

傾斜草地の土壌の物理性について

加甲 艶照* 豊田 広三*

1. はじめに

わが国の最近の農業の方向として畜産振興が強く叫ばれ、その基盤として山林、原野を対象にした開発利用計画が進められている。新全国総合開発計画¹⁾によれば、畜産の将来的展望は、今後高度化する国民の食生活とその需要にこたえるため、昭和60年には、乳肉用牛あわせて約1,000万頭の飼養を目的に新しく140万haの草地を確保し、飼料基盤を整備する必要があるとしている。このため水田からの転作、あるいは既存耕地の高度利用は勿論ではあるが、山林、原野の農業的な開発利用も自然環境の保全を考慮した国土利用の一環として進められることが考えられる。

当山地支場でもこのような要請にこたえるため、浅間山南麓斜面において、創設以来全場的な規模で「山地傾斜地における草地農業の確立」という一つのプロジェクト研究にとりくんでいるが、山地傾斜地を草地として開発利用する場合に、その経済性の追求とともに土地環境の整備、保全の問題を重要な課題の一つとしこ考えてきた。とくに産業のめざましい進展と急速な都市化の反面、最近各地で公害問題が起り、環境の整備、保全が急務な問題として強調されている。これらに対処するためには今後の産業開発計画は、自然環境の整備、保全に対する科学技術であると同時に自然的要素を考慮した調和のとれた国土の土地利用として考える必要がある。このことは草地農業の今後の研究計画においてもとくに山地を草地として開発利用する場合においては当然の基本的な姿勢とも云える。これらの中で筆者らは上記プロジェクト研究の一環として「傾斜草地の土壌保全対策に関する研究」をとりあげ、草地の造成、整備、保全の問題がいずれも土壌の物理性との関連が深いことを痛感してきた。しかもこれらの問題はこれまでの対象に比し、広域を対象とする点が多くその中から問題点の解明を要することが特徴と云える。このような観点からその手がかりとして傾斜草地の土壌物理性についてきわめて巨視的な見方ではあるが、検討をすすめてきたので、その結果の一部をのべ諸先輩のご批判と今後のすすめ方についてご

指導を得たいと思う。

2. 試験地の条件

- 1) 位置：長野県北佐久郡御代田町塩野国有林（浅間山外輪山剣ヶ峯の南麓斜面）
- 2) 標高：1,000～1,260m
- 3) 気象：年平均気温7.5℃，最暖月（8月）平均20.1℃，最寒月（1月）平均-4.2℃，年降水量1,400mmで夏期（6月または9月）に多く。冬期に少ない。初霜10月13日，晩霜5月15日，降雪は12～2月で標高1,200m以下では根雪がない。
- 4) 植生：標高1,000～1,500mはアカマツ，カラマツとくに後者の人工林が主体で，林床植生はミヤコザサレンゲツツジ，ミヤコザサシモツケソウの群落が多い。
- 5) 地形：浅間山の外輪山剣ヶ峯の南麓斜面に数本の沢が縦断し，南への稜線斜面の傾斜は5～20度。沢への谷面斜面は20～40度。
- 6) 土壌：浅間山の火山活動に由来する黒色火山灰が表層を被い，下層には褐色火山灰（ローム質）がみられる。礫は少なく，塩基には富む。

3. 試験地の草地造成と利用経過

樹令30～40年のカラマツ，アカマツの人工林を昭和40年秋から造成を始め，傾斜度により，緩傾斜草地と急傾斜草地にわけ，前者は大型機械により採草，貯蔵粗飼料（サイレージ）の生産に，後者は夏期間の放牧に利用している。

1) 緩傾斜草地（耕起造成，採草利用10ha）

造成法は，伐木一木材搬出一灌木刈払い一抜根一搬出一抜根跡穴うめ一改良資材半量散布一起土一改良資材半量散布一碎土の順には種床を造成し（昭和40年秋より初冬），翌春に根の断片，枯枝などの障害物を除去し，基肥を施用した。草種はアカクロバ，ラジノクロバ，オーチャードグラス，チモシーの基本型とした。

