

ミャンマー国エーヤワディデルタにおける塩水遡上と土壌塩分濃度の現状

Salt water intrusion and soil salinity in Ayeyarwady delta, Myanmar

○大森圭祐 堀川直紀

Keisuke OMORI, Naoki HORIKAWA

1. はじめに

国際農林水産業研究センターは、気候変動に対する適応技術の開発として、2016年度よりミャンマー国エーヤワディデルタにおいて、極端現象に対する農作物天候インデックス保険の設計と適応試験を開始している。同デルタでは年間約3,000mmもの降水量があるが、乾期(11~4月)になるとデルタ上流域の河川流出量の減少に伴い、海拔数mの低位部では塩水遡上現象が生じている。塩水遡上は雨期の終了する11月下旬から始まり、3月には河口から約100kmまで及ぶ地域もある(Driel, W.F. van & T.A. Nauta, 2014)。河川塩分濃度の低いデルタ上流域では乾期水稲栽培が行われているが、デルタ下流域では河川水を利用した稲作は行われていない。デルタ下流域ではイネ収穫後の11月以降、地表面が裸地になることで、乾期の土壌面蒸発に伴い塩分を含む地下水の毛管上昇により塩類集積が生じていると考えられるが、エーヤワディデルタで土壌塩分濃度を測定した結果はほとんど報告されていない。

本稿は、エーヤワディデルタ下流域から中流域にかけて河川と土壌の電気伝導度(EC)を2016年11月上旬と2017年3月上旬に測定し、ECの変化と塩水遡上がデルタ下流域の農地塩害におよぼす影響を考察した。

2. 調査方法

調査場所は、エーヤワディデルタ下流域から中流域に位置するラブッタ郡区(下流域)とミャウンミャ郡区(中流域)内のエーワディ川支流の一つイエ川沿いの水田を対象とし、河口側から約110kmに至る40地点の土壌ECと10地点の河川水EC(EC_w)を測定した。現地では、高潮や河川からの塩水侵入を防ぐため高さ2m程度の輪中堤防が整備されている。土壌ECの測定は、基本的に堤防内側で行ったが、測定可能な地点は堤防内側を測定した際に堤防外側も測定した。調査場所はGPSで記録し、11月と3月の調査は同じ地点で行った。イエ川は感潮河川であり、 EC_w の測定は満ち潮時の表面水を採取した。

土壌ECの測定方法は、挿入式EC計(2265FSTP, Spectrum Technologies社製)を使用し、地表面から2~3, 10, 20, 30, 40, 50, 60cmまでの7深度で測定した。挿入式EC計の測定は、一つの地点につき5箇所行い平均値を求めた。挿入式EC計で得られたEC値は土壌みかけの電気伝導度(EC_a)とされ、土壌水分量の影響を受ける。11月測定時はコメ収穫前、雨水により地表面は所々湛水した状態であったが、3月測定時には地表面から約20cmまでは乾燥により硬化していたことから、深さ10cmまでを粉砕し、土壌を湿らせ塩分を溶解させた後、挿入式EC計で測定した。3月の測定結果を11月測定時の土壌水分状態に近づけるよう、採取した土壌を飽和させた際の挿入式EC計の測定値(EC_{sa})と現地での測定値(EC_a)の結果から $EC_{sa}=1.103 EC_a$ の関係式を得た($r^2=0.964$)。また、測定地点の深さ2~3, 10cmの表層土を採取し、2mm篩い通過後の風乾細土を試料として、土水比1:5のEC($EC_{1:5}$)を測定し、 $EC_{1:5}=0.411 EC_{sa}$ の関係式を得た($r^2=0.966$)。

3. 結果と考察

(1) 河川水EC

Fig. 1に、イエ川から採水した EC_w の測定結果を示す。横軸は河口からイエ川沿いの輪中堤防ならびに車道を走行した際にGPSで記録した距離である。測定結果は非線形回帰モデルであるSigmoid関数を用いてフィッティングした。11月および3月調査時における河口近傍の EC_w はそれぞれ10.6, 39.6 $dS m^{-1}$ であり、11月調査時では河川流出量が多く河口付近まで海水が希釈されていることがうかがえる。

Driel, W.F. van & T.A. Nauta (2014)の調査報告によると、11~3月の塩水遡上ラインが1 pptライン(塩分濃度1,000 ppm)として図化されている。Fig. 1に示した回帰曲線より、 $EC 1 dS m^{-1}=640 ppm$ と仮定し、1,000

国際農林水産業研究センター Japan International Research Center for Agricultural Sciences

キーワード: エーヤワディデルタ, 塩水遡上, 土壌EC, 塩類集積

ppm に相当する EC_w が 1.5 dS m^{-1} になる場合の河口からの距離を算出すると、11月で17km、3月で62kmになり、1pptラインと概ね一致した。 EC_w が 1.5 dS m^{-1} の周辺では、乾期水稻栽培が実施されている水田とされてない水田に分かれていた。

(2) 土壌 EC

Fig. 2 に河口から 6 km 地点 (A) と 62 km 地点 (B) における輪中堤防内側の $EC_{1.5}$ を、Fig. 3 に河口から 28 km 地点における輪中堤防の内側 (C) と外側 (D) で測定した $EC_{1.5}$ の結果を示す。11月の $EC_{1.5}$ プロファイルは表層で低く、下層で高い傾向を示しており、土壌中塩分は雨水あるいは灌漑用水により洗脱された状態だった。3月の $EC_{1.5}$ プロファイルは、11月に比べ表層の EC 値が上昇しており、地表面に塩類が集積していることを表している。地表面から深さ 60 cm までの $EC_{1.5}$ プロファイルは河口に近い地点ほど高く、その傾向は河口から 34 km 地点に位置するラブッタ郡区中心部までであった。Fig. 3 では、D 地点の EC 値は C 地点に比べ全層で高い値を示しており、堤防による塩水侵入の抑止効果は得られていると考えられた。

