

14.2イ-763



1200600837077

土地侵蝕に関する最近の研究 (訳本)

農林省山林局



始



S65
Sa

治水關係資料第十一輯

土地侵蝕に關する最近の研究 (譯本)

S
656.5
Sa12

(512)

農
林
省
山
林
局



M

目次

序 一

侵蝕に依る被害 三

侵蝕の型式 五

侵蝕と雨量分布 七

流量及侵蝕の測定 八

土壌型並土壌状態と侵蝕との相互作用 二〇

侵蝕を起し易い土質 二三

侵蝕に依る養分の消失 二九

侵蝕防止法 三四

土地侵蝕研究のプログラム 三五



I種
W



1200600837077

欠

欠

土地侵蝕に關する最近の研究

侵蝕に依る被害

土地の侵蝕に依る國富上各種の損失竝之に伴ふ現象は實に莫大であるが、防止方法に關する國民的關心の缺乏の爲に其の額に就き信用すべき推定を爲すことは困難である。合衆國の國民保存委員會 National Conservation Commission は一億英町即ち農地の〇・二%が侵蝕被害の爲に放棄せらるゝに至り、又同一被害に依る生産の減少は七一〇%なるを發見せる由を McGee 及 Davis は引用してゐる。之等の被害額は疾病に依る被害に比すべきものであつて、且殆ど恒久的の性質のものである。然るにも拘らず此の兩方面に於ける宣傳と調査とに費されたる時と費用とは全く比較にならない。

土地侵蝕に依つて蒙る金錢と勞力とに對する損失は獨り農業に限らるゝのではなく。Leavitt は強制森林保存に關する法案を合衆國議會に提出したが、其の内に農事以外の事項に就いて述べて居るものは大要次の如くである。

洪水緩和

一九二七年のミスシッピー河の只一回の洪水で、一八、〇〇〇平方哩の地方に氾濫し、一億五千の家畜を死傷せしめ、約二百五十人の人命を失ひ、三〇〇億弗の損害を生じたと推算される。土地の侵蝕と破壊との顯著なる地點では洪水の防止は困難である。貯水池を設けることは防禦の第二義的手段に過ぎず、之が可能性は局部的の地形に依存するのである。

貯水池と水道

洪水は常に濁水である。特に水源地が高山地方である場合に甚だし。Leavitt は高山地方と丘陵地方とから發する河の

流出する沈泥の量を掲げて居るが次の如くである。

流域面積	丘陵地	高山地
流出沈泥量	一九、五八五平方哩 一一七、〇〇〇噸	四〇、〇〇〇平方哩弱 一一、〇〇〇、〇〇〇噸
比	一	五〇

Lowdermilk は二一%の沈泥量を含む支那の洪水の例を擧げてゐる。之等の數字が示す様な莫大な固形物質流出の爲に貯水池は忽ち埋まつて仕舞ふから、貯水池の利用價値は甚だしく減ぜられるのである。Tallbot は合衆國南西部に於て一三個の貯水池の埋積の平均の速さを測量し、毎年一呎なることを見出し、この割合で行くとすると各貯水池の平均壽命は僅に一五年であると推算した。

流出水量の過量な地方では、地下保有量に對する供給が減ずる爲に、地下水位は低下して實際の使用に適さなくなる。Leavitt はロスアンゼルス州の例を掲げてゐる。即ち同地方では附近の地下水は深過ぎ(四〇〇—八〇〇呎)る爲に使用不能で、二五〇—三〇〇哩の遠方から水を引用してゐる。又南亞の早魃調査委員會では一九二三年に、流出量過多の爲に聯邦の地下給水量を減少し、給水の困難と價格とを共に増す結果となることを指摘してゐる。

給水に對する森林伐採の結果は流出量と侵蝕とに密接の關係があることだが、これに關するコロラド州ワゴン・ホイール・ギャップの試験は二つの論文で取扱はれてゐる。Bates と Henry は同一地形並氣象條件の下にある二〇〇英町の兩流域の溪流に就いて研究し、一方の流域の森林伐採に依つて高水と低水との比が増加(12から17に)したことを見、森林伐採に對

