傾斜地の土地利用と機械化の限界

農事試験場 一 戸 貞 光

Sadamitsu ICHINOHE : Mechanized Cultivation on the Slope Land

国土総面積 3,700 万 ha のうち、農耕限界といわれる 15 度以上の急傾斜地の面積が 2,000 万 ha (約 55%)、5～15 度の緩傾斜地の面積が 1,000 万 ha (約 25%) を占め、5 度以下の平坦地の面積はわずかに 700 万 ha (約 20%) となっている。

平坦地の 700 万 ha のうち耕地となっているのは、約 55% (380 万 ha) で、残りの 45% は耕地以外の土地——都市その他——となっており、緩傾斜地 1,000 万 ha のうち耕地は約 12% (120 万 ha) で、残りの 88% は急傾斜地 2,000 万 ha の 96% (耕地はわずかに 4%, 約 80 万 ha) とともに山林その他となっている。

また約 600 万 ha の耕地は平坦地では水田が 60% を占め畑地より多いが、緩傾斜地では 58%、急傾斜地では 64% が畑地で占められ、平坦地の多くは水田、傾斜地の多くは畑地というわが国特有の土地利用形態を示している。この形態は、平坦地でありながら、しかも畑作が主体となっている北海道、東北北部、関東、南九州を除くと一層顕著なものとなる。いずれにせよ、250 万 ha の畑地面積のうち約 45% の 120 万 ha が 5 度以上の傾斜地に分布しているのが現状である。

傾斜地を農耕に利用するために機械を導入する問題については、第二次世界大戦以後、北海道、四国、関東で畜力用機械を、また九州、四国、関東で小型トラクタを対象に研究が進められたが、その多くは、耕起作業を中心としたもので、一部中耕と培土作業に及んでいるものがあるにすぎなかった。

中・大型トラクタを対象にした研究は昭和 36 年頃四国農試と岩手農試高冷地試験地において漸く試験が行われるようになり、最近になって、東北農試

と農事試験場山地支場が本格的にこの問題を取りあげるようになった。しかし機械導入による栽培技術の問題については、いま漸く平坦地で技術の樹立がみられつつある現状で、傾斜地での研究実績はまことに少なく、傾斜地を場内にもついくつかの農場の実績があるにすぎない。

偶々昭和 40 年と 41 年に農業機械化研究所の委嘱による土地利用と機械化、機械化と栽培技術に関する調査研究に参画する機会を得て、昭和 42 年に漸くそれを取りまとめて報告する運びとなった。そのなかの傾斜地利用と機械化の限界に関する部分を機械化研究所ならびに戸荻義次主査の了解を得てここに紹介し話題として提供するものである。

1 傾斜地利用の基本方向

傾斜地は水田、普通畑、果樹園、桑園、牧野あるいは林地等として多様な方式で利用されており、み方によれば営農上きわめて便利な融通のきく場であるかのようにも見える。しかし、その実態をつぶさにみると必ずしも十分な必然性に基づいているものでなく、多分に慣習的情性的に平坦地の模倣として延長利用されているといつてよいようである。

傾斜地の農業は平坦地のそれに比べて一般に生産性が低く、ことに労働の生産性は甚だしい劣位におかれていることはすでに周知するところであるが、更にその自然的並びに社会的経済的条件の悪さから傾斜地の農家は一般に所得が少なく、生活も豊かでないのが現状である。

こうした傾斜地の農業なり、農家なりを平坦地の農業あるいは、農家なみにそれらの水準を引き上げるためには、単に果樹や乳牛を導入するとか機械化

をすすめるといった方法では決して解決できないことは過去に多くの事例をみても明らかなことであって、経営の基本である生産力を支えるための地力の保全を軸とした総合的な施策がのぞまれる。

