

傾斜農地の侵食に関する研究 (II)

— 傾斜農地におけるウネの土壤侵食について —

今 尾 昭 夫[※]

Akio IMAO

Studies on Soil Erosion of Sloped Farmland (II)

— On Soil Erosion of the Ridge in Sloped Farmland —

1. ま え が き

傾斜農地における土壤侵食現象は、降雨の比較的多い我が国において、常に考慮しなければならない問題の一つである。従来、我が国における農地は、水田がその主役であって、畑地の保全については、ほとんど顧みられなかったため、土壤侵食の研究があまり進められていなかったのが実情といえる。また、戦後の一時期、食糧不足による農地開発によって畑地の高度利用の立場から、この問題が取り上げられ、その研究成果もあげられたが、大部分は、現場における調査が多く、土壤侵食機構に対する基礎的な研究は少なかったと考えられる。しかし、最近の平野部における農地の住宅化、工場用地化の進展、および農地の規模拡大による農業の近代化、さらには水田水稲作の規制等により、山間部の傾斜地利用（開畑）を主体とした畑作農業の振興が進められている。従って、傾斜農地の土壤侵食に関する研究は、農地保全の大きな課題として重要性が増してくるものと考えられる。

傾斜農地の圃場における土壤侵食防止の第一歩は、まず農法を考へることから始まり、その具体的な方法として、作ウネ法、マルチング法、あるいは栽培法などによる手法がある。そこで、これら農法のうち、作ウネ法と土壤侵食について考察してみよう。

一般に畑作栽培においては、作物の種類にもよるが、ウネたてによる方法をとる場合が多い。石川らによれば、ウネの型態を決定づけるものは等高線であり、この等高線の方向とウネの方向から、ウネの型態をつぎのように分類している。

ウネ { 単純ウネ { 縦ウネ……等高線に直角
横ウネ……等高線に平行
斜めウネ……等高線に斜行
複合ウネ……単純ウネの3型態の何れか2つ以上を1つのウネが備えている

しかし、これらのウネのうち、大部分は縦ウネと横ウネの型態をとっているのが一般的である。

傾斜農地において、この縦ウネと横ウネの優劣については、いろいろと論議のあるところであるが、少なくとも縦ウネは、土壤侵食に対して土壤が流亡しやすいという点で危険性があるとされながら、営農上の理由からこの作ウネ法を採用している地区が意外と多い。一戸は、この縦ウネ、横ウネの問題について、東北地方における聞き取り調査結果を詳しく報告しているが、土壤侵食に対して横ウネの優位性を認めながら、なお存在する縦ウネについて、その理由の大半は横ウネを作った経験がないという原始農業の所産として残されている技術的慣行にすぎないと指摘している。このように、農地保全の立場からみれば、傾斜農地の作ウネ法として横ウネが推奨されることは、一般的に認められていることであるが、一方、災害を惹起するような大きな降雨強度の場合、横ウネの決壊から、縦ウネより激しい土壤侵食を生ずることが指摘され、これが横ウネの弱点として検討されなければならないことである。

本報告は、上記の点を考慮しつつ、縦ウネと対比させながら横ウネによる土壤侵食機構を明らかにし、農地保全の手段について実験的に検討を加えたものである。

2. 実 験 方 法

実験は人工降雨発生装置、可傾式土槽、および計量水槽を用いた。表-1に示す受食性の試料土(マサ土)

※ 農地工学研究室

を、可傾式土槽（幅 80cm、長さ 160cm、深さ 20cm）に、土層厚が 16cm になるよう 3 層に分けてつき固めながら充填し、その表面を図-1 に示すようなウネ幅 20cm、ウネ高 7cm で縦ウネ、横ウネをそれぞれ成形した。模擬降雨は、1, 2, 3 mm/min の 3 種の降雨強度を用いて 60 分間降らせ、土槽の傾斜は、縦ウネ、横ウネそれぞれについて 5°, 10°, 15° に設置した。それぞれの場合について、つぎの測定を行った。

- i) 実験開始後
 - a) 15, 30, 45分に計量水槽により流出水量の測定。
 - b) 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60分に、ウネ間の堆積高さ（図-1 の○印を示す位置）の測定。
 - c) 横ウネの決壊する時間、水深、および位置の測定。
 - d) 侵食状況の時間的変化を追跡するため、0, 3, 5, 7, 10, 13, 15, 17, 20, 25, 30, 40, 50, 60分にそれぞれ写真撮影により記録。