輪中堤防による塩水侵入の抑止効果を確認するため、輪中堤防内側で測定した深さ 60 cm における 11月と3月の $EC_{1.5}$ の関係を Fig. 4 に示す。塩水遡上が生じている3月の1pptライン(河口から62 km)より河口側の $EC_{1.5}$ は11月に比べ約1.2倍増加していたが(図中黒丸, $y = 1.267x$, $r^2 = 0.929$), 1pptラインより外側の $EC_{1.5}$ は11月とほぼ同じ値であった(図中白丸, $y = 0.996x$, $r^2 = 0.690$)。Fig. 4より、塩水遡上が生じるデルタ下流域では、輪中堤防は整備されているものの、海水が農地内の地下水に浸透し土壌塩分濃度を上昇させていると考えられた。

4. まとめ

エーヤワディデルタでは塩水遡上に伴い、海水が農地内に侵入することで乾期に塩類集積が生じている。しかし、雨期になると農地内の塩分は洗脱されることが予想されることから、デルタ下流域の土壌塩分は、1年間の周期で乾期に集積し、雨期に洗脱される現象が起きていると考えられた。一方、極端現象、例えばサイクロンによる高潮の影響を受けた場合、その周期がどのように変化するのか今後検討していく予定である。

謝辞：本調査はイェン農業大学 Aung Naing Oo 氏のご協力を得た。ここに記して感謝する。

参考文献：Driel, W.F. van & T.A. Nauta (2014): Vulnerability and Resilience Assessment of the Ayeyarwady Delta, Myanmar, Full assessment phase.

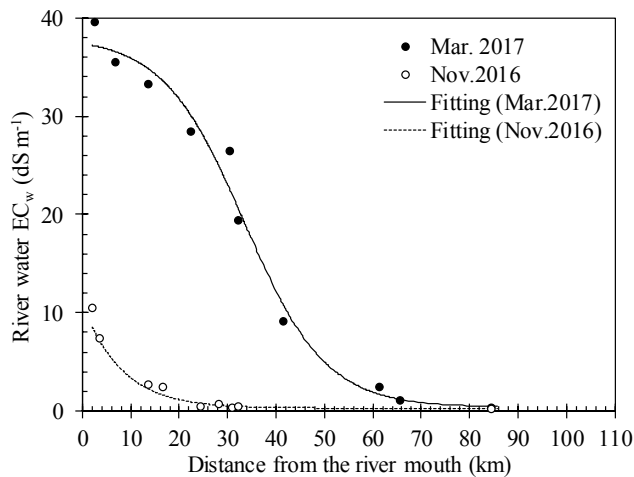


Fig. 1 イエ川の EC_w 測定結果(2016年11月, 2017年3月)
Ywe river water EC_w on November 2016 and March 2017

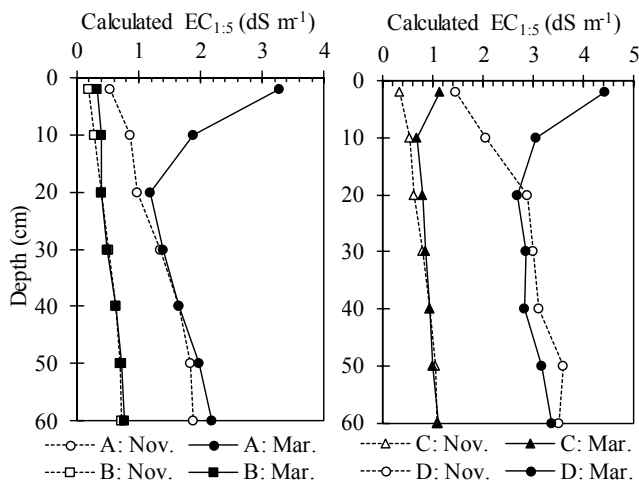


Fig. 2 $EC_{1.5}$ 測定結果 (A: 6 km 地点, B: 62 km 地点)
 $EC_{1.5}$ profile (A: 6 km from the mouth, B: 62 km from the mouth)

Fig. 3 $EC_{1.5}$ 測定結果 (C: 堤防内側, D: 堤防外側)
 $EC_{1.5}$ profile (C: inside embankment (EM), D: outside EM)

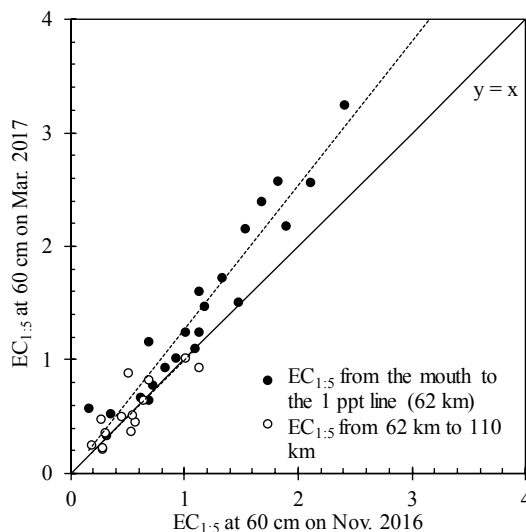


Fig. 4 深さ 60 cm における 11月と3月の $EC_{1.5}$ の関係
Relationship $EC_{1.5}$ at 60 cm between November and March
(●: from the mouth to 1 ppt line, ○: outside of 1 ppt line)