その点について、昭和27年から30年にかけて研究を実施した科学技術庁土壌資源部会傾斜地分科会は、その結論として、適地適作による果樹の導入、経営規模の拡大、草地の開発利用による有畜経営の確立、傾斜地農法の確立および保全工事との一体化、林地・農地・草地の合理的利用区分など10項目にわたる基本方向を提示している。しかしながら、これがうちだされた昭和36年というのは、丁度、農業基本問題についての答申の行われた直後であるが、この基本方向とりまとめのもとになった調査および試験研究成果の大部分が昭和34年以前のものであったことから、機械利用あるいは省力化の視点に基づく具体的諸方策については何らふれていない。

2 傾斜地における作物生産と地力対策

傾斜地に栽培される作物の収量は同じ耕種法（品種、栽植密度、施肥量）で行った平坦地のそれに比べて30%～50%も少ない。その事例は数多く紹介されているところであるが、その根本的原因是表土および肥料養分の流亡・移動に帰せられる。とくに下層土が劣悪な土壌ほどその現象は顕著で、こういう所では施肥による回復はかなり困難で、荒蕪地あるいは植林に変わることがみられる。また下層土の条件が比較的よいところでも当初の収量を長く維持するためにはかなり積極的な地力培養が必要であり、このためには堆肥、緑肥、わら等有機物の施用や牧草輪作が顕著な効果を生ずることを、西瀧、川村等が明らかにしている。しかし、堆肥、わらなどの施用は規模の大きい経営になると機械利用を考えた場合でも作業的に多くの難点があり、この面からも牧草の積極的な利用がのぞましいことになる。

表土および肥料養分の流亡は主として、降水によってもたらされるが、自然傾斜地を利用することの多い東北、北海道地方での水蝕防止については筆者がかって、第1には作物の選択に注意して完全な等高線栽培法を採用すること、第2には経営内容に応じて適切な幅の牧草帯を設け带状栽培に近づけるこ

と、第3には牧草地面積の拡大を経営と結びつけ牧草輪作体系の確立をはかること、第4には栽培される作物について適切な栽培様式と土壌管理方式を採用すること、第5には少雪凍結土壌地帯と顕著な不透水層の分布する傾斜地では、以上のほかに排水渠と排水路との組合せを考えることによってその目的を十分に果しうることを提議したことがある。

ただし、これも前項と同様大型機械の利用を前提とした提議ではないので、その点今後の課題である。

3 傾斜地における機械利用の限界

傾斜地の作物生産において常に問題になることは耕作ならびに運搬作業の労働の過重性である。また作業能率の上からも傾斜地では平坦地に比べて30～50%あるいはそれ以上も低下することが多くの報告で明らかにされている。この過重性と低能率の程度は傾斜度を増すにつれ増大する（圃場内の作業）のは当然であるが、傾斜地は一般に遠距離に分散し、その間をつなぐ道路の装備も悪いために、とくに運搬作業の困難を増大する（圃場外）ことが多い。

圃場内の作業においては等高線作業を行うことにより従来の上下耕作に比べて労働程度を小さくし、また段畑造成をすることによって傾斜度も小さくし、その過重性を軽減することもできる。また、人力から畜力、さらに機械力の利用によってその過重性の軽減と作業能率の増進に努めることもできる。

ただ圃場外の作業をも含めて考える場合には、運搬車利用のできる農道の敷設または合理的再配置、簡易索道（ケーブル）の架設による運搬作業の機械化を計ることが必要となる。しかしながら農道にしても索道にしてもその所要経費は決して少ない額ではないので、その効率化のためには耕地の分合集団化がいずれの場合にも必要となってくる。これは非常に困難を伴う問題であるが、労働生産性を高めることが今後の至上課題とするならば、圃場内外の作業を機械化し省力化するための機械（トラクタおよび運搬車）の走行にとって不可欠な農道敷設は営農上の絶対的条件となる。

傾斜地農業への機械利用に関しては、試験研究の対象としている場所数も少なく、また供試条件も不十分のため研究はおくれている。しかし実際面では

特定の目的をもった事業（あるいは経営）が傾斜地という立地を与えられ、それも平坦地利用の機械でもってこなしていかざるを得ないケースが次第に増加して来ている。筆者らはこれまでに試験または調査を実施したことのある場所を対象に調査を行ない、その結果に基づいて作業別ならびに作物別の限界傾斜度について整理を行なってみた。