する顯著なる結果であるとなした。Hoyt と Trowall は上記と同一地域に於て其後繼續し、又ロスアンゼルスに於て全く別の條件の下にある地域に於ける試験の結果、完全なる植林は給水の恒常を保持すべき最良の方法なりとする一般の通念に疑問を起した。そして氏等は森林伐採後の状態なる伐採跡地に發生した矮林は、給水上伐採前の森林よりも一層有效であるとした。即ち侵蝕はこの爲に増すことなく、夏期の流出量を増し、この爲に夏の渇水を緩和し、低水期間を著しく短縮すると云つてゐる。此研究は尙今後の注意を喚起する價値がある。侵蝕が充分に防止せられ、同時に給水が森林無くして高めらるゝならば、水量不足なる溪流に於ては經費の大節約が期待せらるゝ譯である。

航 運

流出量と森林伐採との關係は河川の航運に關しては閑却すべからざる事柄である。四〇年間の土砂の流出はミスシッピー河の航運距離を著しく短からしめた。セイロン島の Kelani Valley の報告も同様のことを記載してゐる。其他道路鐵道及水路に依る運輸に對する被害の例は文献上に多數で、一々記載する邊がない。

堆 積 物

農耕地からは有益な土壌が失はれるけれども、洪水の際の流水からの堆積物は同様に有益な物を供給するとは云へない。熱帯地方では上流高地に於ける農耕地からの侵蝕に依つて生ずる水田の變化の爲に莫大な損害が生ずる。従つて多額の補償が要求される。Bennett はビイドメント地方では侵蝕した流水から堆積する土壌は元の土壌よりも肥えてゐないことを主張し、又他の地方では肥沃な黒土が脊悪な砂で被はれるに至り、肥えた沖積土は一層遠い處に運ばれたことを引用してゐる。

侵 蝕 の 型 式

土壤侵蝕に關する文献の多くは水の作用に依つて生じたものゝみを取扱つてゐる。此の型式は最も一般的で且つ重要では

あるが、屢々土壤研究上閑却される他の型式もある。

セイロンやジャバでは乾燥侵蝕の例がある。合衆國やカナダには大面積の強風に依る侵蝕がある。殊に土壤が同一大さの粒からなるときは、複雑な土粒團を作り得ない爲に一層この種の侵蝕を起し易い。砂性の土壤及細粒粘土は Wyatt に依ると最もこの種の侵蝕を受け易い。

水に依る侵蝕に於ては、表面侵蝕 sheet erosion 即ち徐々に大面積上に一樣に起る侵蝕と、反對に雨谷侵蝕 gully erosion 即ち局部的で時として谷を作ることに就いて云ふのが普通である。Bennett はこの兩種の型式は別々のもので、これを相關聯した現象と見るのは正しくないとの意見を發表して居る。Lowdermilk は氏が侵蝕床 erosion pavement と名づけた中間的のものを通して表面侵蝕と雨谷侵蝕との關係を結び付けた。侵蝕床といふのは運ばれ易い土粒は表面侵蝕に依つて洗ひ去られた跡に残る、大きい且つ動き悪い岩片から成るものである。これが出来ると、強い雨の爲に始め少し侵蝕が進む。併し地表流下が速度を増し侵蝕床を動かすに充分な量になると、その洗堀作用に依つて雨谷を生じ、表層を切り取り聽て此種の侵蝕が速かに進行する。Middleton, Slater 及 Byers は雨谷の形成は表土と心土との侵蝕能の相違に基くと云つてゐる。Ducker は盤の生成に對する侵蝕の影響、殊に滲水地點に於けるこの現象が雨谷の成生に導かれる一特色として注意を喚起した。土塊 soil boulders の形成及丸石の移動はその洗堀効果と共に侵蝕谷の形成に有力な因子である。各種の侵蝕型間の關係を説明するには、Lowdermilk 及 Middleton 及その協力者が注意した侵蝕型に就いて一層廣汎な觀察を行ふことが必要である。

侵蝕と雨量分布

土地侵蝕に就いて發表された報告中に表はれる混雜は、何れも示された雨量は有効雨量即ち流出を可能ならしむる雨量ではないことの事實に歸着する。一樣に分布した大雨は稀に起る豪雨よりも被害が少ない。それは前者は一定時刻に於て後者