- ii) 実験終了後
 - 流出土砂量の風乾重量測定、およびその粒度試験。

3. 実験結果とその考察

本実験は、ウネの型態による土壌侵食について考察することを目的とする。従って、縦ウネと横ウネのそれぞれについて検討するとともに、一般に土壌侵食に対して有利とされている横ウネの侵食機構の究明に重点を置いて考察を加えることにした。

3.1 流出土量

流出土量（侵食土量）は実験終了後に収集して測定したので、実験中の各時間ごとの流出土量を測定していない。従って、結果的には、縦ウネより横ウネの決壊をともなう流出土量が多い傾向を示す。図-2 に、傾斜度をパラメータとし、降雨強度と流出土量の関係を示したが、縦ウネ、横ウネともに降雨強度が大きくなるに従い、流出土

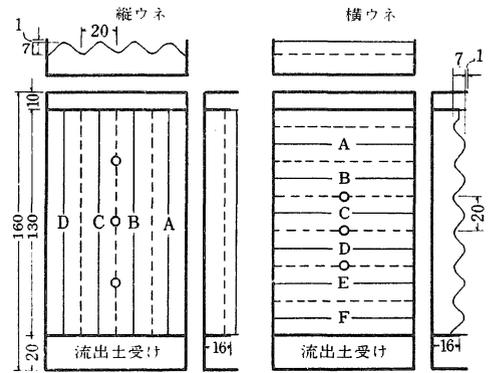


図-1 ウネの模式図（単位：cm）

量が増加する傾向を示す。また、降雨強度をパラメータとして、傾斜度と流出土量の関係を図-3 に示した。横ウネの場合、傾斜度、降雨強度の増加とともに、流出土量を増す傾向を示すが、縦ウネの場合は、降雨強度 3 mm/min を除いてその傾向を示さなかった。一般に平坦な裸地の場合、傾斜度、降雨強度の増加とともに、

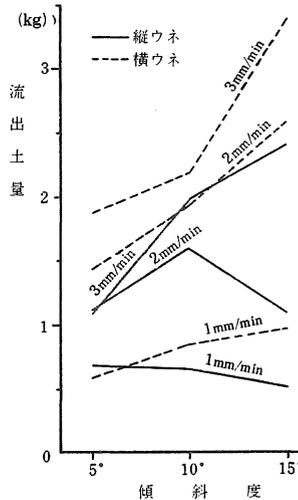


図-2 降雨強度と流出土量の関係

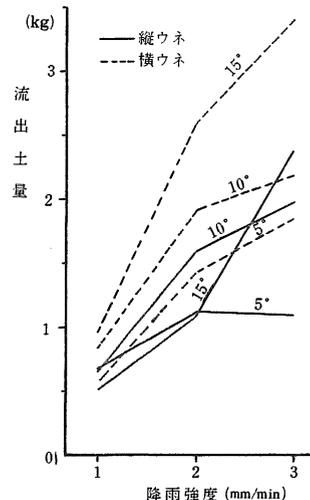


図-3 傾斜度と流出土量の関係

表-1 供試土の物理的性質等

真比重	液性限界 %	塑性限界 %	突固め 最適 含水比 %	粒度試験					分散率	侵食率	
				粒径区分 mm	レキ	粗砂	細砂	シルト			粘土
					2.0以上	2.0~ 0.47	0.47~ 0.074	0.074~ 0.005			0.005 以下
2.630	37.50	33.75	20.65	重量百分率%	26.0	24.0	17.0	23.0	10.0	60.3	144

流出土量も増大する結果を得ているが⁵⁾、この場合、縦ウネ特有の侵食状況を示しているかどうかは、さらに詳しい実験によらなければ、明確に判断することはできない。

つぎに、このような横ウネ、縦ウネの違い、降雨強度および傾斜度の要因が、流出土量におよぼす影響の程度を明らかにするため、少ないデータではあるが分散分析を試みた。その結果、流出土量に大きく影響する要因は降雨強度であること、とくに横ウネの場合は、傾斜度によっても影響をうけるが、降雨強度にきわめて大きく影響されることが、明らかになった。

以上のように、流出土量は縦ウネより横ウネの場合に多くなる結果が得られたが、実験中の観察によれば、横ウネの場合、実験開始後降雨がウネ間に貯留されている間は、ほとんど流出土がなく、従ってその時点までは縦ウネの流出土が多くなっている。しかし、横ウネのウネ間に貯留された降雨が、ウネを越流しはじめるとウネの決壊現象を生じ、急激に流出土量が多くなる。従って、実験終了後に測定された流出土量は、縦ウネより横ウネの場合に多くなる結果となっている。

