

乾燥地域における灌漑農地の塩性化に対するレジリエンス Resilience of irrigated fields in arid areas to soil salinization

久米 崇¹, 清水克之², 山本忠男³

KUME Takashi¹, SHIMIZU Katsuyuki², YAMAMOTO Tadao³

1. はじめに

レジリエンスは文献により若干の違いがあるものの、社会生態システム（以下、システム）に何らかのショックが与えられたとき、それを吸収しシステムが元の機能や構造を維持する能力と定義される（たとえば Holling, 1973）。このようなオリジナルの定義をもとにレジリエンスを日本語に訳すると、回復力や弾性力などとなる。「柳に雪折れなし」というイメージしやすいかも知れない。

初期の頃のレジリエンスは、ショックを受けたシステムが元の状態に戻るまでの時間で評価が行えると定義されていた。研究が進むにつれ、システムは単に元の状態に戻るだけでなく、複数存在する他のドメインに遷移し、そのドメインの大きさがレジリエンスとして定義された。前者は Engineering Resilience、後者は Ecological Resilience と呼ばれている。

さらに研究が進み、レジリエンスは生態学に加え非線形科学、経済学、社会学など多様な学問領域により協働で研究される概念へと成長した。それがゆえに、レジリエンスを考えるためのフレームワークが必要とされた。Walker and Salt (2006) は、1) 特定レジリエンス (Specified Resilience)、2) 一般レジリエンス (General Resilience)、3) 変容可能性 (Transformability) を考えることで総合的にレジリエンスを評価できるようになると述べている。本発表では、その中の特定レジリエンスについて、乾燥地域における灌漑農地の塩性化に対するレジリエンスを例にあげ、文献を引用しつつ人間活動の影響を考慮したモデルにより、その考え方を理解し議論を行おうとするものである。

2. 特定レジリエンス (Specified Resilience) とは何か

先にも述べたように、レジリエンスはシステムがショックを吸収し元の状態に戻るための能力である。ここで問題になるのは、どの程度までのショックならばシステムが耐えられるかということである。言い換えれば、システムが元の状態に戻れなくなるショックの閾値を探ることが必要となる。

システムには様々なショックが想定される。当然、想定外のショックも起こりうるだろう。そこで、特定レジリエンスでは、何の何に対するレジリエンス (Resilience of what, to what) なのかを明確にして評価をすることになる。ここでは、灌漑農地の塩性化に対する特定レジリエンスを考えることにする。

3. 灌漑農地の塩性化に対する特定レジリエンス

システムにおける閾値の影響を表すいくつかのモデルが提案されている。それにはいわゆる線形関係のものから非線形のものまでである。図1および図2はそれぞれ先行研究 (May, 1977; Scheffer, 2009; Walker and Salt, 2012) をもとに作成した乾燥地域の灌漑農地における塩類集積の“放棄地モデル”と“改良地モデル”である。

3.1 放棄地モデル

いま、地下水位の上昇と表層土壌の塩分濃度が図1における1の状態にあるとする。そして、不適切な灌漑により地下水位が上昇し1が1'をわずかに右に超えたとき、塩分濃度は安定解Aから安定解Bに“ジャンプ”し、塩分濃度は一気に1”にまで上昇する。その後、農家がこの農地

¹ 愛媛大学農学部 Faculty of Agriculture, Ehime University

² 鳥取大学農学部 Faculty of Agriculture, Tottori University

³ 北海道大学大学院農学研究科 Research Faculty of Agriculture, Hokkaido University

キーワード：レジリエンス、塩性化、地下水位

を放棄した後、地下水位が下がったとしても塩分濃度は y_2 よりも減少することはない。これが塩類集積である。乾燥地における 300 mm程度の雨ではリーチングによる集積塩類の除塩はまず不可能であり、表層塩分濃度と地下水位の関係は安定解Bから安定解Aに移動することはない。これが放棄地モデルである。

