

## UAV を用いた塩害状況の把握に関する基礎的研究 Basic Study on the Assessment of Soil Salinization Using UAV

○ 山本忠男\* 久米 崇\*\* Chuleemas B.I.\*\*\*  
YAMAMOTO Tadao\* KUME Takashi\*\* Chuleemas B.I.\*\*\*

### 1. はじめに

FAO は 2050 年の農地面積は現在より 3,200 万 ha(現在の農地面積の 2%程度)増加することを予測している (J. Bruinsma, 2009)。この予測では塩類集積や湛水によって劣化した途上国の農地の 4/5 を再生して利用することを前提としている。一方, 現在, 世界の農地の約 10%, 灌漑農地では 25-30%が塩害の影響を受けている (Shabbir A. S, 2018)。今後の食糧安全保障のためには, 塩害農地を再生し, 灌漑によって高度利用をすすめる必要があることは自明である。そのためには, まず塩害農地の状況を詳細に把握し, それに応じた対策を講じることが望まれる。塩害農地の把握に関する研究は, 衛星データの活用を中心に行われてきた。とくに近年では, ハイパースペクトルが塩害の検知に効果的であるとして実証研究が進められている。このように広域での状況把握は進んでいるが, その後の対策を具体化するときには, 排水ブロックや圃場レベルの状況を把握することが重要である。

本研究では, 一般に利用される廉価なマルチスペクトルセンサ搭載の UAV を用いて, 圃場レベルでの塩害状況の把握を試み, そこでの課題を検討した。

### 2. 方法

(1) 調査地 調査はタイ王国東北部コンケン県ファイ村 (16° 1'58.26"N, 102°41'25.72"E) の約 0.8 ha の塩害荒廃地を対象圃場として行った。ここでは 2019 年 4 月に小規模の排水路が整備され, その後, 試験栽培が行われ農地としての再生が試みられている。

(2) 方法 対象圃場の地上 50 m からの分光画像を Sequoia センサー (Parrot 社製, Green(G), Red(R), RedEdge, Near Infrared (NIR) の 4 バンド) を搭載した UAV (Phantom4:DJI 社製) を用いて撮影し, Pix4Dmapper (Pix4D 社) を使い各バンドのオルソモザイク画像を得た (解像度: 約 7cm)。圃場内の無湛水かつ裸地である 38 箇所を以て表土 (約 2 cm 厚) をサンプリングし, 実験室にて風乾後に  $EC_{1:5}$  を測定 (3 反復) した。撮影と土壌サンプリングを 2022 年

**Table 1** The calculation formula of salinity Indexes

Spectral Index	Calculation Formula	Reference
Salinity index(S1)	$S1 = (R \times NIR)/G$	Allbed,A.et al.(2014)
Salinity index(S2)	$S2 = \sqrt{G \times R}$	Douaoui,A.E.K et al.(2006)
Salinity index(S2-reg)	$S2 - reg = \sqrt{G \times RedEdge}$	Zhang,S.et al.(2019)
Salinity index(S3)	$S3 = \sqrt{G^2 + R^2 + NIR^2}$	Douaoui,A.E.K et al.(2006)
Salinity index(S3-reg)	$S3 - reg = \sqrt{G^2 + RedEdge^2 + NIR^2}$	Zhang,S.et al.(2019)
Salinity index(S4)	$S4 = \sqrt{G^2 + R^2}$	Douaoui,A.E.K et al.(2006)
Salinity index(S4-reg)	$S4 - reg = \sqrt{G^2 + RedEdge^2}$	Zhang,S.et al.(2019)

\*北海道大学大学院農学研究院 Research Faculty of Agriculture, Hokkaido Univ., \*\* 愛媛大学大学院農学研究科 Graduate School of Agriculture, Ehime Univ., \*\*\* コンケン大学農学部, Faculty of Agriculture, Khon Kaen Univ.

