

## 土壌環境制御による植生制御

外来植物であるセイタカアワダチソウの草原から在来植物であるチガヤの草原へ

(独)農業環境技術研究所・生物多様性研究領域  
平舘俊太郎、楠本良延、森田沙綾香、小柳知代

はじめに：

近年、外来植物に対する問題意識が高まり、在来植物の保全に向けた動きが加速している。これは、2005年6月に施行された通称「外来生物法」による効果や、2010年10月に名古屋で開かれた生物多様性条約第10回締約国会議(COP10)の効果が大いと思われる。農地を管理する農家の方々のみならず、都市に生活する人々までもが、個人の所有物ではない環境のために、時間、労力、資金をここまで積極的に提供する日が来るとは、少なくとも1980年代後半に除草剤の開発研究に関わっていた著者には想像することは難しかった。外来であろうが在来であろうが草は草であり、農作業に携わる方々にとっては厄介者であることに変わりはなく、まして自然とのかかわりが薄い都市の人々にとってはもっと小さい問題であり、そこに何らかを投資する価値は低いと考えるのは、少なくとも当時は合理的であった。それだけ、世の中の価値観が大きく動いているということであろう。著者らは、とくに草本植物を対象に、どのようなメカニズムで種間のすみ分けが起っているのかを明らかにし、これを応用することによって植生を管理する研究に着手している。この研究の中では、土壌の化学的特性がそこに成立する植生の群落タイプに大きな影響をおよぼしていること、そしてこの土壌の化学的特性をコント

ロールすることによって植生をある程度コントロールできることが明らかになってきた。本稿では、この研究の中で得られた知見を紹介しながら、外来植物で構成される植生から在来植物で構成される植生に誘導するための技術について考察する。

外来植物と在来植物の生育環境のちがい：

外来生物とは、一般に、もともとその地域を生息域としていなかった生物種で、他地域から人為的に持ち込まれたものを指す。この定義では、日本国内における移動でも外来種となるものがあるが、外来生物法では、海外から入ってきた生物に焦点を絞り、また概ね明治時代以降に導入された生物を対象としている。すなわち、明治時代に入って鎖国が解除され、国境を越えた人や物の動きが活発化したことに伴って人為的に日本国内に持ち込まれた生物を対象としている。この定義では、奈良時代や平安時代に諸外国から持ち込まれた帰化植物やより古い時代に日本国内に入ってきた史前帰化植物は外来植物の中には含まれず、在来植物の範疇となる。最近では、この定義のもとで「外来生物」という用語を用いる場合が多くなった。

野外で身近な植物の分布を注意して観察してみると、植物は意外にもきっちりと種ごとにすみ分けている現象をよく目にすることができる。

たとえば、畑の圃場の中、耕作放棄地内、圃場脇の小道、圃場とは水路を挟んで向かいの山の裾刈り斜面などでは、たとえ毎年定期的に刈り取りなどの管理を同じように行っているとしても、それぞれの場所には別々の植物種が生育し、しかもこのような状況が毎年繰り返し起こっている様子をよく目にする。多年生の草本植物の中で比較してみると、セイタカアワダチソウやシロツメクサは耕作放棄地や農地脇の開けた場所によく出現するのに対して、ミツバツチグリやツリガネニンジン は水路等を隔てた向かいの山の裾刈り斜面によく出現する(写真)。そして、こういった傾向は長く続き、かつ多くの地域で普遍的に見られる。こういった狭い地域内における植生の違いは、気温、降水量、日射量といった気象的な要因からはなかなか説明できない。また、種子などの分布および散布に関わる要因からも説明しにくい。著者らは、このような植物のすみ分けに土壤要因がどの程度関係しているのかを明らかにするため、植生と土壤の関係を調査した。その結果、とくに土壤pHと土壤中の有効態リン酸が、そこに成立する植物の群落タイプと非常に深く関わりがあることを見出した。このような現象は、北関東のような火山灰土地帯に限らず、褐色森林土が分布する四国の山地帯に成立している草原などでも広く認められた(Kusumoto et al., 2012; 平館ら, 2008; 2010)。上記の例でいえば、セイタカアワダチソウやシロツメクサは土壤pHが高くかつ土壤中の有効態リン酸も高い土壤によく分布しており、ミツバツチグリやツリガネニンジン は土壤pHが低くかつ土壤中の有効態リン酸が低い土壤によく分布していた(図-1)。ちなみに、前者の2つの植物は明治時代以降に海外から導入された外来植物であり、後者の2つは在来植物である。



