100\text{cm}^3$)

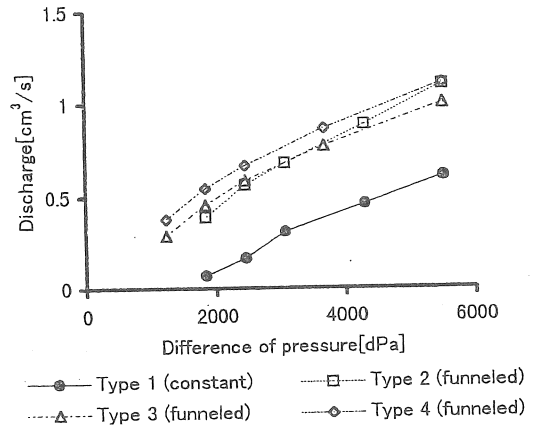


Fig. 2.6 Changes in discharge through strainer with difference of pressure ($40.75\text{g}/100\text{cm}^3$)

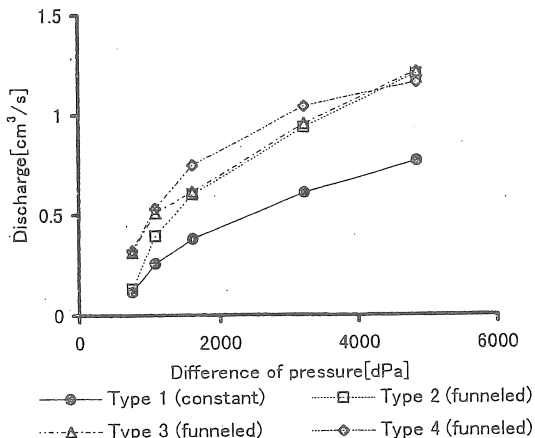


Fig. 2.4 Changes in discharge through strainer with difference of pressure ($16.12\text{g}/100\text{cm}^3$)

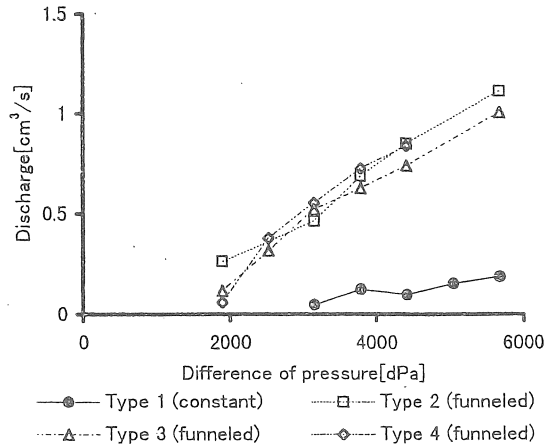


Fig. 2.7 Changes in discharge through strainer with difference of pressure ($46.59\text{g}/100\text{cm}^3$)

しかし灌漑水の土壌懸濁濃度が高い場合、一定半径の通水孔構造では閉塞を生じる可能性が高くなる。そのため半径が流れ方向に従って拡大する通水孔における土壌懸濁流と通水孔構造を検討した。

2.2) 拡大半径の通水孔構造

通水孔は円形断面で、その半径が拡大する通水孔構造の一例をFig. 2.8に示した。通水孔の半径Rは ΔL 毎に $R_1, R_2, \dots, R_j, \dots, R_m (R_j < R_{j+1})$ と拡大する。

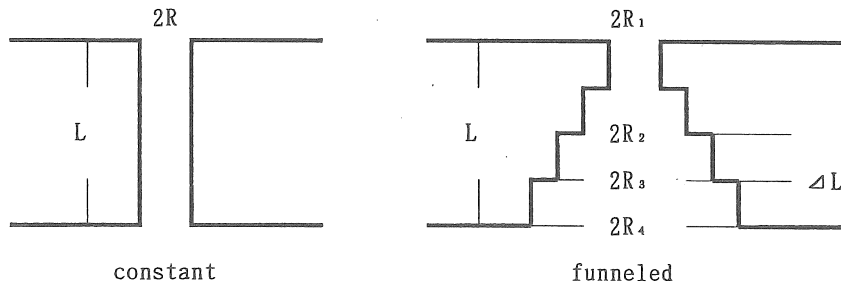


Fig. 2.8 Strainer structures of irrigation porous pipe

それに伴って各断面における圧力は $P_1, P_2, \dots, P_j, \dots, P_m$ と変化する。懸濁濃度の上昇に伴って弾性的に挙動する栓流部分が多くなり、通水孔の閉塞が生じる。懸濁流が閉塞を起こし不連続となる限界付近において、通水孔半径と圧力の間には(5)式の関係が成り立つと仮定する。この仮定は土層中における各深さの有効応力を算出する際などに用いられている。