2) 急傾斜草地（不耕起造成，放牧利用9ha）

造成法は昭和42年春より，伐木，木材搬出跡地の障害物を刈払い，表層の攪拌はウニモクにロータリースラッ

* 農林省草地試験場山地支場 1971.6.5 受理

シヤを装備して行なう程度で改良資材を散布し、基肥の施肥、播種を行い、放牧を行いながら草地化を計った。また25度を越える急傾斜地の場合は人力によった。こうして翌年の夏には草地化がすすみ、夏の180日間には育成牛40~50頭の放牧利用が行なわれた。

以下に上記のように造成された条件の異なる傾斜草地を対象にした土壌の物理性について若干の調査、結果をのべることにする。

4. 傾斜草地の土壌水分

1) 耕地、草地、林地の土壌水分の比較²⁾

昭和44年7~8月に支場の周辺の耕地、草地、林地の土壌水分の変動を調査し、比較した。その結果を要約すると、耕地と草地(耕起造成)では0~5cmに比べて5~10cmの土壌水分が常に高く経過した。これに対し林地やササ地では地表堆積物を除いた0~5cmが5~10cmより常に高い状態で経過した。一方林地やササ地の地表堆積物の水分は非常に高く(含水率60~70%)、降雨により水分貯溜が大きいため土壌への移行に時間を要し、水分の動きは地表堆積物に比較して土壌部分での変化が小さい。このことは林地が草地化される場合、地表堆積物が耕起造成によって攪拌、稀釈されて、土壌の保水能や蒸発など水分の動きに対し大きな条件の変化を与えることになると考えられる。

2) 傾斜草地の土壌水分の季節的変化²⁾

傾斜草地では造成法や利用法、傾斜方向や角度、斜面の広がりや長さなどの諸条件のちがいでによって、土壌水分の動きに影響を及ぼすことが予測されるので、急傾斜草地(不耕起造成放牧利用)を中心に昭和44年4~10月に土壌水分の変化を継続的に調査した。その結果を要約すると、耕起造成草地(南向緩斜面、傾斜8度、プラウ耕)では0~5cmと5~10cmとで前者の土壌水分がやや低く、しかも斜面の上部と下部との差は少なかった。これに対し不耕起造成草地(南向緩斜面一傾斜10度、南向急斜面一傾斜23度、以上ロータリースラッシュ利用。東向急斜面一傾斜30度、西向急斜面一傾斜23度、以上人力利用)では0~5cmと5~10cmとでは前者の土壌水分が高く、斜面の上部と下部とでは傾斜度が大きい場合にのみ斜面下部の土壌水分が高くなる傾向を示した。また原植生地(南向緩斜面、傾斜10度、ササと雑灌木)では上記不耕起造成草地の南向緩斜面と同様の推移を示した。不耕起造成と耕起造成草地の土壌水分が0~5cmと5~10cmとの間の比較で逆の傾向であったのは、造成法の差によって水分の保水能など水分の動きに差の生じたものとみられる。すなわち不耕起造成草地では地表に堆積有機物層が残存し、0~5cmの土壌水分保持に影響があったものと考えられる。

5. 傾斜草地の土壌三相分布

1) 耕地、草地、林地の土壌三相分布の比較

耕地、草地、林地の土壌三相分布を同一時期に調査した結果を表一に示した。

表一 耕・草・林地土壌の三相分布(昭和44年4月)

耕草地 利用区分	採取 部位 cm	全重量 W g	固相率 Sv %	水分率 Mv %	空気率 A %	孔隙率 P %
耕地	0~5	100.1	30.4	24.0	45.6	69.6
	5~10	99.0	28.2	26.1	45.7	71.8
草地	0~5	105.3	23.0	42.3	34.7	77.0
	5~10	101.9	24.1	40.6	35.6	76.2
ササ地	0~5	82.0	13.2	45.6	41.2	86.8
	5~10	89.3	19.2	39.1	41.6	80.7
林 カラマツ	0~5	63.0	15.9	24.7	59.4	84.1
	5~10	83.9	22.3	28.5	49.2	77.7
アカマツ	0~5	81.6	17.4	35.1	47.5	82.6
	5~10	95.0	18.2	40.7	41.1	81.8
地 クスギ	0~5	74.6	15.8	32.9	51.3	84.2
	5~10	83.2	18.3	30.4	51.2	81.6

