土壌侵蝕と耕地の条件とについての調査研究*

宮坂 増穂

(東京農工大學)

Investigation and study on the relation between the erosion and the farm condition.

M. MIYASAKA

(Tokyo University of Agriculture and Technology.)

1. 緒 言

近時土壌侵蝕による地力の低下が重要な問題となり、我が國に於ても多くの注目を引く様になつて來た。昨年(1951年)夏北海道中央部、富良野盆地周邊の波状地帯である布永別及び鯉澤兩地區の畑作地帯に於ける土壌侵蝕に就いて調査した。この地方の土壌侵蝕は當然起るべくして起つた感があり、長年月にその原因が積重ねられ侵蝕に對して極めて不安定な状態の所にたまたま豪雨が襲つて一舉に gully が發生した。傾斜地農業に於いては作物栽培過程の耕耘作業に於ても、降雨の打撃に於ても、流去水の作用に於ても表土は下方へ移動しがちであり、排水が合理的でなければ一時に過剰水の爲に破壊現象が出現する。耕地管理上こうした作用を軽減する方法が實施せられない結果は各處に大小さまざまな gully の發生が見受けられ、當地に於いてはそれ等の作用を促進するが如き作業が見受けられた。

この地方の土壌侵蝕に對し農業土木的立場より現地精密調査及び實驗的研究を行いその機構を解析し、その根本原因を究明し併せてその防止對策に對する所感を略述した。この調査は安本資源調査會により行われた綜合調査であるが、その内農業土木的立場から研究したものである。

2. 耕地の立地条件と侵蝕現象について

調査した布禮別の耕地は 28 町歩、うち畑地 24 町歩、林地 4 町歩で、鯉澤は耕地 44 町歩うち畑地が 24 町歩、草地 2 町歩、林地 12 町歩、林草地 6 町歩である。傾斜は 3° ~ 15° 前後で、布禮別では畑地は 3° ~ 8° が大部分で、 15° 以上は殆んど林地であり、鯉澤は畑地は 3° ~ 12° が最も多く、 15° 以上のものもあるが大半は林地である。

A. 耕地の位置と管理と gully 侵蝕 兩地區の

gully の發生個所を地形的に見ると圖 1 に示す様な三斜面の交つた排水路・道路等の設置維持管理等を充分に行

第 1 圖

われなければ當然發生すべき地形の所のものが多數であり、地形的には發生が考えられないが斜面に直角にソリの交通が行われ人爲的に gully の發生を促したと見られるものと分類せられる。前者の場合の小 gully, gully, 溪谷への發達の典型的なものが鯉澤地區で見られ、圖 2 に示した。

兩地區の限
界侵蝕期は
異り、布禮
別地區は 6
月頃の播種
直後、鯉澤
地區は輪作
過程に於ける
夏作物收穫
直後の 8、
9 月頃で、
何れも植物
被覆の無い

第 2 圖

時期である。これに作用する雨量は地形的に見て局地的降雨で然かも極く短時間のものであると云われている。

* 昭和 27 年 4 月 6 日 27 年度總會において發表

B. 交通運搬と gully 侵蝕 鯉澤地區の排水路は過去に生じた gully をそのまま現在の排水路としそれに沿つて耕作道が生じて居る。その爲に一見、耕作道を設け、それに沿ひ排水路を計畫した如くに見えるが事實は全くそうした計畫は無かつた。本地區の gully の一つ、圖2に示したものは、過去に於て幅員 4 m の農道を設けそれが降雨に際し排水路となり、結局 gully に變化してしまつたものである。こうした自然發生的な排水路以外には地區全體としての排水計畫は皆無で自然に放置し、現在の侵蝕状態と地力の低下を招來したのである。

布禮別地區もこれと大同小異である。ここでは道路の一部に側溝を設けてあるが、そこが却つて側面侵蝕を起しかけていることは無視出来ない。地區全體としての排水計畫が皆無のことは鯉澤地區と全く同一で現在の状態にたち到つた。

