

## 2. 土壤環境と牧草生産

奥村 純一（天北農試）

### はじめに

本道の草地酪農を代表する根釧地域は火山性土、泥炭土、天北地域は鉍質重粘土、泥炭土をその基盤としており、これら3土壤は特殊土壤という取扱いをうけるほどに、その生産性は低く評価されてきた。ところが鉍質重粘土を例にとれば、畑作物を栽培する限りにおいては土壤の理化学性改良を先行させなければならないのに、牧草では土地改良に対し割合鈍感であり<sup>1)</sup>、しかも不耕起造成が成立するなど<sup>2,3)</sup>、草地化によって当該土壤に対する評価が高まるに至った。つまり、栽培作物によって土壤生産性に関する評価の内容が異なるのは当然であって、これら3土壤の草地土壤学的観点からみた生産性を如何に把握するかが問題となる。

つぎに、草地酪農では一般に土→草→家畜→土と循環するなかで成分が移動するが、この系が自己完結的であるほど土壤のもつ生産力的意味が強まってくる。その好例は公共草地などに見出すことができ、この場合の生産力は少肥条件（粗放管理）で発揮される能力を指すことになる（土壤への強い依存性）。一方、農家の牛舎周辺の草地ほど、立地条件に恵まれた地域ほど、そして地代の高い圃場ほど、多肥集約管理条件下で生産力が発揮されなければならない土壤がある。つまり生産力については、利用目的、立地環境によって異った評価をもつ土壤を抱えているが酪農家の経営圃場である。従って、農家の欲するときに期待する目標収量を掲げうるのが草地の特徴であるからには、生産力の潜在 Potential を高め、buffer としての役割を土壤に付与させておくことが必要になってくる。

このように、草地は土壤のもつ特殊性と、立地環境、利用目的などが錯綜するところに生産性に関する多くの問題点を孕んでいるといえよう。筆者の専攻する草地土壤学の立場から、断片的ではあるが、2,3の話題を提供したい。

### 1. 気候との関連からみた土壤の生産性

気候帯からみた土壤を北から南へ、ツンドラ、ポドソル、褐色森林土、赤黄色土、ラテライトと模式的に配列すると、北方ほど土壤腐植の集積量が多く、地上部の植生は南方ほど繁茂している。換言すれば、自然界で循環する炭素や窒素が寒地では土壤中に、暖地では地上部で貯蔵されているとみなせる。このことは、造成に際して根圏としてのA層の養肥分を有効に利用しうる可能性を北海道の草地は秘めていると思う（土壤への依存性が強いとも読みかえうる）。

つぎに、微気象的観点で山の傾斜面を考えると、北面土壤は水分に恵まれ、腐植が多く生産性が高い。これに対して、南面は腐植の分解が早く、水分が少ないので生産性は低い。一方、遷移植生は前者が森林、後者はササ、ススキで安定する<sup>4)</sup>。このことは、南面を雨量の少ない畝米の酪農地帯、北面を我が国のようなモンスーン北帯になぞられることができる。

つまり、雨量の差が草地の安定性（ひいては牧畜と米作民族への分化）を左右するものであるが、逆にこの恵まれた水分を有効に取込むことの必要性が我々に課せられた命題であると考えを新たにしなければならない（草地更新の意義の一つ）。

## 2. 3大草地土壌の生産性

本道の草地の多くが火山性土に立脚していることは、本邦が火山国に由来することから考えて当然といえるが、さらに鈹質重粘土と泥炭土を加えて3大草地土壌と称するところに北海道の特殊性がある。このことは、本道の高緯度寒冷な気候条件が、後2者の成帯性、成帯内性土壌を生成せしめているのであって、本州のそれとは趣きを異にする。

火山性土：火山から降灰堆積した土壌で、礫土性が高く、A層の腐植も開墾後4～5年目を境に易分解性の部分が消耗し、耐久腐植が残るので収量の低下が著しい<sup>5)</sup>。当初は磷酸に不足するのでこれを多用するが、経年的に加里が欠乏するようになり、加里を補給すると苦土が拮抗的に欠乏してくる。養分保持力が弱いので、塩基の流亡も早い。従って、化学的対応の如何が生産性を支配する鍵となる。