わが国の傾斜地農業は、作付けられる作物の種類、気象条件、作業慣行等から二つのタイプ、すなわち西南暖地に広く分布する段畑利用のタイプと関東以北に広く分布する自然傾斜利用のタイプとに分かれる。機械利用面から考えると、段畑利用タイプでは、土地の造成に特殊機械を用い、運搬作業にケーブル利用といった形式を除けば平坦地の場合と相違することが少なく、普通作物および牧草を主対象とする自然傾斜利用タイプのそれとはかなり異なった面が多いので、ここでは段畑利用タイプにおける問題についてはふれないことにした。したがって機械も普通作物および牧草を対象とした中・大型トラクタとそれに使用されている作業機に限定されている。

(1) 中・大型機械の作業別限界傾斜度

機械を用いての作業可能な傾斜限界について松山等は、これを純技術的作業限界、持続的安全作業限界、経済的利用限界の3つに分けて考える必要があると述べているが、研究の現時点では経済的利用限界を求める段階に至っていないことと、狭い面積での試験実施結果（主として試験場）と、広い面積での経験実績（農・牧場）とを混みにして集計することを考えたため、つぎのようにした。すなわち、実際に機械を使ってみて、明らかに危険と感ずる傾斜度（以下危険な傾斜度とよぶ-D）と作業の能率、精度の著しく低下する傾斜度（以下能率、精度の低下が著しい傾斜度とよぶ-W）とを求め、つぎに作業の能率、精度は低下するが、危険を伴うことなしに作業が可能と思われる傾斜度（以下限界傾斜度とよぶ-L）を判定するという区分を用いた。

第一表は依頼場所（農事試験場、東北・四国・岩手・福島各農業試験場、静岡育成試験場、姫恋馬鈴薯原々種農場、キープ農場）の調査または実験を行なった結果をこの区分にしたがって報告してもらい、作業別に集計し十分な吟味を行なった上で最大

公約数的数値を求め、それを一括表示したものである。また第一図（5ページ）と第一表（4ページ）から等高線作業の場合について作業別機械利用の限界を更に整理してみたものである。

(2) 作物の種類と傾斜地栽培の限界

第一表に示した作業別の限界傾斜度をもとに、作物別に作業体系を決めれば、それぞれの作物の傾斜地における栽培可能な限界が明らかになるとともに、その限界を規制する作業が何であるかも明らかになる。第2図～第4図は作物の種類を表および雑穀、馬鈴薯、牧草に分けて、それぞれの作業別限界傾斜度を示したものであるが若干の考察を加えると次のようになる。

1) 麦および雑穀の機械化栽培と限界傾斜度

これらの作物は等高線作業においては、石灰および堆肥の散布作業から施肥および播種作業までは限界傾斜度がおよそ13～15度の範囲にあるが、スプレーヤを使っての薬剤散布作業（除草剤および病虫害防除）はおよそ8度、コンバインによる収穫作業は12度、トラクタを使っての運搬はおよそ10度が限界傾斜度とみられる。従ってドリル播栽培を行ない除草剤を使用せずにしかも病害防除を必要としない場合には、コンバインが全体を規制する作業となり、運搬作業が圃場外に限られそして収納場所までの道路勾配が10度以下である場合にはホイールトラクタを使用してもおよそ12度までは、ほぼ一貫して機械化が行なえることになる。

一方、上下作業においては上向か下向か可能な方向にのみ一方作業を行なう場合に限りおよそ等高線作業と同様の限界傾斜度を示しているが、当然のことながら一方作業しかできない場合の能率はおよそ半減するものと考えられる。また、能率を下げないですべて往復作業で行なおうとすると、石灰および堆肥の散布とが規制作業となってこれら作物の限界傾斜度は、およそ8度ということになる。しかしながら、もし石灰も堆肥も使用せずにドリル播栽培を行ない、除草剤も病虫害防除も必要としない場合には、砕土、均平、鎮圧および運搬作業が規制作業となって、およそ10度まで限界傾斜度が高められる。