道路は交通運搬上必然的のものである爲に兩地區共耕作道は勝手な位置にとり、地形的に或は排水との關係に於て合理的であることは殆んどない。その爲に道路が排水路に化さる傾向が認められ、唯農家と耕地を結ぶ最短距離を選ぶ傾向が強く、その爲に斜面及びその上の植物被覆を破壊して顧みない。幹線農道は鯉澤地區には皆無で布禮別地區には一本設けられている。之は地區 28 町歩を支配すべき性質のものと認められるが、位置が丘陵の低部の一方に偏している爲に丘陵の中腹・頂部への交通は前述の任意の耕作道となり、その幹線農道としての性質が著しく低減していることは特に注意すべき事實である。この地方の丘陵部畑地への慣例の運搬機具は土ソリである。斜面勾配と道路の未發達の爲に車輪運搬は殆んど用いられない。その爲に積載荷重が制限され、堆肥の畑地への搬入が極めて困難と成り、腐植質の施肥が甚だ僅少となり、加えるに前述運搬経路が斜面の破壊を來たし却つて土壤侵蝕を促進させている結果となつて居る事は看過出来ない。

C. 現地の土壤侵蝕防止法 布禮別地區の一農家は所有耕地内に 120 m の間隔に green belt を設け下方から延びた gully を阻止し耕地を侵蝕から防止した。又鯉澤地區では、等高線に平行した採種用のゴボウ或いはトウキビが夫々 2~3 尺おきに残されて居つた部分に雑草が生へ、下から延びた小 gully を阻止した例も見られる。之等は等高線に沿つた green belt 或はそれに類似したものが侵蝕に對して一見してその存在の有無による差異を認めさせて居る。又急傾斜地に植林を行い上部畑地の土砂の移動を停止し、流出水を林地に放流して分

散滲透し、又等高線に沿つた gree belt を道路と兼用して侵蝕に對し安全を期して居るものも有る。ウネの方向は殆んど耕地區畫の長邊の方向に支配されており、完全な等高線栽培は見當らなかつたが、順次ウネの方向を等高線に沿わせる農家が多く成つて來ている。

3. 土壤の理學性と侵蝕について

兩地區土壤の物理的或は力學的性質の分析を行い、又降雨或は流水と土壤との關係を解析して、侵蝕防止の基礎的實驗を行ひその傾向を検討した。

兩地區の土質は石英粗面岩質凝灰岩の風化生成せられたもので、土壤分析の結果からすると砂壤土に近い土壤で腐植質は極めて少く、布禮別土層 0~10 cm を一層、10~20 cm を二層、鯉澤 0~20 cm を一層、20~25 cm を二層、45 cm 以下を三層として地表から深さに従つて層別に分析した結果はそれぞれ性質をやや異にして居る(表1参照)。眞比重は布禮別 (2.64) より鯉澤 (2.56) の

第1表 土壤の理學的性質

土 壤 性 質	布 禮 別		鯉 澤		
	I 層	II 層	I 層	II 層	III 層
眞 地 重 (Sr)	2.64	2.62	2.56	2.58	2.57
假 比 重 (S_a)	粗(風乾)	0.996	0.974	0.897	0.989
	密(風乾)	1.195	1.226	1.216	1.227
	平 均	1.096	1.100	1.056	1.108
萎 凋 係 數 (W%)	13.4	16.2	14.8	15.8	14.1
水 分 當 量 (M%)	24.7	29.9	27.3	29.1	25.9
最小容水量 (M_{min} %)	35.0	35.3	34.5	31.6	29.2
最大容水量 (粗) (M_{max} %) (密)	52.3	55.0	50.0	33.5	34.5
	49.3	46.8	47.0	40.3	35.4
理論飽和含水量 (粗) (M_r %) (密)	62.6	64.5	72.8	62.6	57.9
	45.7	43.5	42.5	42.8	40.9
空 隙 率 (粗) (p %) (密)	62.3	62.8	65.1	61.8	59.5
	54.7	53.2	51.5	52.4	51.2
有効空隙率 (粗) (pe %)	52.1		44.9		
滲透係數 (極密) (k_{21}) (粗) (cm/min) (極密)	0.071	0.045	0.068	0.070	0.032
	0.029	0.023	0.018	0.015	0.052
	0.020	0.020	0.010	0.096	0.013
粘 土 率	2.74	2.95	2.84	2.41	3.12
土 壤 名	壤土	壤土	壤土	壤土	砂壤土

方が軽く、この事は降雨による土壤の飛散量に影響し後述の実験結果にも表れている。一層に於ける有効空隙率(布禮別 52.1%, 鹹澤 44.9%)及び滲透係数(前者 0.04 cm/min, 後者が 0.033 cm/min)が布禮別は鹹澤に比し大であり、降雨保溜の性質がややまさつて居ると考えられる。又比重が大である事は風蝕に対する抵抗性の一つ

