

中国甘肅省における水・塩動態を考慮した持続的な半乾燥地灌漑農業の検討  
 More sustainable irrigation regarding water and solute dynamics in semi-arid region of Gansu province, China.

佐藤雄二\*, 西村拓\*\*, 加藤誠\*\*\*, 劉新民\*\*\*\*

Yuji Sato\*, Taku Nishimura\*\*, Makoto Kato\*\*\*, Liu Xinmin\*\*\*\*

1. はじめに

近年、地球人口の増大に伴う食糧需給の逼迫により、食糧生産を増加させる必要がある。このためには灌漑農業の拡大が不可欠であるが、需要の増大により水資源を十分に確保することは難しい。そこで、灌漑農地において水資源を有効かつ適切に利用することが食糧生産上、重要となる。また、特に乾燥地域では、塩を含んだ地下水を灌漑することが同時に農地に塩類を投入することになり、過剰な灌漑は塩類集積の危険性を高めることになる。

本研究では、半乾燥地域の畑地において水・塩の動態をモニタリングし、2次元土中水分移動予測汎用プログラム HYDRUS-2D を用いて水・塩の動態をシミュレーションした結果と比較することで現地圃場の水・塩動態の再現を試みた。また、数値シミュレーションに基づいて、灌漑方法、灌漑量等に関するケーススタディを行った。

2. 研究方法

試験圃場は中国甘肅省武威市九墩のトウモロコシ畑(N38°10' 30.5"E102°46' 47.9")である。灌漑時は圃場全面が一時的に湛水する。また、灌漑水は塩(EC=0.5dS/m)を含んでいるため、灌漑水を施用すると、同時に圃場へと塩を投入することにもなる。

2006年3月に現地のトウモロコシ畑の深さ10-15cm、25-30cm、45-50cm、80-85cmにTDRセンサー(TDR100)と4電極ECセンサー、熱電対を埋設し、データロガー(CR10X:Campbell Scientific社)を用いて10月まで継続的に土中の水分、塩分の測定を行った。また、同じ深さの土層から、攪乱試料および不攪乱試料を採取した。

採取した土の粒径組成などの物理性を測定し、マルチステップ流出法(森ら2001)により、HYDRUS-1Dを用いて

保水性・不飽和透水性を表現する van-Genuchten-Mualem モデル(1980)のパラメータを得た。また、別途カラム実験で飽和・不飽和時の分散長(dispersivity)を測定した。

数値シミュレーションでは HYDRUS-2D (Simunek ら 1999)を使用した。土中の水移動には van Genuchten-Mualem モデルを用いた。

根による吸水は、根の最大深さを 50cm として、現地の観察結果に近い根密度分布を設定した。根の吸水と土壤水分の関係は Feddes モデル(1978)を用い、最適な根の吸水はサクシオンが-3~-50kPa の時に行われるものとし、-2400kPa を永久しおれ点とした。現地の圃場では表面がビニールマルチに覆われている場所と覆われてない場所があった。マルチの影響を考慮するため、図-1のように領域を設定し、マルチに覆われていない場所からのみ蒸発が生じるという条件で水・塩移動のシミュレーションを行った。このとき、上部境界に与える

蒸発散能は、現地のモニタリング結果から対象とする土層内で土壤水分収支法を用いて算出したもの(0~3 mm d<sup>-1</sup>)を蒸発散能

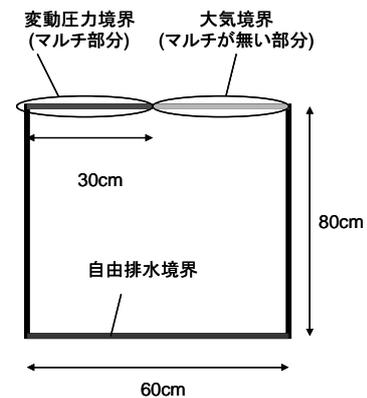
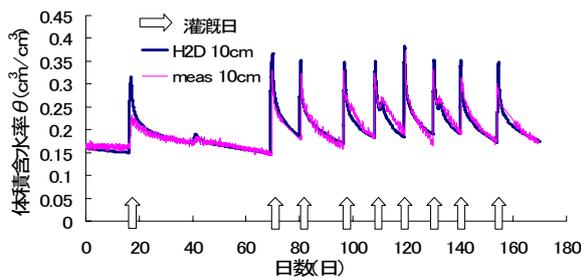