Salinity Index, マルチスペクトル, ソイルライン

10月5日に実施した。QGISを用い、得られた画像からサンプリング地点の中心直径30cm内の各バンドの平均反射率を求め、Table1に示すSalinity Index(SI)を算出した。

### 3. 結果と考察

(1) SIとEC<sub>1:5</sub>の相関 Fig.1にSIとEC<sub>1:5</sub>のプロットの一例を示す。全てのSIとEC<sub>1:5</sub>の間には負の相関傾向があったものの、同程度のSIであってもEC<sub>1:5</sub>が大きく異なり、ばらつきが大きかった。各SI値とEC<sub>1:5</sub>の相関係数をみるといずれも相関が低かった(Table2)。既往研究(例えば、Zhao,Wら(2022)では0.6-0.7程度、Douaoui,A.E.K.らでは0.4-0.5程度(EC>8の場合は0.35程度)の相関係数)と比較しても良い相関とは言えない結果であった。この原因の一つに観測日の土壤水分状態の影響が考えられる。マルチスペクトルによる塩害検知は晶出した土地に限られる(沖,2018)ことから、雨季の終わりで土壤水分が高い状態では塩分の晶出が抑制されたため、正確な反射率が得られなかったものと推察される。

#### (2) 土壤水分を考慮したSI

土壤水分が反射率に影響していると仮定し、RとNIRの単回帰式(ソイルライン)から求められるD値のSIへの導入を試みた。このD値は土壤水分と負の相関関係にあるとされている(池永ら,2007)。先の結果より、比較的相関係数の高かったS2-reg,S3-reg,S4-regについて、D値を加えた計算式を試行錯誤とExcelのゴールシークを用いて相関係数が最大化するものを推定した。さらに新しい計算式(S5,S6)を考案した。その結果、相関係数は増加したものの、強い相関とまでは至らなかった(Table3)。

### 4. おわりに

今回、UAVを用いたマルチスペクトルによる塩害状況の把握を試みたところ、土壤のEC<sub>1:5</sub>とSIの間には十分な相関が得られなかった。その原因は高い土壤水分が影響しているものと考えられた。ソイルラインのD値を加味した結果、相関係数は若干改善された。今後、乾季、暑季の異なる条件で観測を行い土壤水分の影響を確認し、塩害状況の把握に最適な時期と計算式を判断する必要がある。

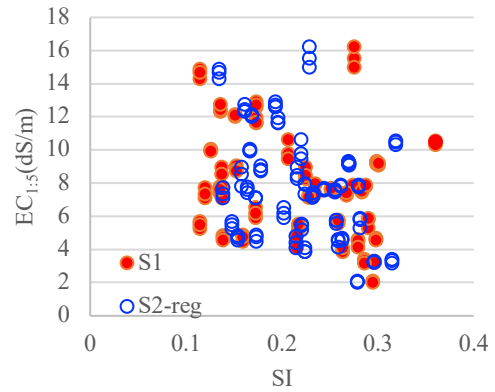


Fig.1 The scatter diagram of relationship between EC<sub>1:5</sub> and Salinity Index (S1, S2-reg)

Table 2 Correlation coefficients between SI and EC<sub>1:5</sub>

SI	Correlation coefficient		
	EC <sub>1:5</sub>	$\sqrt{EC_{1:5}}$	LogEC <sub>1:5</sub>
S1	-0.271*	-0.287	-0.305
S2	-0.332**	-0.346*	-0.359*
S2-reg	-0.353**	-0.368**	-0.380*
S3	-0.327**	-0.342**	-0.355*
S3-reg	-0.337**	-0.352**	-0.365*
S4	-0.324**	-0.339**	-0.351*
S4-reg	-0.349**	-0.362*	-0.374

\*P<.05 \*\*<.01

Table 3 Correlation coefficients between SI with D value and EC<sub>1:5</sub>

SI	Correlation coefficient		
	EC <sub>1:5</sub>	$\sqrt{EC_{1:5}}$	LogEC <sub>1:5</sub>
S2-reg-D	$= \sqrt{G \times RedEdge/D}$		
	-0.371*	-0.381*	-0.389*
S3-reg-D	$= \sqrt{G^2/D + RedEdge^2 + NIR^2}$		
	-0.335*	-0.362*	-0.371*
S4-reg-D	$= \sqrt{(G^2 + RedEdge^2)/D}$		
	-0.366*	-0.368*	-0.374*
S5	$= \sqrt{ (R - D)/(R + D)  \times G}$		
	-0.367*	-0.374*	-0.385*
S6	$= \sqrt{G^2 - (NIR - D)^2 - (RedEdge - D)^2}$		
	-0.355*	-0.364*	-0.372*