2) 馬鈴薯の機械化栽培と限界傾斜度

馬鈴薯は等高線作業においては、石灰および堆肥

農作業研究 No. 5 (1968)

第1表 傾斜地の作業別機械利用限界（使用したトラクタはほとんどホイール型）

作業名	使用する作業機	等高線作業			上下作業			備考
		D	W	L	D	W	L	
石灰および肥料散布作業	ライムソアブロードキャスタフーテライザー	15以上	10~13	13~15	度 度 度 8 (下向-15)			
堆肥散布作業	マニユアスブレッダ	18	8~12	14~15	18 8~12 8 (下向-13)			
耕起作業	{ ボットムブラウ デスクブラウ, ロータリー ブラッシュプレーカー リバーシブルブラウ	15	10	13~15	18~20 8 12 (下向-12)(上向-12~15)			ブラッシュプレーカー ⊕クローラ型は20 ~30%増
碎土作業	{ デスクハロウ クメロータリー	15	10~12	15	20 10~12 10 (下向-13)			クローラ型は等高 線作業で30%増
均平作業	ツースハロウ	15	12~15	15	20 10~12 10			同上
鎮圧作業	ローラ, カルチバッカー	15	10~12	15	20 10~12 10			同上
畦畔および施肥作業	フーテライザー, リッジ		8~10	10~12			8~10	
施肥および播種作業	ドリルシーダ	15	8~10	13~15	18 8~10 13			
覆土作業	{ カルチベータ, リッジ シンバハロウ			8 8			8~12	
中耕および培土作業	カルチベータ, リッジ		5	8	6~7 8			
薬剤散布作業	{ スプレヤー (スビードスプレヤー)		6	8 (12)	6 8 (12) (9) (12)			
収穫作業	{ スピンナー ポテトハーベスタ ディガー, フォーク コンバイン 中型 モーター フォールジハーベスタ		8 5 15 12 15~18 (12~15)	15 5 12 16~17 8~10 (8~10)(10~12)		6 8 18 15 16~17 18 12~15 15 (10)		等高線作業はハ ーベスタのみ 上下作業は3種 とも ()はトレーラ伴 走の場合
圧砕および転草作業	{ ヘイコンデシヨナ サイドレーキ, テッダー ファノレーキ, ワッフル	12~20	15	17	19~20 15 17			
集草および集積作業	{ 回転輪式レーキ サイドレーキ, ファノレーキ ロータリーレーキ	15~16	11~12	15	18~19 13~18 20			
梱包作業	ヘーベラ		12	14	15 14 (上向-20)			
運搬作業	{ 4輪ワゴン 2輪トレーラ	17~18		14~15 10				2輪トレーラ+ クローラ型を含 む。ホイール型

注) D : 危険な傾斜度

W : 能率・精度の低下が著しい傾斜度

L : 限界傾斜度

一戸：傾斜地の土地利用と機械化の限界

第1図 傾斜地の作業別機械利用限界 (等高線作業の場合)

の散布作業から砕土および均平の作業までは限界傾斜度がおよそ13～15度の範囲にあるが、覆土作業はおよそ8～10度、作畦および施肥の作業は10～12度、中耕・培土および薬剤散布の作業はおよそ8度、収穫作業はポテトハーベスタ、ディガ

ー型、フォーク型のものでは、およそ5度、スピナ型のものだけがおよそ15度、運搬作業ではおよそ10度が限界傾斜度とみられる。播種作業については、この調査では明らかでないが別に行った一戸等の調査では、ポテトプランター使用の場合で、お

第2図 表・雑穀栽培の機械化と限界傾斜度

第3図 馬鈴薯栽培の機械化と限界傾斜度

第4図 牧草栽培の機械化と限界傾斜度

よそ7～8度という数字がある。従って、馬鈴薯の機械化一貫作業では、ポテトハーベスタ、ディガー型、フォーク型を収穫に使用する場合には、それが規制作業となっておよそ5度がこの作物の限界傾斜度となる。しかし収穫にスピナー型の機械を使用するときは、中耕・培土および薬剤散布とポテトプランタによる播種が規制作業となっておよそ8度が限界傾斜度となる。(第3図)