セイタカアワダチソウ



ミツバツチグリ



ツリガネニンジン

土壤特性は、自然状態で維持されてきた場所であれば、狭い地域内で比較的均質である。しかし、現在は、とくに戦後に施された土壤改良や土木工事等の影響によって、狭い地域内に多様な特性の土壤が出現している。日本の自然環

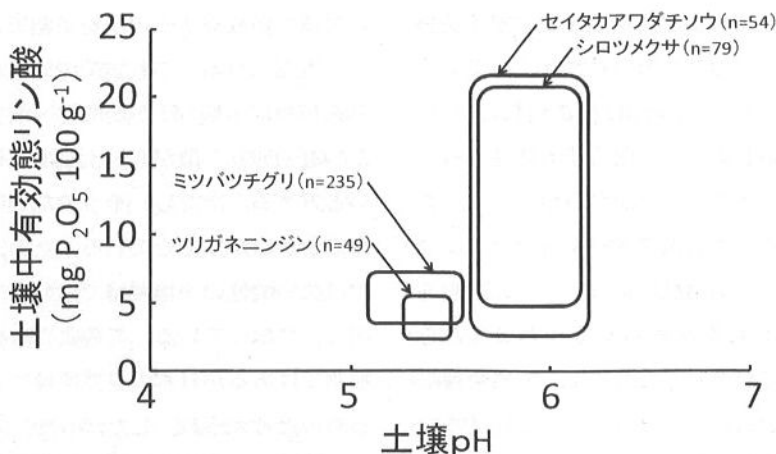


図-1 土壌特性と植物の分布の関係。日本全国の草原植生を対象に、セイタカアワダチソウ (n=54)、シロツメクサ (n=79)、ミツバツチグリ (n=235)、ツリガネニンジン (n=49) について、これらの植物が出現した地点の土壌pHおよび土壌中有効態リン酸を調査し、それぞれの種のうち中央値に近い50%が出現した範囲を図中に示した。

境下では、ミツバツチグリやツリガネニンジンが生育しているような、低土壌pHでかつ低有効態リン酸の土壌となる。これに対して、土壌中の有効態リン酸が高い土壌がパッチ状に出現するのは、多くはリン酸施肥の影響あるいは畜産廃棄物等が持ち込まれた影響と考えられる。また、土壌pHが高まるのは、多くは石灰施用の影響あるいは土木工事による影響などと考えられる(平舘ら, 2009)。セイタカアワダチソウやシロツメクサは、このような農業活動や土木工事などの人間によるかく乱が起った場所によく出現することが知られているが、このようなかく乱が土壌特性を変化させ、それによって土壌がこのような外来植物の生育にとって好適な環境に変化したものと考えられることができる。このことは、草刈り等の管理を毎年同じように実施している半自然草地であっても、土壌特性に対応して異なる植生が成立すること(小柳ら, 2012)からも支持される。このように、土壌は、私たち人間にとっては一見同じように見えても、その

化学的特性を調べてみると大きく異なることがよくあり、その差は植物にとっては非常に大きいものであると考えられる。

土壌の性質の変化とともに植生も変化することは、想像に難くない。植物は、種によって貧栄養的な環境に適応しているもの、富栄養的な環境に適しているものがあり、それぞれ得意とする土壌環境があることは、既に多くの研究者が指摘してきたことである。したがって、土壌の植物に対する養分供給能力が変化すれば、植生が変化することは容易に想像できるだろう。また、土壌pHの変化は、やはり植生に大きな影響を与えうる。たとえば、植物は多くの必須元素を土壌から吸収しなければ正常に生育することはできないが、土壌pHが変化すると、土壌中におけるこれらの必須元素の植物に対する有効性は変化する。通常、土壌pHが弱酸性～中性の領域が、多くの植物にとって必須元素を最もバランスよく吸収できる領域とされている(藤原ら, 1998)。したがって、貧栄養的な環境に適応



している植物と富栄養的な環境を要求する植物とで、土壌pHによってすみ分けが起こっても不思議ではない。また、土壌pHが5.5付近よりも低くなると、植物の生育を阻害する活性を持ったアルミニウムイオンが土壌から溶け出し、これによって植物の生育はダメージを受けるようになる。ただし、植物種によってはこのアルミニウムイオンの毒性を緩和するメカニズムを持っているものがあり、これによって植物種ごとにアルミニウムイオンに対する感受性はさまざまである(日本土壌肥科学会, 1996)。すなわち、アルミニウムイオンに対する耐性を持っている植物はより強い酸性の土壌に分布できる一方で、アルミニウムイオンに対する耐性を持っていない植物はこのような強い酸性の土壌には分布することは難しい。もともと、植物が持つアルミニウムイオンに対する耐性機構は、植物が進化の過程で酸性土壌に適応するなかで得た形質であると考えられる。すなわち、強い酸性土壌の環境のもとで進化してきた植物はアルミニウムイオンに対する耐性を獲得している傾向が強いだろうし、アルミニウムイオンが溶出しないような弱酸性～中性～弱アルカリ性の土壌環境で進化してきた植物はアルミニウムイオンに対する耐性を獲得していないと考えられる。ちなみに、土壌が酸性になるかアルカリ性になるかは、自然状態では概ね降雨量によって決まっており、雨が多い日本では強い酸性になりやすく、逆に乾燥地では土壌はアルカリ性に傾きやすい。このように、土壌の化学的特性は、植物の分布に大きな影響を及ぼす。