で、布禮別では風蝕については何等聞かなかつたが鹹澤では確認は出来なかつたが地元民は風蝕について云々していた事實は今後留意すべきであろう。

次に耕地の保水機能についての考察結果を見る(表2参照)。耕耘深さは普通 4~5 寸(平均 15 cm)心土耕 1 尺前後(約 30 cm)であり、15 cm 或は 30 cm 耕耘さ

第 2 表 飽和深及び降雨量

含水量 飽和深	布 禮 別						鹹 澤					
	13.4 % 萎凋係数	16.0 %	18.0 %	21.0 %	24.7 % 水分當量	35.0 % 最小容水量	14.8 % 萎凋係数	18.0 %	21.0 %	24.0 %	27.3 % 水分當量	34.5 % 最小容水量
—cm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
5	19.4	18.2	17.2	15.7	13.8	8.7	17.6	16.0	14.5	13.0	11.3	7.8
10	38.7	36.3	34.3	31.3	27.6	17.3	35.2	32.0	29.0	26.0	22.7	15.5
15	58.1	54.5	51.5	47.0	41.4	26.0	51.8	48.0	43.5	39.0	34.0	23.3
20	77.4	72.6	68.6	62.6	55.2	34.6	70.4	64.0	58.0	52.0	45.4	31.0
25	96.8	90.8	85.8	78.3	69.0	43.3	87.0	80.0	72.5	65.0	56.8	38.7
30	110.1	108.9	102.9	93.9	82.8	51.9	105.6	96.0	87.0	78.0	68.0	46.5

れ膨軟な状態の土壤に對し、その土壤の滲透能或は滲透速度以内の降雨が有つた場合、土壤の有効空隙中を全降雨が滲透して土壤が飽和される。布禮別土壤に於ては降雨前の土中含水量 13.4% (萎凋係数) の時は 30 cm まで飽和され、116.1 mm の降雨が完全に保溜され、35% (最小容水量) の時は同じく 30 cm の深さまでに 51.9 mm の降雨が保溜される。鹹澤土壤では土中水分 14.8% (萎凋係数) の時 105.6 mm の降雨で深さ 30 cm まで飽和し、34.5% (最小容水量) の時は 46.5 mm の降雨が同じ深さに飽和貯溜される計算となる。以上の如く降雨量がその耕地の滲透能の範囲内の強度であれば一定深さまで滲透保溜され表面流去の現象は起らないこととなる。耕地が深くまでよく耕されて膨軟であれば滲透機能も増大する。布禮別地區近接地に於ける最近 25 年の月平均降雨量を参考に見ると、9 月が最大で 129.6 cm であり、これと比較すると土壤中の保水機能は意外に大きい事が知られ土壤管理の重要性が示される譯である。

更に滲透能の測定として兩地區の風乾状態の土壤の粗密兩状態に對し表面に湛水を與えない程度に降雨を與へ滲透時間滲透距離及び滲透降雨量を測定した結果は(表 3 参照)、布禮別土壤の第一層粗状態では 38.9 mm の降雨が 30 分間に 120 mm の深さまで滲透し、密状態では 38.8 mm の降雨が 60 分間で 99 mm 滲透し、鹹澤土壤第一層粗状態では 25.3 mm の降雨が 30 分間に 83 mm 滲透し、密状態では 31.9 mm の降雨が 60 分間に 85

mm 滲透して居る。滲透能は最初の 10 分間は極めて強く滲透が進むにつれて機能は低下し、粗状態であれば極めて大であり、密状態の場合は著しく機能が低下する。耕耘により耕土が膨軟でしかも風乾であれば、布禮別土壤では 10 分間降雨量 38.9/3 = 13 mm、鹹澤土壤では

第 3 表 兩地區土壤滲透能

土 壤 時 間	布禮別地區土壤			鹹澤地區土壤			
	一層粗	一層密	二層密	一層粗	一層密	二層密	三層密
分	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1	22.0	13.0	16.3	14.5	10.0	19.0	8.8
5	45.0	25.0	29.0	31.5	23.4	40.6	17.2
10	65.5	37.4	42.9	45.5	34.0	61.1	25.9
20	95.0	57.0	62.0	67.0	50.0	89.0	34.0
30	120.0	67.	76.	83.	60.	110.0	43.
60	—	99.0	110.	—	85.	160.	62.
降雨量	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
	38.8	38.8	41.6	25.3	31.9	55.5	24.6