よりも有効雨量が少ないからである。全雨量は侵蝕に與かる氣象要素の効果中最も不適當なものである。Dickson はテキサス州スパーの平均年雨量は僅に一一・六八吋（五五一耗）だと報告して居る。けれども水保存の研究の爲に最初に行はれた實驗は、かゝる微量の降水量に依つて生ずる甚大な侵蝕を解釋する爲であつたのである。

Lowdermilk は後に稍詳細に述べる土槽試験に依つて、或る限界點迄は流下量と雨量強度との間に相關の存することを見出した。Sampson と Weyl の資料は全雨量、有効雨量及堆積土砂量との間の關係を示す。

侵蝕に對する雨量強度の影響 (Sampson 及 Weyl)

年	地域	暴風日数	全雨量 吋	地表流下を 生じたる暴 風日数	有効雨量 吋	堆積土砂 流下量ノ百分率
一九一五	B	二六	五・七九	一	〇・七	一三・七〇
	A		六・四八	一	一・四三	二八・一三
一九一六	B	三六	七・七〇	一四	四・〇五	八・七〇
	A		八・一三	八	三・三三	七・二〇

兩年の結果は著しく相違する。一九一六年の有効雨量の多量なことは、流下量に對する堆積土砂量の百分率を小ならしめた。即ち所謂有効雨量ですら充分な基準とならないことを示す。一九一五年のBに於ける只一回の暴風雨は、一九一六年のA及Bに於ける多數の暴風雨よりも一層有力な侵蝕作用があつた。そして堆積物の大量を運び去つた。

Conner, Dickson 及 Swanks は雨量強度に關聯して侵蝕を觀測せんと企てたが、結果は不明に終つた。蓋し豪雨に依る侵蝕と他の雨に依る夫とを區別することが出来なかつた爲である。氏等は流出率は暴風雨の際の土中の含水量に影響されるこ

とを見た。そして以前の降雨から経過した時間に従つて流量を區別した數字を發表してゐる。植栽しない區域の結果は全體の代表となる。そして之は三箇年の平均である。

降雨後の経過期間と流出率 (Conner, Dickson, Scoates)

取	扱	〇—一〇日	一一—二〇日	二一—五日
畑地	耕した方	四四・八	二二・八	一九・一
畑地	耕さざる方	五三・一	二八・二	三〇・六

流量及侵蝕の測定

侵蝕作用に關する數量的資料を得ることの企は主として地表流下雨量及搬出土砂量の測定に集中されて居る。流下雨量の方の資料は土砂量の夫れよりも一層豊富であるが Lowdermilk は流量の方は土砂量よりも一層不完全に測定されてゐると見てゐる。實驗は一英町の何分の一と云ふ小面積のものと、廣區域の野外並河谷に於ける觀測資料とに平等に區分されてゐる。實驗計畫には統一はないが、多くの研究に植物被、傾斜度及耕耘の有無等の因子が含まれてゐる。

この方面の主なる研究の代表として Mosier 及 Gustafson の仕事を擧げやう。此等は一九〇七—一九〇九の三年間 Kaskaskia 河谷に於て流量として失はれる雨量の歩合を測定したものである。流量には季節變化が顯著で、大きい方の値は三一・三四、五〇・二三及三一・〇八%で平均三七・九%であつた。

植物被

Bates 及 Neesman は種々の植物被の下の最大流下量を雨量の百分率として示した。即ち次の如くである。

森	林	二・八	穀類	一五・六
放牧地 (野生のまゝ)		七・二	タウモロコシ	一五・七
採草地		一七・七	放牧地 (播種したる)	二六・七

農耕地は森林や山地とは異なつた部類に屬することが知られる。Lowdermilk は森林植生に對して暴風時期に測つた三箇年間の記録を報告してゐる。

森林伐採の影響 (Lowdermilk) 雨量の百分率としての流下量

暴風回数	森	林	半伐採	皆伐
一一三		〇・一一六		五・九四
八		〇・〇一八	皆伐後一七年のもの 一・〇五	一七年間荒廢したもの 二・八六
			一・八九	六・二三