植物が種ごとに得意とする土壌環境を持っており、その土壌環境適性に従って分布を変化させているとすれば、土壌の化学的特性を調べることによって、そこにどんな植物が分布し、ど

んな植生が成立するのかを予測できるようになると考えられる。これまでの知見から、多くの外来植物は土壌pHが弱酸性～弱アルカリ性でかつ有効態リン酸が高い土壌環境に出現しやすいと言える。ただし、そうでない外来植物もいることがわかってきている。たとえば、ハルガヤは強い酸性の土壌環境でも分布できることが明らかになっている。このような植物は、外来植物ではあるが日本の自然環境にも適応しているものと考えられ、したがって、安易に導入すると蔓延する危険性が高いと考えられる。このように、植物の蔓延リスクを土壌環境ごとに評価できる可能性がある。また、土壌特性と植物分布に関する上記の考察が正しければ、土壌環境を制御することによって植生を制御できる可能性がある。すなわち、外来植物が蔓延しやすい土壌環境から、外来植物が蔓延しにくい土壌環境に変えてやれば、外来植物は自然に衰退し、在来植物が戻ってくるのが期待される。次の章では、著者らが2年以上にわたって続けている、土壌環境制御による植生制御実験について紹介する。

#### セイトカアワダチソウの抑草実験：

セイトカアワダチソウは、環境省による要注意外来植物であり、また日本生態学会による日本の侵略的外来種ワースト100にもリストされている。絶滅危惧種を含む在来植物との競合や駆逐のおそれが大きいとされており、草丈が2mを越えるような大きな植物の個体群が、黄色い花を咲かせながら他の植物を徹底的に排除しつつ蔓延している様子はまさに侵略的という言葉がぴったりで、多くの人々から嫌われることになった。セイトカアワダチソウは、成長速度が速く、また大型であるため、他の草本植物は太

刀打ちできないと思われがちである。また、強靱で生命力の強い地下茎を持ち、耕起等によって細断しても細断された地下茎それぞれから植物体の再生が起るため、一旦はびこると排除することは容易ではない。除草剤によりその個体群を死滅させることができたとしても、数年後にまた別のセイタカアワダチソウの個体群がはびこるケースが後を絶たないため、非常に厄介な存在である。

著者らは、土壤環境を変化させることでセイタカアワダチソウが蔓延する場所の植生を変えることができるか、野外圃場にて実験を行った。実験は、セイタカアワダチソウが蔓延する山口県山口市の果樹園跡地で実施した。この場所の土壤は、赤黄色土であり、果樹園として利用していた頃に多量の石灰を施用していた影響で、表層土壤のpHは7.4まで上昇していた。これに対して、周囲の未かく乱土壤ではpHは4.7であった。そこで、この土壤環境制御による植生制御実験では、土壤pHを低下させる資材として塩化アルミニウム6水和物を選び、この果樹園跡地の表層土壤0~10cmについてpHを7.4から4.5程度まで下降させる量(1.25 kg m<sup>-2</sup>)を施し、土壤pHを変化させない無処理区と植生の推移を比較した。なお、実験開始時は、処理区および無処理区ともに、実験圃場に生育していた植物の地上部は、草刈り機によって刈り取った。

その結果、無処理区では相変わらずセイタカアワダチソウが優占する植生が維持されたのに対して、塩化アルミニウム処理区ではセイタカアワダチソウは2年以上にわたって被度が非常に低く抑えられ、代わりに在来植物であるチガヤが優占する植生が成立した(図-2)。また、実験期間中に観察された在来植物の出現種数は、無処理区では22種であったのに対して、処理区