鈹質重粘土：本土壌は海岸、河岸の段丘面や丘陵地に分布しているが、母材や風化過程に由来する化学性よりは、その劣悪な理化学性が問題視されやすかった。このことについては冒頭で述べた通りである。本土壌には各種の土壌型が包含されており、これらを地下水土壌型の順に配列し比較することによって、根圏となる土壌A層の生産力的性格が明確になった<sup>7)</sup>。これらの土壌は、一般に加里供給力に富み苦土含量が高い特徴を示す。一方、強酸性で有効態磷酸に欠乏しているから、石灰や磷酸質土改資材を多投した条件下で肥培管理が行なわれることになる。経年に伴ない窒素が不足するので混生マメ科を維持するための配慮が必要となる。本土壌は火山性土と比較すれば、化学的には恵まれているが、次第に理学的影響（ち密化）が化学性をマスクし、草地荒廃化の主因となっていく<sup>8)</sup>。この傾向は地下水型土壌ほど強く現われる。

泥炭土：有機物の腐植堆積した土壌で、泥炭地改良の3原則（酸矯、客土、排水）のうち、草地では排水が最重要視される<sup>10, 11)</sup>。過剰排水は土壌の酸化分解と収縮によって地盤の沈下をもたらす、窒素放出量が多く、加里などの塩基が流亡し、その上干害によってクローバが枯死しやすい<sup>12)</sup>ので、イネ科の旺盛な草地となる。一方地下水位が高ければ、耐踏性に乏しくなり、また脱窒を伴ない、湿害も蒙りやすくなる。従ってこれらの点を考慮に入れて、地下水位を30～50cmに保つような排水施設の整備が基本となる。泥炭地は開墾後、磷酸→加里→苦土→微量元素の順に肥培対策の重点が変遷し<sup>13)</sup>、その速度は3土壌のうちで最も早い。

## 3. 土壌生産性を支配する2,3の内的因子

草地は一度造成すると、その後は耕起することなく利用される。この間にあって、土壌と牧草相互の推移は不連続ではありえず、つねに対応するものである。この観点に立脚し2,3の因子について考えてみる。

土壌水分：水分が植物生態系にまで影響を及ぼすことは既述したが、ここでは草地土壌に対する水分供給の面から取扱う。まず、天北農試の鈹質土と根釧農試の火山性土を相互交換し、当該環境下において同一条件で栽培した場合の生育相から、両地域の水分特性を把握し

ようとした<sup>14)</sup>。前者の土壤は PF -水分特性に乏しいのが特徴であるが、ポット試験のように水 free の状態では火山性土に比べて多収を示す。しかし圃場条件では天候まかせの生育となるから、天北農試（雨量が少ない）における実験では収量差が接近したり、とりわけ窒素を多用した場合などは収量傾向が逆転するなど、牧草生育上の neck になりかねない。草地の根圏は 0~15cm（後述）であり、当該層で雨水を保持供給できうるものではなく、下層からの pump up<sup>15)</sup> が必要となる。深耕による下層土の改良は大きな意味をもつといえる。<sup>16)</sup>

土壤理化学性：経年化に伴って変化する理化学性のうちで、ち密化が問題となる。このことは固相の増加、気相、孔隙率の減少としても読みかえうる因子である。3 土壤のうち、影響を強くうけるのは鈹質重粘土である。牧草の初期生育の収量に好結果をもたらす土壤重は 95~100 g / 100 cc の範囲で、しかも pF 2.0 のときの孔隙率が 10% 以上であることが必要である。<sup>17)</sup> 経年的に土壤がち密化して容積重が高まり、孔隙率が減少し、次第に牧草は低収に陥り、追肥効果も小さくなってしまふ。<sup>18)</sup> しかし、本現象に耐えて生育している草地もあり、今後の研究課題として残る。他の 2 土壤は固相の増加率は前記土壤ほどではないが、気相が液相によって占められるようになり、酸素供給に難点を生じてくるわけで、いずれにせよ草地の経年化に際する一つの宿命といえる。