この結果から耕地と草地の土壌全重量は林地やササ地に比べて高い傾向がみられ、固相率も同様に耕地や草地で高く、孔隙率は逆に耕地や草地で低い傾向がみられた。このことは林地において伐採が行なわれ、ササ地となり、さらに草地に植生が変せんする過程で、土壌の三相分布も変化したものと考えられる。

2) 草地の利用と土壌三相分布の変化

急傾斜草地と緩傾斜草地とで、その造成法、利用法を

表二 草地利用と土壌三相分布の変化(昭和44年)

調査地	採取 月日	採取 部位 cm	全重量 W g	固相率 Sv %	水分率 Mv %	空気率 A %	孔隙率 P %	全重量 変異係 数 CV %
急傾斜草地(不耕起造成、放牧利用3年目)	4. 22	0~5	100.7	23.3	34.2	33.4	47.6	71.4
		5~10	103.9	24.4	39.5	36.1	75.6	7.5
緩傾斜草地(耕起造成、採草利用4年目)	4. 23	0~5	99.5	22.4	44.2	8.3	48.7	6.1
		5~10	99.9	22.4	43.8	13.9	57.7	6.5
原植生地(ササ地)	4. 22	0~5	77.7	16.6	35.2	48.2	83.4	11.8
		5~10	94.7	21.7	38.3	40.0	78.3	12.4
(ササ地)	10. 23	0~5	81.3	17.2	38.1	44.7	82.0	2.2
		5~10	94.7	20.2	38.8	41.0	79.8	6.5

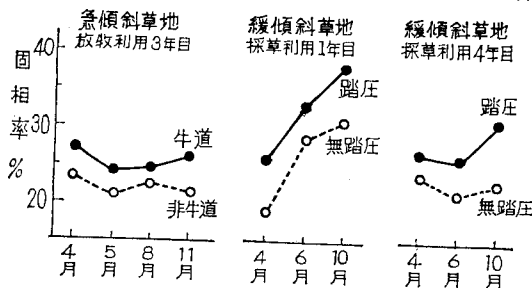
異にした場合、土壌の三相分布が年間の利用期間中にごとくのように変化するかを、原植生地と対比し調査した結果を表一に示した。

この結果急傾斜草地では放牧利用前の4月と最終放牧後10月とで、土壌三相分布の値に著しい変化がみられなかった。しかし原植生地との比較では、いずれの時期においても表層0~5cmの全重量、固相率、水分率が高く、空気率、孔隙率が低かった。したがって急傾斜草地では放牧利用年次の経過による土壌三相分布の変化が考えられる。これに対して緩傾斜草地では採草利用期間の前後で、土壌三相分布の値に著しい変化がみられた。すなわち刈取前の4月と最終刈取後の10月とでは、表層0~5cmの全重量が高くなり、固相率は約10%増加し、水分率も高まり、逆に空気率、孔隙率の低下が著しかった。このことは後述する大型機械の車輪踏圧の影響が一部加わったものと考えられる。なお急傾斜草地と緩傾斜草地の表層0~5cmの全重量の変異係数を比べると前者の方が高い。このことは草地の造成利用の差によると思われる。すなわち前者は不耕起造成で表層土壌の不均一性が草地化後も継続し、さらに放牧による蹄圧でその不均一性が助長されたものと考えられる。一方後者は耕起造成で表層土壌は均一化され、採草利用での車輪踏圧を強くうけたが、踏圧を受ける部分が走行上は意外と一定場所であったものとみられ、予測したほどの踏圧の差が生じなかった。

3) 草地の踏圧土壌の生成とその復元

先にのべたように草地では利用管理の過程で踏圧を受けた部分がかかり生成する。急傾斜草地では和牛放牧の場合、傾斜度が大きいと特徴的な牛道ができる。この牛道は牛の蹄圧、蹄傷の繰返して裸地化し、踏圧による土壌の物理性の変化が生ずる。また緩傾斜草地では大型機械による刈取、施肥など年間10回に及ぶ機械の導入があり、車輪により土壌が踏圧をうけ、圧密土層を生成し、土壌の物理性が変化する。そこでこれらの牛道や車輪踏圧地の土壌の三相分布を調べた。その結果のうち0~5cmの土壌固相率の変化を図一に示した²⁾。