3.2 改良地モデル

人為的に排水改良とリーチングがおこなわれる場合はどのようになるだろうか。図2に示すように、いま、地下水位と表層塩分濃度が2の状態にあるとする。放棄地モデルと同様に、図中の2が2'をわずかに左に超えると、やはり塩分濃度は安定解Aから安定解Bまで一気に”ジャンプ”する。もし、2'のとき地下水位を x_1 よりも若干でも x_2 寄りに維持できれば塩分濃度は y_1' まで急上昇することはない(安定解Aに留まれる)。しかし、安定解Bに”ジャンプ”してしまうと地下水を x_1 からわずかに x_2 寄りに下げたところで、もはや安定解Aに”ジャンプ”させることはできない。安定解BからAに戻す(回復させる)ためには、地下水位を x_1 から x_2 より下方まで低下させなければならない。そして、この x_1 から x_2 までの幅が大きければ大きいほど時間、労力、コストがかかるということになる。

ここで示したように、灌漑農地の塩性化問題は、改良の有無という事後における人間と自然の関わり方によって異なるモデルによって表現される。

4. 特定レジリエンスからみた灌漑農地の塩性化問題

灌漑農地における塩性化に対する特定レジリエンスを強化することは地下水管理に他ならない。そして、その閾値(1'および2'における x_1)は約1.5~2.0m程度であることはすでによく知られている。レジリエンスという概念を用いなくてもこれらは農業土木学の知見としてある。しかし、レジリエンスは、塩性化問題を非線形現象として抽象的に表現する新たな視点を提供する。この例では、すでに明らかになっている事例を当てはめたに過ぎないが、この特定レジリエンスを適用することで従来明らかにできなかった現象を明らかにすることが可能になるかもしれない。そして、現地観測データにより解析を行い十分な結果が得られれば、未知の閾値を求めうる可能性を秘めている。

引用文献・参考文献

Holling, C.S., 1973, Ecology and Systematics, 4, 1-23; May, R., 1977, Nature, 269, 471-477; Scheffer, M., 2009, Critical Transitions in nature and Society, Princeton University Press; Walker, B. and Salt, D., 2006, Resilience Thinking, Island press; Walker, B. and Salt, D., 2012, Resilience Practice, Island press

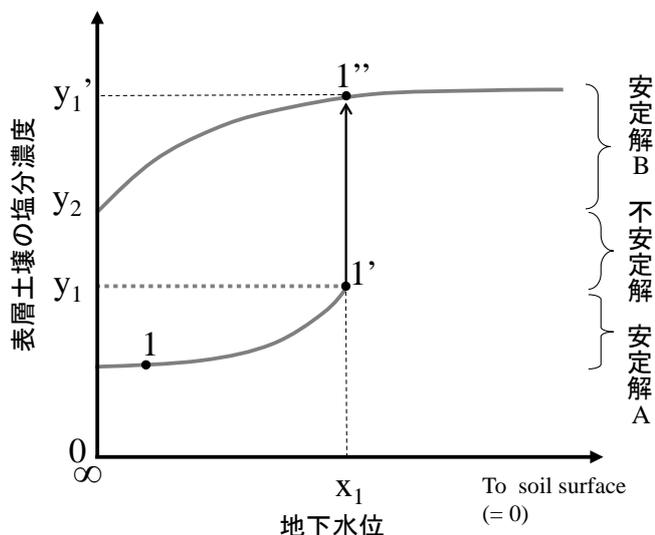


図1 塩類集積”放棄地モデル”

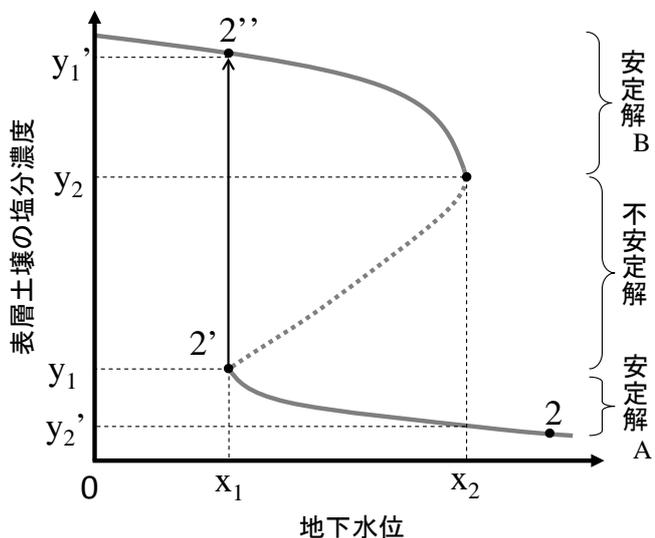


図2 塩類集積”改良地モデル”