土壤化学性：前記 3 土壤のそれぞれの化学的欠陥を是正（土壤改良）して草地を造成するにせよ、以後は常時 top dress が行なわれるために、ごく表層が drastic な影響をうけ、牧草の生産性を左右する。これについては後述したい。また、各要素の牧草生育との関係についても成書に譲ることとし、ここでは触れない。

#### 4. 草地としての特性に由来する土壤生産性

造成方式との関係：土壤は一般に A 層、B 層、C 層の層序をなして堆積、A 層に腐植や養分が集積している。鈹質土壤を例に各層の生産力について述べてみる。天北地方の代表的土壤型である褐色森林土は排水がよく、A 層の腐植はそれほど多くはないけれども、B 層にもある程度流入している。これに対し、地下水土壌型に属する疑似グライ土（通称重粘土）は A 層にのみ腐植が多量集積し、B 層には殆んど含まれていない。これら各層の牧草生産力は、A 層同志の比較では疑似グライ土の方が高いが、B 層間では逆に褐色森林土が優る。従って疑似グライ土の A、B 両層間では極端な収量差を生ずることになる（本傾向は地下水土壌であるほど顕著な差を示す）。このように、A 層は堆積している土壤各層中で最高の生産力をもつことから考えて、本層こそ牧草根圏の主体的培地でなければならない。ところが実際の造成法では、A 層の反転、埋没や排根線化に伴って、低地力の B 層が播種床となっている事例も多く、とりわけ疑似グライ土では計り知れない損失を招いている。つまり、造成工法の選択のあやまりは徒らに草地土壤の環境を悪化させるのである。草地は造成すべき土壤の立地条件や利用目的に応じて播種床処理法を適宜選択できるのが、一般作物と大きく相違する点であるから、その環境下において最良な根圏確保手段を講ずることが必要となる。

利用方式との関係：草地の利用法は採草と放牧に 2 大別することができる。前者は鎌で刈るのと同義だから、従来の畑作の場合とあまり相違する点はないけれども、後者では草地独

特の問題を内包している<sup>19)</sup>。兩利用法を土壤肥料的見地で対比して15年目になるが、そのうち特徴的な面を紹介する<sup>20)</sup>。収量は明らかに放牧地>採草地である。この理由について考えると、まず土壤中の塩基とくに加里の集積が放牧地では顕著であるのに対し、採草地は試験開始時の値を大きく下廻った。これは前者が糞尿還元によって水溶性、置換性の fraction で集積し、後者は略奪のために圃場より均一に持出された結果である（放牧地に対する加里肥料を減量する要あり）。しかし、土壤中における加里の多寡が収量を支配する直接要因であるという証拠にはならなかった。一方、各番草毎の収量を比較すると、1番草ほど放牧地の方がきわめて高収を示している。このことから考え、放牧による排泄糞尿があたかも秋施肥<sup>21, 22)</sup>と同じ意味をもつこと一茎数と一茎重の増加<sup>21, 23)</sup>を知り、同時に自然界で循環する窒素が牛の腹を通すことによって有効化されやすいこと、ウレアーゼ活性の高まりもこれに関与するらしいこと<sup>24)</sup>などが理解された。つまり、利用方式の違いが土壤環境に影響を与え、これが牧草生育を支配することは草地の大きな特徴といえよう。

草生の安定と土壤環境：鉍質土壤に対し石灰の有無条件で牧草肥料3要素試験を継続し、さらにその一部試験区を用いて欠除要素の逆転施肥を行った場合、収量の高低は別として、植生に変化を及ぼす要素は窒素である。しかしマメ科率が変化するのみで、雑草の混入は少なく、無石灰条件によってヒメスイバ、レッドトップなどが若干出現してくる。このことは本土壌に立地する草地が、試験設計で示したような手荒な施肥に対しても、ほぼ安定していることを示している<sup>25)</sup>。一方、火山性土は加里欠乏が植生悪化の主因であり、泥炭草地では加里欠乏は勿論のこと、無石灰状態では全く異った植生に変化してしまう。このように3土壤を比較すると、草地植生の安定性は鉍質土>火山性土>泥炭土といえる。ところが、草地の利用頻度の違いは土壤の化学的特徴をマスクしてしまうほど植生に変化を与えるのである<sup>26)</sup>。つまり、草地の荒廃化は土壤および植生に欠陥があるとされるが、植生を乱す影響は利用>施肥の傾向で要因が介在している場合が多い。以上のことから考えると、良好な土壤環境はよい草地を作る必要条件であっても、十分条件ではないことを銘記する必要がある。