急傾斜草地では牛道の0~5cmの土壌の固相率は、非



図一 草地の踏圧土壌の固相率の変化—0~5cm—(昭和44年)

牛道の0~5cmの固相率よりいずれの時期にも高い傾向を示した。また緩傾斜草地でも踏圧を受けた0~5cmの土壌の固相率は、無踏圧の0~5cmの固相率よりいずれの利用年次、時期とも高い傾向がみられた。なおこれらの5~10cmの固相率は牛道と非牛道、踏圧と無踏圧との間に0~5cmでみられたほどの差がなかった。したがって放牧草地や採草地で踏圧を受けた土壌は表層0~5cmの間に、最も影響がみられることがわかった。事実、草地土壌の硬さの変化をみると、牛道では0~6cmの部分で貫入抵抗が増し、車輪踏圧地では1~5cmの硬度が増大していた²⁾。

さらに前記の緩傾斜草地で車輪により生成された踏圧層は表層0~5cmのどの部分で最も変化が大きいかをみると、0~2.5cm、2.5~5cmに区分した場合の三相分布は、採草利用4年目の草地で、車輪踏圧が繰返された2.5~5cm部分が0~2.5cmの部分より土壌固相率、水分率が高く、空気率が低い傾向がみられた。このことから採草地での車輪圧の影響は表層0~5cmの部分でも車輪のラグが直接あたる最表層より、その直下2.5~5cmの部分で大きいことがわかる²⁾。

つぎにこれまでのべた草地の踏圧を受けた土壌の三相分布は冬期間を経過しどう変化するかを知るため、草地の越冬前後の土壌三相分布を調べた。その結果は、急傾斜草地では牛道の表層0~5cmの越冬前に高かった土壌の固相率が翌春の放牧前には固相率を減じ、非牛道との間に大差なくなることがみられた。また緩傾斜草地では土壌の固相率が表層0~5cmで越冬前には非常に高かったが、翌春の越冬後には約10%も減少する傾向がみられた。このように草地の表層0~5cmに放牧または採草利用により生成された踏圧土層は冬期間を経過することによって、凍上や春先の融凍の影響を受け、踏圧土層が復元され、夏期に形成された踏圧土層は年々それほど増加する傾向を示さないことがうかがわれた³⁾。

表一 耕・草・林地の土壌透水性の比較

(昭和45年9~10月)

区別	調査場所	採取部位 cm	透水係数 (定水位) Kcm/sec	孔隙率 P %
耕地	寺沢開拓畑地	0~5	4.8×10^{-3}	77.3
		5~10	4.6×10^{-3}	78.6
草地	急傾斜草地(不耕起造成放牧利用4年目)	0~5	1.0×10^{-2}	79.8
		5~10	2.2×10^{-2}	79.7
草地	緩傾斜草地(耕起造成採草利用5年目)	0~5	7.6×10^{-3}	74.8
		5~10	7.5×10^{-3}	78.2
林地	カラマツ老齡林	0~5	4.5×10^{-2}	86.9
		5~10	3.2×10^{-2}	82.3

6. 傾斜草地の土壌透水性

1) 耕地, 草地, 林地の土壌透水性の比較

草地と耕地, 林地の土壌透水性を対比して調査した結果を表一3に示した。

耕地と林地とでは, 0~10cmの範囲の透水係数は耕地が $\times 10^{-3}$ オーダー, 林地が $\times 10^{-2}$ オーダーで耕地の透水性が低い傾向がみられた。草地と林地の比較では0~10cmの透水係数は急傾斜草地では $\times 10^{-2}$ オーダーで林地と同程度であるのに対し, 緩傾斜草地は $\times 10^{-3}$ オーダーで林地より透水性が低い傾向がみられた。緩傾斜草地でこのように透水性が低いことは, 利用年次が経過することにより, 先にのべたように三相分布では越冬後かなりの復元がみられたことと反し透水性では差の生ずることがみられた。