3.2 流出土の粒度組成

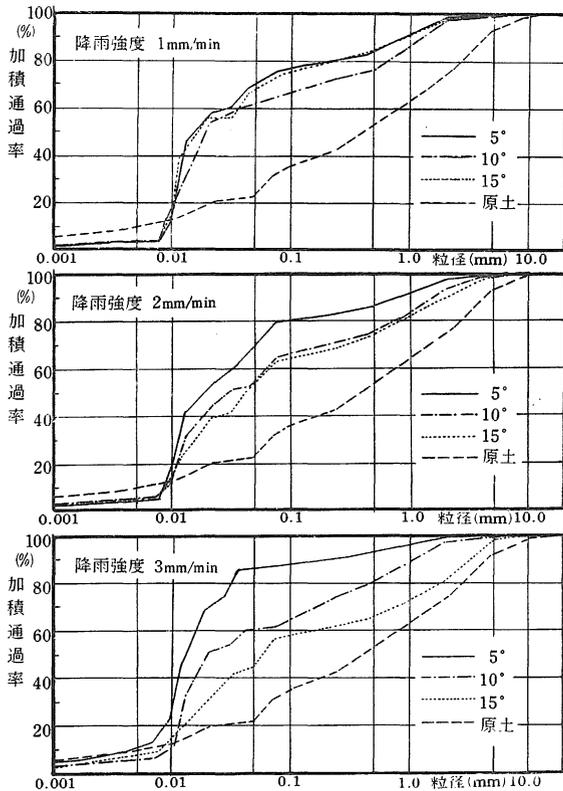


図-4 流出土の粒度組成 (横ウネ)

流出土の粒度試験結果は、縦ウネ、横ウネの場合ともに同じような粒度加積曲線が得られたが、これを横ウネの場合について、図-4に示す。全般の傾向としてシルト分の流出割合が高く、その上、降雨強度の増大とともに傾斜度による粒度組成の明らかな分別がみられる。すなわち、降雨強度が小さい場合、流出土は細粒部分が多く、しかも傾斜度による粒度組成の違いは顕著でない。一方、降雨強度が大きくなると、細粒部分の割合は高くしながらも傾斜度が大きくなるに従って、粗粒部分の割合も増し、細粒部分の割合は減少の傾向を示して原土に近い粒度組成を持つに至る。しかもこの傾向は傾斜度によって明らかに分別されている。これは、前者の場合、雨滴による土壌面ハク離、および飛散現象が侵食の主要因であるのに対し、後者は流去水による運搬作用が卓越することを示すのではないかと考えられる。また、このような傾向は、つき固めた平坦な裸地の場合には、これ程明確にあらわれないことを考慮すると、ウネを作ることによる表面の膨軟化に大きく影響されているのではないかと考えられ、ウネたてた農地の土壌侵食現象についての特徴的な傾向であるとすれば、傾斜農地における肥沃な土壌の流出に明らかに関与する重要な結果である⁶⁾

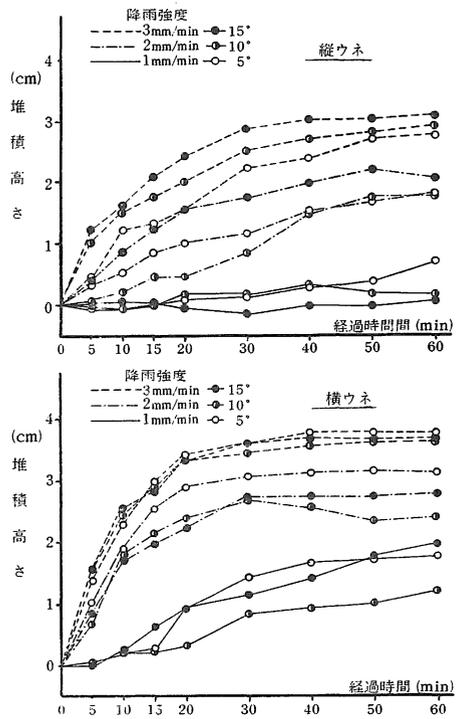


図-5 ウネ間の堆積高さ

と思われる。

3.3 ウネ間の堆積高さ

ウネたてによる農地表面の膨軟化は、降雨によってウネ部からウネ間へ土の流出を促し、流泥化した状態でウネ間に堆積させて、それがさらに下流へ流出する形となって侵食を増大させる。ウネ間に堆積する状況を縦ウネ、横ウネについて時間経過とともに図-5に示す。堆積高は所定の位置で原況からの高さを測定した値で、測定点による差はほとんどみられなかったので、その平均値を示す。