#### 5. 経年化に伴う草地土壤の態様

草地の経年利用によって、土壤の理学的環境上からは放牧、大農具の運行などによるち密化は免かれないし、化学的にみると、造成当初はたとえ土改資材が深層まで混和されても、以後は常時 top dress が行なわれるために、ごく表層は激しい影響をうける。この過程における草地土壤の態様とその生産性について述べてみたい。

草地根の表層集中化：牧草根は次第に表層（0～15cm）に集中するに至るが、その理由について、①土壤理学的には表層のち密性が増すためにガス交換が不円滑となり、呼吸を営む牧草根は酸素濃度の高い地表面に集まる。②化学的には top dress, litter 有機物などの表層に対する不断の還元によって、牧草根は養分濃度の高い方向へ伸びる。③生理生態時には牧草を利用する度に発生する分けつに呼応して、養分吸収に関して activity の高い新根を生じこのものが施肥の placement とよく対応するなどであろう<sup>27)</sup>。この集中化現象は、放牧地>採草地、多肥管理>少肥管理、集約草地>粗放草地、土壤A層の腐植量多>少など、高収草地

ほど顕著である。つまり本現象は、既述した造成に際するA層処遇法<sup>7)</sup>とまさに符号するわけで、更新をも含む一般的な草地根圏土壌処遇論として演繹しうるものである。

ごく表層のもつ意味：前述したように、草地土壌では0～15cm層の生産力的意義が高いといえるが、とりわけごく表層(0～2cm)が草地特有の問題を惹起するに至る。本層は養肥分が直接付加される場所であるから、養分吸収の場として重要な位置を占めており、しかもモロにうける気象変動、踏圧、top dress、有機物還元など、これらの作用力はdrastic<sup>28)</sup>であり、水田、畑土壌のそれとは全く異質である。その作用力の一例を述べてみたい。草地は経年的に酸性化が促進されるものであるが、とりわけ窒素施肥の影響が大きく、ごく表層ほどpH低下が著しい。施用窒素の草地全体に及ぼす連鎖反応はすこぶる重大である。すなわち、ごく表層の塩基を流亡させ、この結果としてpHの著しい低下を惹起し、これが収量のみならず牧草生育相、草の品質、草地群落をも変化させるのである。当然、施肥磷酸の不可給態化現象もこれに関連している。しかし、牧草は窒素をも含め肥料なしでは生育することができない。つまり、施肥と酸性化防止策を如何に組合わすかが、維持管理上の問題となる。造成時に酸矯を十分に実施したにせよ、草地の酸性化は免かれぬという厳然たる事実がある。化学的にみるならば、ごく表層のpHの去就が草地の生産性を決定する鍵を握るとみてよい。

おわりに

草地ではその欲する目標収量に対応して、多岐にわたる利用を行なうので、土壌側からみてこれを受容しうる夫々の機能が要求されることになる。草地土壌の生産性は自然立地に規制され、それを利用する度合いが強いはいへ、今後は集約的な経営へと志向する趨勢にある。これに対応する生産性に関する潜在potential<sup>30)</sup>を現在の草地が具備しているか否かは疑問の向きがあり、この機能は耕起を繰返す畑土壌に準じた草地更新技術から生まれるのではないだろうか。最後に、草地土壌の生産性に関する関連模式図を掲げておく。