2) 草地の利用と土壌透水性の変化

草地の利用条件のちがいと土壌透水性の変化を調査した。その結果急傾斜草地(放牧利用4年目)で牛道と非牛道の土壌の透水係数を比べたが, 0~10cmの範囲ではいずれも $\times 10^{-2}$ オーダーで明確な差がなかった。しかし緩傾斜草地では利用2年目, 5年目ともに, 大型機械の車輪踏圧直前の土壌で0~5cmでは $\times 10^{-3}$ オーダーで5~10cmでは $\times 10^{-2}$ オーダーであり, 表層の透水性が低い傾向がみられた。しかも踏圧直後には0~5cmでは $\times 10^{-3}$ オーダーではあったが, 踏圧直前より透水性が低下する傾向が認められた³⁾。

7. 傾斜草地の浸透, 流出

傾斜草地の浸透, 流出の関係を知るため, 農業土木試験場試作の測定器(面積20m², 人工散水)で調査した結果は表一4の通りであった。

その結果, 原植生地では流出率が0であるのに対し, 急傾斜草地では0.47, 緩傾斜草地Aは0.54, Bは0.57であった。また原植生地で散水前後の土壌水分をみたが, 散

表一4 傾斜草地の散水流出試験(昭和44年)

調査場所	散水時間 min	総散水量 mm	総流出量 mm	流出率	単位又は散水100はビー はビー ク散水 量 mm / min	散水100 はビー はビー ク散水 土壌水分 保留量 (0~10cm) mm *
原植生地(ササ地)	62	108.5	0	0	1.8	15.9
急傾斜草地 (放牧利用4年目)	42	59.6	28.2	0.47	1.4	8.6
緩傾斜草地A (採草利用1年目)	63	103.3	55.6	0.54	1.6	13.1
緩傾斜草地B (採草利用4年目)	50	89.0	50.5	0.57	1.8	15.6

* 散水前後の土壌水分率増加量から試算

水前より散水後には比較的深い70~80cmまで水分が増加していた。これに対して傾斜草地ではいずれもかなりの流出が認められ下層での水分増加が少なかった。このことは森林伐採後地表の植被や堆積有機物層など土壌に及ぼす変化が少ない場合には土壌の浸透能, 透水性が大きく流出が少ないことがうかがえる。しかし草地造成後, 放牧や採草利用により, 土壌に踏圧が加えられ表層に圧密層が生じた草地では土壌の浸透能, 透水性が低下し流出率が高まるものと考えられる。これまで草地の流出率は一般には小さいと考えられてきたが, ここで得た値は火山灰の草地のこれまでの値と比べて大きい値である。このことは実際の規模では草地を造成, 利用する場合にかなりの条件の差があることがうかがえる。

8. 広域における水収支の解明と土壌保全

山地を開発し草地化する場合, これまで森林として平衡が保たれていたものが, 一時的にせよ破壊されることになるのでわれわれは草地として機能的な平衡状態を再現する責任がある。このため山地を草地化した場合, どのような降雨条件でどのような流出をみ, 土壌の流亡が起るかを知り, その実態を調査し, 適確な土壌保全対策を策定することが必要と考える。当場では昭和43年より流動研究員制度により, 気象, 土木, 土壌の各分野が協力し, 同一場所で研究上の問題点を明らかにし, 研究手法の検討をおこなってきた²⁾。そして昭和45年より広域における水収支解明の一環として, 草地を中心に周辺の耕地, 林地に量水セキを設置し, 降雨と流出との関係を今後継続的に調査することにした³⁾。

9. おわりに

以上傾斜草地の土壌物理性について, 山地を開発し造成, 利用している傾斜草地を中心に土壌水分, 三相分布, 透水性, 浸透, 流出などについてのべた。今後はさらにこれらの結果についての点と点の結び方について研究をすすめたいと思っている。

参考文献

- 1) 経済企画庁: 新全国総合開発計画 23 (1969)
- 2) 農林省農事試験場山地支場: 傾斜草地の土壌保全対策に関する研究, 山地支場研究資料 No. 9 (1970)
- 3) 草地試験場山地支場: 昭和45年度試験成績概要, 山地支場研究資料 No. 10 (1971)