放牧地に於ける同様の數字は Utah 州の Manti 國有林内の流域に就いて研究を行つた Sampson 及 Weyl 及 Forstling に依つて報告されて居る。約一〇英町の面積で、同様の傾斜並地貌を有し植物被に關してのみ差異ある二つの地域を選び、A 區は一六%の自然植物被、B 區は四〇%の夫を持つて居た。一九一五—一九一九年以來兩地區は放牧せられ、常に同様の状態に保持された。其後一九二四年に A を B と同様の状態と爲す様にした。その後兩區ともそのまゝの状態を保持された。流下量と土砂量とは次表に示す如くである。

植物被の異なる場合 兩地同様ならしめた期間 植物被の等しい場合	A 元一六%植物被區		B 四〇%保持區		A B	
	流量%	土砂量呎	流量%	土砂量呎	流量	土砂量
	一〇・三三	一三三・八	二・五二	一四・七	四一・〇	五四・二
	八・七四	一〇五・〇	三・〇三	三七・三	二八・八	二八・二
	五・四九	一九・二	五・二三	七・七	一〇・五	二四・八

兩區を厳正に比較すると、この實驗の結果ではA區の流量が大きく出てゐる。これはAの土壤はBよりも流量に對して一層都合の良いことを示して居ると云へよう。A區の植物被を増した期間にAの流量は次第にBに接近し、結局流量に對して主要な調節因子は土地の滲透度でなく、植物被であることを示して居る。

Duley と Miller はミツソウリーで〇・〇一二五英町の小區域に於て實驗を行つた。氏等の結果は密生した植生群の著しく有利なことを確めた。そして一年生作物の農地は或期間は一時畑地となる故に侵蝕を受け易いことを示した。丘陵上の大面積の作物、例へばタウモロコシの如きを持つ土地は特に侵蝕を受け易い。次表に數字を示す。
ミツソウリーの六年間の成績

試驗地	取	扱	平均流量 ³ 呎	全流出率 %	侵蝕土量 磅	流出 ³ 量 一呎對土量 磅
1	耘	耕 せ ず	七九六	四八・九二	五一九五	一〇・八

試驗地	取	扱	平均流量 ³ 呎	全流出率 %	侵蝕土量 磅	流出 ³ 量 一呎對土量 磅
2	耕	耘 四 吋	五〇八	三一・二六	六一八四	二・〇三
3	耕	耘 八 吋	四六一	二八・三六	五三五五	一・九三
4	芝	草	一八七	一一・五五	四二	〇・〇四
5	小	麥	四〇九	二五・一九	九九八	〇・四一
6	輪	作	二二〇	一四・一四	三四三	〇・二五
7	タウモロコシ	作	四四五	二七・三八	二六六一	一・〇〇

六ヶ年の終に第一試驗地に大豆を植えた。そして Duley は更に二ヶ年間の結果を次の如く纏めた。

試驗地	取	扱	消 失 土 壤 英町當量	消 失 空 素 英町當量
1	大	豆	二二・二八一	三二・一八
4	芝	草	〇・二四七	〇・五八
6	輪	作	三・二七〇	六・五九
7	タウモロコシ	作	二五・二六五	三六・一四

氏は第一試驗地の消耗の多量なることを作物が地表流量に對して極めて僅少の保護を與へるに過ぎざる事實に歸した。これらの結果から植物被を設けることは土地侵蝕の取扱上最も有效なる方法たることに疑がない。

落葉の效果

一時、植物被の效果、殊に樹木被の效果は地表を打つ雨を遮断する作用に限られるものと考へられた。この思想は今日でも庇蔭性の樹木が、例へば茶の如き作物と一緒に育てられる熱帯地方の實際農家の説となつてゐる。Gorego は一八七九年に専門林學家とこの考に就いて論争した。