$$P_1 \pi R_1^2 = P_2 \pi R_2^2 = P_j \pi R_j^2 = P_m \pi R_m^2 \quad (5)^*$$

R_{j-1} 断面を流れる懸濁流の栓流半径 $r_{o,j-1}$ は次式となり、通水孔半径が栓流半径を上回れば閉塞が生じない。

$$r_{o,j-1} = \frac{2L_{j-1} \theta}{\Delta P_{j-1}} < R_{j-1}$$

また圧力差は(4)式に示した関係から次式となる。

$$\begin{aligned} \Delta P_{j-1} &= P_{j-1} - P_j = P_{j-1} - P_{j-1} (R_{j-1}/R_j)^2 \\ &= P_{j-1} [1 - (R_{j-1}/R_j)^2] \end{aligned}$$

これを代入すると、次式となる。

$$r_{o,j-1} = \frac{2L_{j-1} \theta}{P_{j-1} [1 - (R_{j-1}/R_j)^2]} < R_{j-1}$$

(4)式の関係から $P_{j-1} = P_1 (R_1/R_{j-1})^2$ で、これを代入して次式となる。

$$r_{o,j-1} = \frac{2L_{j-1} \theta}{P_1 (R_1/R_{j-1})^2 [1 - (R_{j-1}/R_j)^2]} < R_{j-1}$$

L_{j-1} を定めて懸濁液のビンガム降伏値と多孔管内部の圧力から、次式に基づいて R_j を算出できる。これは(6)式となる。

$$R_j > \frac{R_{j-1}}{[1-(2L_{j-1}R_{j-1}\theta / (P_1R_1^2))]^{1/2}} \quad (6)$$

この(6)式が流れ方向に従って半径が拡大する通水孔において、通水孔半径を算出する一般式となる。(6)式に基づいて各断面における通水孔半径を算出すれば、通水孔における閉塞を防止できるであろう。

2.3) 通水孔における土壌懸濁流のシュミレーション

半径が一定の通水孔構造および流れ方向に従って半径が拡大する通水孔構造における土壌懸濁流をシュミレーションした。まず、通水孔における土壌懸濁流の条件は、 $R=0.5\text{mm}$ 、 $\theta=0.328\text{dPa}$ 、 $\Delta P=20\text{dPa}$ 、 $L=4\text{mm}$ を仮定した。(1)式に基づいて一定半径の通水孔構造における閉塞を検討した結果、通水孔半径 0.5mm に対して栓流半径は 0.13mm となり、閉塞を生じないことがわかる。

しかし分散性、可塑性の高い土壌粒子を含む懸濁した灌漑水のビンガム降伏値はさらに高くなると考えられる。そのためTable 2.3に示した条件を仮定して、一定半径および拡大半径の通水孔構造における土壌懸濁流をシュミレーションした。灌漑用の多孔管外部は大気圧とする。半径が一定の通水孔では、(1)式に基づいて閉塞を検討できる。 $r_0=2L\theta / (P_1-P_2)=0.8\text{mm}$ となり、 $R < r_0$ で閉塞が生じると予測できる。しかし流れ方向に従って半径が拡大する通水孔構造を考えて、(6)式に基づいて $R_1 \sim R_4$ を算出すれば各断面において $R_j > r_0$ となり、閉塞を防止できることがわかる(Table 2.4参照)。

このように土壌懸濁流による閉塞を考慮して灌漑用の多孔管における通水孔構造をレオロジー的に検討した結果、流れ方向に通水孔半径を拡大させると、閉塞を防止できることがわかる。分散性や可塑性の高い土壌粒子を含む灌漑水を利用する場合、半径を拡大させた通水孔構造は通水機能を維持する上で有効であろう。

Table 2.3 In case of suspension irrigated and strainer structure

Suspension irrigated		Strainer structure	
Bingham yield value (θ)	Pressure (P_1)	Thickness (L)	Strainer radius of outside (R)
2 dPa	20 dPa	4 mm	0.5 mm

Table 2.4 Radiuses of strainer and plug flow

	Depth of strainer	Radius of strainer	Radius of plug flow
R_1	0~1 mm	0.50 mm	0.489 mm
R_2	1~2 mm	0.65 mm	0.647 mm
R_3	2~3 mm	0.94 mm	0.935 mm
R_4	3~4 mm	1.90 mm	1.890 mm