25.3/3 = 8.4 mm を耕地面近くに滲透貯溜せしめうるわけである。耕耘が不完全であればこの値も小となるが、限界降雨強度はその時々耕地状態に應じてかかる觀點から定められるであろう。

雨滴が土壤面に達した場合の攪亂作用と斜面の程度について分析した結果を見ると、粒子の飛散降下は勾配に比例してその割合が増加し然る土壤によつてその割合が

甚だしく異り、布禮別土壤では勾配 5° で飛散降下量 35 %, 10° で 45 %, 15° で 54 %, 20° で 60 % となつた。鯉澤土壤では勾配 5° で飛散降下量 45 %, 15° で 80 % となつた。布禮別・鯉澤兩地區土壤の間には明らかに差が見られる。これ等の差異は土壤粒子の眞比重、腐植質含量等の差異の結果であらう。前述の限界侵蝕期と併せて考えて裸地状態の降雨が侵蝕の主要因と考えるならば、雨滴による土壌面の攪亂はその契機であらう。斜面による地表水の表土剝奪は實驗結果によると（表4参照）耕地膨軟であれば流速 $0.2 \sim 0.25$ m/sec, 壓密の場

第4表 勾配別限界流速及び土砂含有率

勾配	膨軟		壓密	
	土砂含有率	流速	土砂含有率	流速
	%	m/sec	%	m/sec
5°	5.4	0.20	3.3	0.33
10°	10.7	0.35	4.1	0.33
15°	11.8	0.25	7.9	0.25
20°	13.0	0.24	10.3	0.36

合は $0.33 \sim 0.36$ m/sec から行はれる。勾配大となれば流出土砂量も増大するが、耕地膨軟の度によつてその増加の傾向が異つて来る。粗状態では傾斜 10° 以上、密状態では 15° 以上で急激に増大する傾向が見られた。これ等實驗結果はその流速減殺に示唆を與えている。兩地區の土壤の剪斷抵抗試験から現在の耕地は安定勾配以内にあり、匍行性地を考慮しなくてもよいが、更に急勾配の地區に於ては Slip erosion 或は匍行性地でも充分考慮する必要がある。

4. 結 言

前述の如く土壤侵蝕に對しては耕地の條件及び管理に對し多くの示唆が與へられる。土壤侵蝕防止對策についてその試案をのべ結言とする。

先ず降雨の地表面處理が考えられなければならない。これに對しては、耕地の深耕による土壌の膨軟化及び深根性作物栽培によるその助長、作物莖葉による土壌面の被覆、等高線栽培による土壌粒子分散下降の輕減、堆肥の施用を多くして耐侵性を増大せしめる事等が考えられる。

合理的排水計畫としては流速の減殺、分散流下を主眼とし、等高線に沿つた terrace の設置、地形的に集水しやすき位置に必要な水斷面積を有する水路を terrace に直角に設け速かに地區外に排水を行い、且つ落差工床固工を設けて流速を輕減して水路自身の侵蝕をも考慮すべきであり、道路と排水路とは特に區別する必要がある。

地力維持のための堆肥の搬入には丘陵の頂部まで道路を通ずることが好ましい。その道路は構造を完全にし側溝を設けるべきである。

土ソリは斜面耕地への昇降には使用を中止し幹線農道は山腹道路として勾配は役馬の經濟的使用上より 10 % 以内とし車輪運搬を主としたい。

急傾斜地の植林、計畫的伐採は gully 防止上重要である。

等高線栽培の前提條件として耕地の長邊を等高線に平行ならしめるように區畫整理を行ふべきで、そのためには等高線に沿つて、terrace, green belt, 道路等を設けて強い線を挿入し型態の條件を與える事が必要である。

Résumé

The brief Résumé of investigation and study on the water erosion in Hokkaido points out the next facts.

- (1) If the soil is not protected by a good vegetative cover, rainfall of short time disperses and transport the soil particles.
- (2) The up and down traffic of Dosori on the vegetative cover of the inclined land accelerates the rill erosion and the gully erosion.
- (3) The gully erosion occurs at the position where the three inclined lands take shape U form.
- (4) Frequently the gully erosion occurs at the agricultural road.
- (5) The direction of the ridge in the field is influenced by the long edge of the boundary of field.
- (6) The contour farming and the green belt prevent or lighten the water erosion.
- (7) The resistance of the soil to dispersion and movement is increased by the vegetable manure.