ウネ間の堆積は、降雨によりウネ部が衝撃、破壊作用を受け、ウネ間に飛散、堆積したもので、縦ウネ、横ウネともに降雨強度が大きくなるに従って堆積高を高くするが、20~30分以後は、堆積土の表面が流出してほぼ一定の高さとなる傾向を示し、全般に縦ウネより横ウネの堆積高が高い。これは、縦ウネの場合、傾斜方向への土の流去運搬作用が促進されるのに対して、横ウネの場合は、ウネ間に堆積して傾斜方向への移動が顕著でないことを示す。すなわち、横ウネの場合は、少なくともウネが降雨の貯留によって決壊しない限り、土の移動はウネ間にとどまるのに対して、縦ウネの場合は、下流へ流去することを示し、具体的には、侵食された作土の原位置への復帰作業に大きく影響するものと考えられる。

4. 横ウネの土壌侵食

前節の考察において、結果的には横ウネの侵食量が、縦ウネのそれより著しいことが示された。そこで、横ウネの土壌侵食がどのような状況下で進行するのか検討してみる。

実験中の観察では、縦ウネの侵食が、雨滴によるウネからの飛散と、ウネ間流去水の運搬作用による現象であるのに対して、横ウネの侵食は、ウネ間貯留水の越流による連続したウネの決壊現象である点に大きな相異がみられる。そこで、ウネの決壊時間と降雨強度、傾斜度の関係、および決壊時のウネ間の平均水深を図-6に示した。なお図中A B……Fは上流側のウネの位置、○印は決壊時間をあらわしているが、ウネは数ヶ所で決壊しているので、その中で最も早く決壊した時間を●印で表示した。

この図から、降雨強度 1, 2, 3 mm/min について、ウネの決壊状況を考察すると以下のようになる。

i) 降雨強度 1 mm/min の場合；同傾斜度における決壊時間にかかなりのバラツキがみられ、上流側のウネに較べて下流側のウネの決壊が早く始まる傾向を示しているが、傾斜度による相異はみられない。

しているが、傾斜度による相異はみられない。

ii) 降雨強度 2 mm/min の場合；同傾斜度における決壊時間のバラツキは i) の場合に較べて少なくなり、決壊時間も早くなっている。また、傾斜度が大きくなるに従い、決壊時間も早くなる傾向があらわれてくる。