図-1 シミュレーションの境界条件

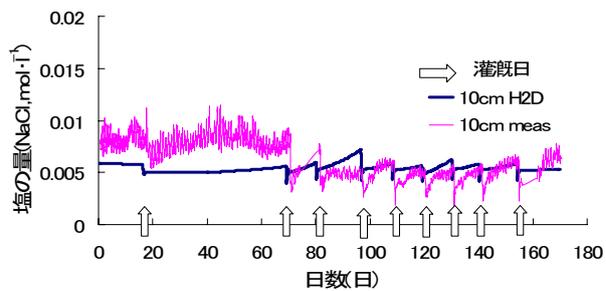
表-1 マルチステップ流出法から得たパラメータ

$\theta_r$	$\theta_s$	$\alpha$	n	Ks	l
0.0536	0.4364	0.0123	2.006	58.4	0.929

\*ケミカルグラウト(Chemical Grouting Company)、\*\*東京大学大学院農学生命科学研究科(The University of Tokyo)、\*\*\*東京農工大学大学院共生科学技術研究院(Tokyo University of Agriculture and Technology)、\*\*\*\*中国科学院蘭州砂漠研究所(Ranzhou Institute of Desert Research, China)  
 キーワード: 乾燥地、節水灌漑、灌漑排水、塩類集積



(a) 水移動



(b) 塩移動

図-2 水・塩移動のシミュレーションの結果とモニタリング結果

とし、Rosenthal(1977)のトウモロコシの生育ステージ毎の蒸発-蒸散比に応じて分配して境界条件とした。

### 3. 結果

図-2は武威の圃場の水・塩移動のシミュレーション結果とモニタリング結果を示した例である。HYDRUS-2Dを用いて行った水・塩の移動のシミュレーション結果は、圃場で実測された水・塩の変化を概ね再現することができた。

圃場における水・塩移動が再現できたパラメータを用いて、慣行の灌漑よりも水を効率よく利用でき、灌漑水の投入に伴う塩の投入量も少なくできる灌漑を検討した。具体的には、ケーススタディとして、慣行の全面湛水灌漑の効率を高めるもの(節水灌漑)と、畝間灌漑、地中灌漑を想定し、灌漑期の水と塩の動態を予測した。

ケーススタディでは、灌漑開始後15日目に播種を行った後に灌漑を行い、その後、50日目に灌漑を行って、50~160日目までは10日毎に灌漑を行うという条件にした(170日目が灌漑期の終了日)。さらに各灌漑で、灌漑水量を変えて灌漑を行うという設定にした。灌漑一回あたりに使用する水量は、節水灌漑 40mm、畝間灌漑 25mm、地中灌漑で 20mmである。検討を行った結果、表-2に示すように、慣行の灌漑に比べて、それぞれの灌漑で灌漑水量、塩の投入量を減らすことができた。畝間灌漑、地中灌漑では灌漑水を 300mm程度に節約でき、それに伴って塩の投入量も 1000kg/haほど減らせるという結果を得た。また、図-3に示すように慣行の灌漑では下方への排水量が大きくなり、植物が利用できず、無駄になる灌漑水が多かった。しかし、改良灌漑、畝間灌漑、地中灌漑では、下方への排水量を抑えて施用した灌漑水を有効に利用することができることが検討の結果明らかになった。さらに、

表-2 各灌漑における灌漑水量と圃場への塩の投入量

	灌漑量(mm)	圃場への塩の投入量(kg/ha)
慣行(全面湛水灌漑)	630	1840
節水灌漑	510	1489
畝間灌漑	350	1022
地中灌漑	280	818

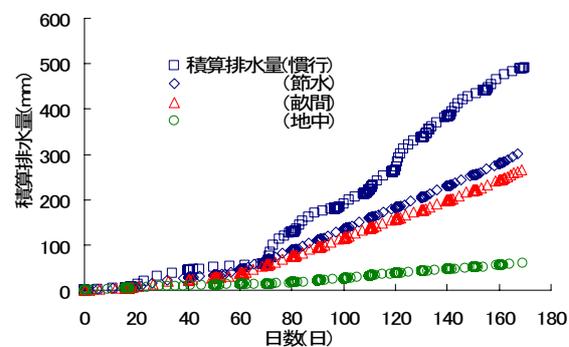


図-3 灌漑方式による排水量の違い

ここで節約した灌漑水は、圃場における塩のリーチングに使うことができる。

### 4. 考察・まとめ

乾燥地である武威の圃場に対して、水・塩の動態を再現し、慣行の灌漑よりも水を効率よく利用でき、その結果、灌漑水の投入に伴う圃場への塩の投入量も少なくできる、灌漑方法、計画の検討を行った。3 パターンの灌漑形態に対してのケーススタディを行い、より持続的な灌漑について検討することができた。

#### 参考文献

Feddes et al.(1978), Simulation of field water use and crop yield, John Wiley & Sons, New York, NY., van Genuchten M.Th (1980) Soil Sci. Soc. Am. J., 44: 892-898, Simunek et al. (1999) IGWMC-TPS-53, IGWMC, Colorado School of Mines, Colorado USA, 森也寸志ら、(2001)、農業土木学会 論文集 213:61- 68