では31種であった。一方、外来植物の出現種数は、いずれの区でも7種と同数であったものの、無処理区では外来植物が大きく生育したため、無処理区におけるバイオマスは外来植物：在来植物で41:59であった。これに対して処理区では、外来植物：在来植物は2:98となり、圧倒的に在来植物が優占する植生となった。このように、処理区では、外来植物の蔓延が防がれ、在来植物の生育にとって好ましい環境が誘導できたと考えられる。実際、この野外試験における処理区を目で見ると、背の高いセイタカアワダチソウに囲まれながらも、塩化アルミニウムを処理した場所だけが背の低いチガヤによって優占されている様子が観察され、またこのような状況が2年以上にわたって安定的に持続されている様子から、土壤環境が植生におよぼす影響の大きさが数字以上に実感できる。

#### セイタカアワダチソウが教えてくれること：

上記の野外実験は、どのような植生タイプが出現するかを決めるうえで土壤環境が重要な要因になっていることを証明している。また、塩化アルミニウムによる土壤特性の改変は、セイタカアワダチソウのような外来植物が優占する植生をチガヤのような在来植物が優占する植生に誘導するための有効な技術になりうるだろう。このような技術は、国立公園のような生物多様性の保全上重要な場所だけではなく、農地周辺の生産現場でもニーズが増してきていると思われる。実際、この技術に関して問い合わせをいただくことが非常に多い。

しかし、セイタカアワダチソウが自然に衰退して、在来植物が自然に戻ってくるような土壤環境は、一見理想的に思えるが、実は農地における農作物の生産性を見地から考えると理想と





るような環境に私たちが変えてしまったことに原因があるように思われる。日本では、農地から農作物として持ち出す窒素やリンの量の何倍もの量の窒素やリンを毎年農地内に投入し続けている。その投入量は、農業生産のために必要だから投入されているわけでは必ずしもなく、慣行的に投入し続けられているケースも多い。その影響で、農地ばかりではなく、農地周辺も土壤環境が改変され、セイタカアワダチソウが蔓延する事態を招いているケースもあると考えられる。近年は、肥料価格の高騰もあり、農地に投入する肥料成分量の低減が図られているところではあるが、家畜を飼育するための穀物飼料はほとんどが海外からの輸入に頼っていることもあり、日本全体として見ると窒素およびリンは依然として流入過剰の状態にある。

このような事情から、著者らは塩化アルミニウムをどんどん撒いてセイタカアワダチソウを衰退させて欲しいとは思っていない。見直すべき点は、窒素、リン、石灰など肥料や土壤改良資材の日本における使い方や、その管理方法などではないかと思っている。セイタカアワダチソウは、もちろん好ましい植物であるとは思わないが、蔓延する原因を私たち人間の活動がきっかけとなり、それに反応して蔓延しているだけであるならば、悪者として防除の対象となっているセイタカアワダチソウはむしろ哀れな存在であるように思われる。セイタカアワダチソウが蔓延していたら、農地以外の土壤に対しても富栄養化などをもたらした私たちの活動そのものを見直すべきなのかもしれない。

#### 謝辞：

この記事の中で紹介した研究の一部は、環境省・環境研究総合推進費「野草類の土壤環境適

性の解明と再生技術の開発」(H22～24)の予算により行われたものであり、ここに謝意を表します。

#### 引用文献：

- 藤原俊六郎・安西徹郎・小川吉雄・加藤哲郎(編). 1998. 新版土壤肥料用語辞典. 農山漁村文化協会.
- 平舘俊太郎・森田沙綾香・楠本良延. 2008. 土壤の化学的特性が外来植物と在来植物の住み分けに与える影響. 農業技術, 63(10), 469-474.
- 平舘俊太郎・楠本良延・森田沙綾香. 2009. 外来植物の侵入は土壤pHと有効態リン酸に関連している. 平成20年度研究成果情報(第25集), 独立行政法人農業環境技術研究所, 30-31.
- 平舘俊太郎・楠本良延・吉武 啓・馬場友希. 2010. 土壤を支える生物多様性. 身近な自然の保全生態学: 生物の多様性を知る(根本正之編著), p. 131-148, 培風館.
- 小柳知代・平舘俊太郎・楠本良延・森田沙綾香・横川昌史・高橋佳孝. 2012. 土壤pHの違いが草地管理の効果を変える: 阿蘇牧野の野焼き・採草型半自然草地を事例に. 日本生態学会第59回全国大会, 11-09.
- Kusumoto, Y., Koyanagi, T., Morita, S., Hiradate, S., Shirakawa, K., Inoue, M., Yokogawa, M., Chibu, T., Ohta, Y., Tsutsumi, M., Takahashi, Y., and Ishikawa, S. 2012. The relation between species diversity of semi-natural grassland and chemical property of soil in Shiozuka plateau, Japan. 日本生態学会第59回全国大会, P3-174J.
- 日本土壤肥料学会(編). 1996. 低pH土壤と植物. 博友社.