iii) 降雨強度 3 mm/min の場合；同傾斜度ではほぼ同時に決壊を生じ、傾斜度による決壊時間の相異も明確にあらわれてくる。

iv) ウネの決壊時における水深は、降雨強度の小なるとき浅く、大なるとき深くなる傾向を示す。

以上の結果、および実験中の観察から、横ウネの侵食

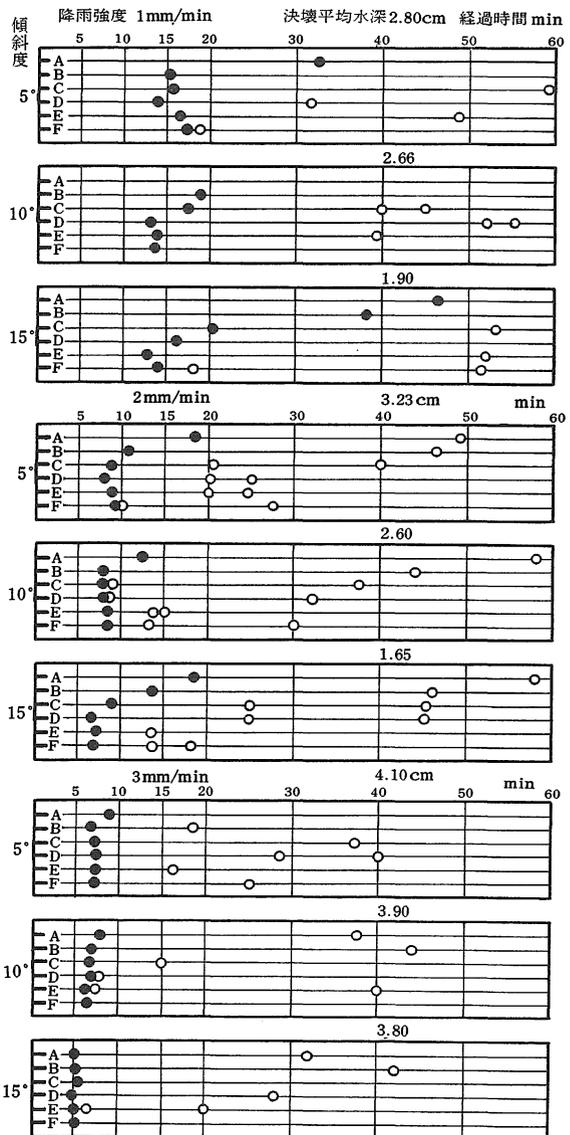


図-6 横ウネの決壊時間

について総合的にまとめるつぎのように考えられる。

降雨強度が小さいときは、ウネの雨滴侵食をうけ易い部分からウネ間への飛散、流亡が生じ、その位置で堆積しながら水位を上昇させ、ウネの越流による決壊をもたらす。一方、降雨強度の大きい場合は、降雨によるウネ間貯留が早く、ウネの凹部から越流はじめて決壊に至ることがわかる。従って、同じウネの越流による決壊現象であるとしても、その原因が、前者においては雨滴侵食が、後者においては、ウネ間貯留の水位上昇が卓越するという二つの型に分類できると考えられる。これは、さらに図-7に例示するようなウネの決壊位置(○印)にも影響することになる。

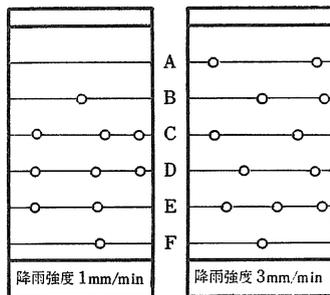


図-7 横ウネの決壊位置(傾斜度 10°)

すなわち、降雨強度の小さい場合は、ウネの雨滴侵食をうけ易い部分から決壊するため、その位置にバラツキがあるのに対し、降雨強度の大きい場合は、ウネ間の貯留にともなう水位上昇による越流現象で決壊し、その位置で流出した土がウネ間に扇状地的に堆積するため、流出した水は堆積土の両側に分流し、それが他の位置から同じように分流した水と合流した位置で下流のウネを決壊させるという千鳥状の決壊パターンを示す。

従って横ウネの場合は、降雨のウネ間貯留が可能である間は、土壤侵食防止法としてきわめて有効であるが、一旦ウネの決壊が始まると、縦ウネより侵食が著しく、侵食の型も降雨強度によって異なってくると考えられる。従って、横ウネによる土壤侵食防止農法にも限界があり、ウネ間貯留水の排除も考慮することが必要である。

5. ま と め

傾斜農地におけるウネの土壤侵食について、降雨強度、および傾斜度の両因子から実験的に検討したが、侵食にかかわる因子はその他にも存在して、それらが相互に関連し合う現象である。従って、この結果から全てを考察することはできない。しかし、従来、経験的に指摘されていた縦ウネ、横ウネの侵食について若干の知見が得られたものとする。とくに、一般に土壤侵食防止法として考えられている横ウネについて、その限界を指摘し、侵食のパターンを検討したことは、今後の農地保全に関する考え方に一指針を与えたものとする。なお、本実験の遂行にあたり協力を惜しまなかった学生諸君に深甚の謝意を表すものである。

参 考 文 献

- 1) 農林省農業改良局研究部：土壤侵食に関する研究集録 I, II, III 農業改良技術資料, 第15号, 30号, および農業土木資料, No.9, 1911-1958.
- 2) 石川武男他4名：農業改良技術資料, 第30号, 農林省農業改良局研究部, 1953, 136-144.
- 3) 一戸貞光：前出2), 125-135.
- 4) 今尾昭夫：島大農研報12, 1978, 131-133.
- 5), 6) 今尾昭夫：前出4), 134-135.

Summary

In general, the direction of ridge in sloped farmland has been making a parallel (contour ridge) or right angle (up-down ridge) with the contour line. The contour ridge is tillage method for prevention of soil erosion by rain-water in sloped farmland. But, the contour ridge occur greater soil erosion than the up-down ridge in case of heavy rainfall. This reports are discussed mechanism of soil erosion of the contour ridge. The main points of result obtained are as follows :

- (1) The contour ridge does not get soil erosion when it be able to store rain-water between ridges. (2) Soil erosion of the contour ridge is occurred by break of ridge because store of rain-water between ridges overflows its ridge. (3) A location of break shows a pattern of zigzag for direction of slope. These results will be of use the planning for land reclamation or soil and water conservation.