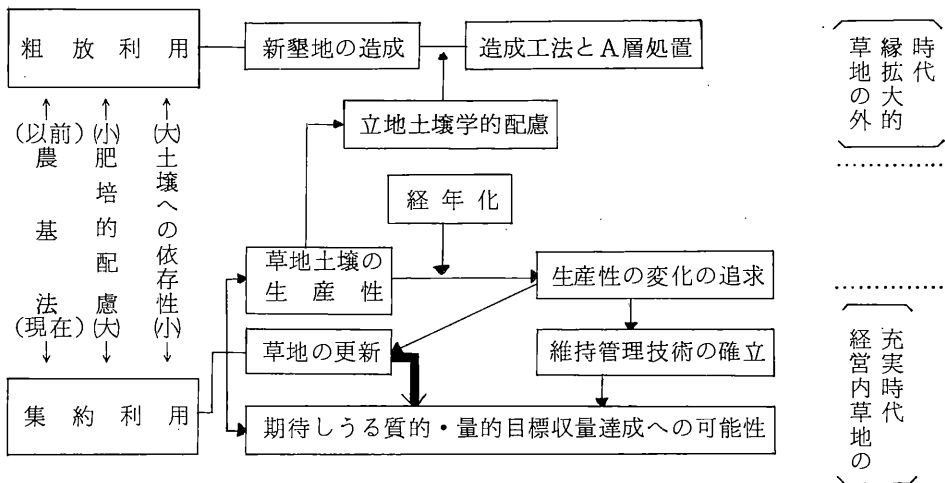


図1. 草地土壌の生産性に関する関連模式図

参 考 文 献

- 1) 池 盛重ら (1968) : S 42成績書, 北農試
- 2) 及川 寛ら (1968) : S 42成績書, 天北農試
- 3) 関口久雄・奥村純一 (1973) : 道農試集, 26, 69
- 4) 早川康夫 (1973) : 北農試報告, 105, 61
- 5) ——— (1962) : 道立農試報告, 11
- 6) 重粘地グループ (1967) : 北海道北部の土壤, 開発局
- 7) 奥村純一 (1973) : 道立農試報告, 22
- 8) 大崎亥佐雄・奥山純一 (1968) : 土肥学会, 支部会要旨15, 2
- 9) ———・——— (1975) : ———, ——— 22, 8
- 10) 早川康夫 (1963) : 道農試集, 11, 21
- 11) 石塚喜明・尾形昭逸 (1962) : 日土肥誌, 33, 483
- 12) 木戸賢治・南山 豊・永井秀雄 (1970) : 日草誌, 16, 3, 228
- 13) 小林 茂・永井秀雄 (1966) : 北農, 34, 11, 13
- 14) 赤城仰哉・大崎亥佐雄・奥村純一 (1974) : 土肥学会, 支部会要旨, 21, 12
- 15) 奥村純一・大崎亥佐雄 (1975) : 土肥中央会議シンポジウム
- 16) 石井和夫・岩間秀矩 (1972) : 土肥学会要旨, 19, 118
- 17) 大崎亥佐雄・奥村純一 (1973) : 道農試集, 27, 77
- 18) ———・——— (1975) : 土肥学会, 支部会要旨, 22, 8
- 19) 関口久雄・奥村純一 (1973) : 北農, 40, 7, 20
- 20) 佐藤辰四郎・奥村純一 (1976) : 土肥学会・支部会要旨, 23, 10
- 21) 坂本宣崇・奥村純一 (1973) : 道農試集, 30, 65
- 22) 平島利昭・能代昌雄 (1973) : 日草誌, 19, 53
- 23) 林 満・新田一彦 (1971) : 日草誌17 (別号-1)
- 24) 関口久雄・奥村純一 (1975) : 北農, 40, 7, 19
- 25) 山神正弘・奥村純一 (1976) : 土肥学会要旨, 22, 114
- 26) ———・——— (1975) : 日草誌21 (別号) 21, 83
- 27) 大崎亥佐雄・奥村純一 (1975) : 道農試集, 32, 35
- 28) 佐藤辰四郎 (1975) : 道土肥研通, シンポジウム, 21
- 29) ———・奥村純一ら (1977) : 日草誌23 (別号) 23
- 30) 菊地晃二 (1976) : 北農, 43, 1, 45