2. 6 まとめ

本研究では通水孔構造の拡大程度の違いが流量に与える影響について比較検討した。その結果、通水孔構造による土壌懸濁流の変化を調べた結果、一定半径の通水孔1と拡大構造の通水孔2～4において明確な差が生じ、全体を通して通水孔2～4を通過する流量は通水孔1を上回る傾向が見られた。これから拡大構造の通水孔における通水能は、一定半径の通水孔を上回ると判断できた。

また土壌懸濁流による閉塞を考慮して灌漑用の多孔管における通水孔構造をレオロジー的に検討した結果、流れ方向に通水孔半径を拡大させると、閉塞を防止できることがわかった。分散性や可塑性の高い土壌粒子を含む灌漑水を利用する場合、半径を拡大させた通水孔構造は通水機能を維持する上で有効であることが明らかとなった。

* 付記

ニュートン流体と見なせば、質量保存則から通水孔の各断面における流量が一定となるので、

$$\frac{\pi R_j^4 \Delta P_j}{8L_j \eta} = \frac{\pi R_{j+1}^4 \Delta P_{j+1}}{8L_{j+1} \eta}$$

$L_j=L_{j+1}$ とすると、通水孔半径と圧力差の間には

$$R_j^4 \Delta P_j = R_{j+1}^4 \Delta P_{j+1}$$

の関係が成り立つ。

しかし、ここでは懸濁液の栓流で通水孔が閉塞した状態を考えたため、(5)式に基づいた。

参考文献

- 1) 穴瀬真, 藍房和 その他 1997. 塩類土壌地域の農業生産環境の改良に関する研究, (財)ソルトサイエンス研究財団平成8年度助成研究報告書
- 2) 穴瀬真, 藍房和 その他 1998. 塩類集積地帯における灌漑方法と塩分濃度管理に関する研究, (財)ソルトサイエンス研究財団平成9年度助成研究報告書
- 3) ゲイロン, S.キャンベル(中野政詩, 東山勇 監訳). 1987. パソコンで学ぶ土の物理-自然環境管理の基礎-. 鹿島出版会
- 4) 日本太陽エネルギー学会. 1980. 太陽エネルギーの基礎と応用. オーム社
- 5) Simunek. J.. 1994. Hydrus2D Users Manual. U.S. Salinity Laboratory, USDA
- 6) 戸川隼人. 1981. マイコンによる有限要素法解析. 培風館
- 7) van Genuchten, P.J. Wirenga. 1974. Simulation of one-dimensional solute transfer in porous media. New Mexico Agricultural Experiment Station Bulletin #628, Las Cruces.
- 8) 保原充, 大宮司久明. 1992. 数値流体力学-基礎と応用. 東京大学出版会
- 9) Markus Reiner. 1962. レオロジーの基礎理論. コロナ社

STUDIES ON IRRIGATION METHODS AND SALINIZATION CONTROL IN ZONES
WITH SALT ACCUMULATION SOILS

Fusakazu Ai*, Makoto Anase*, Machito Mihara*, Seishu Tojo**,
Kazunari Fukumura**, Michihiro Hara***, Takahiro Saito****

* Tokyo University of Agriculture

** Tokyo University of Agriculture and Technology

*** Iwate University

**** Utsunomiya University

Summary

Prevention of soil salinization in the arid and semi-arid zones is an indispensable measure for successive farm production. Basically, study on suitable irrigation methods is very important to control the salinization of soils. So, the former research in this project dealt the simulation of salt concentration changes in soil using a computer, the utilization of irrigation system with solar battery-powered pumps, and the estimation of efficiency and applicability of ceramic irrigation.

So far as we know, little work has been done in order to investigate the strainer structure of porous irrigation pipe to prevent clogging with suspended irrigation water. As soil particles absorbed with Na^+ tend to be dispersive, the clogging of strainer is a serious problem in irrigation processes. This study dealt with effective forms of strainer structure of porous irrigation pipe. Through the experiment to evaluate effect of strainer structure on discharge of suspended irrigation water, it became clear that suspended water flows more through strainer of funneled form comparing with constant radius strainer. Additionally, it was analysed on the basis of rheological of suspension flow which prevents clogging that the effective strainer structure of porous irrigation pipe is the funneled strainer in which pore radius becomes larger with the flow direction.