一方、上下作業においては、上向か下向か可能な方向にのみ一方作業を行う場合に限りおよそ8度が限界傾斜度(規制作業は中耕・培土作業、薬剤散布作業および収穫作業は等高線作業より限界傾斜度が高くなる)となる。また能率を下げないですべて往復作業で行なう場合にも規制作業が等高線作業のとき、または上下の一方作業のときともほぼ同じなので、その場合の限界傾斜度もおよそ8度となる。

3) 牧草の機械化栽培と限界傾斜度

牧草は等高線作業においては、モアにより刈取りを行なう場合、運搬作業を除けばホイルトラクタでもその限界傾斜度は13～15度の範囲にある。フォーレジハーベスタにより刈取りを行なう場合でもホイルトラクタで牽引するトレーラを伴走させるときには、その限界傾斜度は10度前後となるが、トレーラが四輪であってクローラ型トラクタで牽引するとき、または、フォーレジハーベスタの単独刈取りのときは、13～15度が限界傾斜度となる。一方、上下作業においては、上向か下向か、可能な方にのみ一方作業を行なう場合、鎮圧作業と運搬作業(クローラ型、または四輪トレーラを使用のときはその限りではない)とが規制作業となっておよそ10度が限界傾斜度となる。また能率を下げないですべてを往復作業で行なう場合には、石灰と堆肥の散布作業が規制作業となつて、その限界傾斜度は8度前後となる。もしもこの両作業を省くか、その他特殊な方法で行うときには、砕土、均平・鎮圧の諸作業と運搬作業とが規制作業となつて、その限界傾斜度がおよそ10度となる。また、もしこれらの作業にクローラ型トラクタを使うとか、運搬作業に4輪トレーラを使うとかすれば、モア刈り、あるいはハーベスタによる単独作業を前提とする限り、その限界傾斜度は12～15度まで高められること

になる。(第4図)

これらの結果から平坦地で広く一般に使用されているトラクタとその一連の作業機を用いて、普通の作業方法により作物を栽培しようとする限り、機械利用の限界が意外なほど緩いところにあることが知られた。従来いわれてきた機械化の限界に比べて低くなった理由は、従来の多くは耕起・整地などの作業に限定していたことが、ここでは播種・管理・収穫・運搬までも含めて一貫作業を行なおうとした場合の限界を求めたためである。

このことは、傾斜地での作物栽培を機械化しようとするときは、特殊な傾斜地用のものを考えるとか、あるいは何らかの方策を別に考えとかしない限り、機械利用を体系化しようとするほど利用限界が低くなるということを示している。平坦地を対象とした機械利用の体系化 機械化一貫作業体系の確立 が必ずしもそのまま傾斜地の土地利用の合理化と、その生産性の向上に結びつくものでないことは当然であるが、体系化の基本をくずすことなく機械利用の限界を高めていく次のような方法も今後は検討する必要があるように思える。

1. トラクタおよび作業機の開発改良と利用技術の工夫・改善
2. 耕地の合理的な再整備と農道・排水路との計画的組合せ
3. 作物の選択・配列と作業体系の工夫
4. 機械によらない土地利用技術の活用

4. む す び

ここに紹介した調査結果は、単に機械利用だけの問題にとどまらず、土壌保全、営農方式、土地基盤、整備などとの深い関連をもっているが、これらについての考察は省略した。ただ割愛した作業別限界傾斜度をみてみると、中・大型トラクタにも馬力数をはじめ性能的なちがひもあり、また作業機にも、それを使用するオペレータの能力にもちがひがあり、さらにはそれを利用する土地ならびに土壌の条件などによってもちがった結果がでてくる。第一表は昭和40年の時点で求められた結果を集約したものであるから、今後の調査や実験によって訂正されていくことになると考えている。