氏は雨の遮断及それが地上に到達せずして蒸發してしまふことはホンの一部の働きに過ぎない。洪水に對して主な保護となるのは林地落葉の吸水能であることを指摘した。氏は又落葉の保水能は土壤の夫れの八倍と評價した。Gorego の落葉の洪水並侵蝕防護に對する效果の説明は直ちに信條として享入れられたが、最近に至つてこの問題の新らしい發展が見られるに至つた。Lowdermilk は最も注意深い装置の研究に依つて、落葉に覆はれた土壤と同一土壤の落葉を焼拂つたものとの比較を行つた。氏の装置の主要を述べると、一〇呎平方の面積で二・五呎の深さの木槽に土を積み、底には砂及礫を積み、透した水を放出し易くし、地下水位の高まることを防いだ。土壤は自然の順序に四吋の厚さの層を積み、其の上には自然の落葉を置いた。地面の傾斜は三〇%とした。雨は人工的に霧吹きに依つて降らせ、槽内に降つた量と強度とは八個の槽に適當に置いた九個の雨量計で觀測した。觀測は二時間毎に行つた。土壤と槽側との間に適當な排水設備を行つて、土砂量、流量及滲透水を別々に集めた。三種の非常に異なつた土壤を用ゐたが、それは Aiken (砂性粘土質ローム) Holland (細砂ローム) 及 Allamont (粘土質ローム) である。落葉を焼いたものと焼かないものとの比較が之等各土壤に就いて行はれた。今その内の Aiken に就いて各回の試験の例及全體の總括を示すと次の如くである。

人工的降雨及 Aiken 土の地表流量

槽	試行	降雨 (時)			
		1/2	1	1 1/2	2
I 燒却	雨量 (吋)	五・六八*	六・五六	一二・〇五	一四・二八
	流量 (吋)	〇・一七	二・〇二	一・七三	三・四〇
II 不燒	雨量 (吋)	五・六八*	七・一三	一四・六九	一八・一四
	流量 (吋)	〇・〇七	〇・〇七	〇・四八	〇・四九
流下量 (雨量ノ百分率)		12.5	11.5	11.5	11.5
I 燒却	3時	三・〇	三・〇・八	一四・三三	二二・三八
	4時	三・〇	三・〇・八	一四・三三	二二・三八
II 不燒	3時	一・二	〇・九	三・二二	二・二七
	4時	一・二	〇・九	三・二二	二・二七
I 燒却	8時	三・〇	三・〇・八	一四・三三	二二・三八
	8時	三・〇	三・〇・八	一四・三三	二二・三八
II 不燒	8時	一・二	〇・九	三・二二	二・二七
	8時	一・二	〇・九	三・二二	二・二七

*三月八日より四、五月を通じたる自然降雨量

流出量及滲透量の百分率にて表はしたる地表流下雨量 人工降雨二〇〇吋

土	壤	Aiken		Holland		Allamont			
		燒却	不燒	燒却	不燒	I 燒却	II 燒却	I 不燒	II 燒却
一九二七年	七〇回	三〇・七	三・五	三三・二	一三・〇	四八・六	四七・一	三・六	四・七
一九二八年	一〇回	三八・七	〇・七	四〇・八	一一・九	六六・七	五八・五	一・三	一・四

焼いた方と焼かない方との槽の流下量の差は土種毎に相違する。Holland は比が最小で3:1で、Aiken は之に次ぎ9:1
Altamont は最大で16.5:1である。

故に落葉は細粒の土壤程効果があることになる。且又落葉は全く飽和した後でも流下量を防止する作用がある。Lowder-
milk は落葉はそれ自身の保水能以外に一層有力な機能は、細粒土が流下して土壤空隙を埋めることを防ぐ作用であると云
つて居る。斯く細粒で埋められた土層は、裸地の表面直下にあるとすると、この結果は濾過層の様なもので、その下の層の滲
透速度は全く之れに依つて決定せられると云へやう。もしこの説を採用するならば、透過作用は最も重要になり、保水能は
二次的の効果に過ぎないことになる。

この考を確める爲に Lowdermilk は氏の使用した落葉の保水能を測定し、それが流下量の減少を説明するに不充分であ
ることを示した。又水の流動に對する器械的の障害も滲透量の増加を説明するに不充分である。そこで事實を決定する爲に
管に土壤を埋め、下方から水を飽和せしめて後、清水を滲透せしめた。七日間續いて滲透せしめた後、粘土と沈泥(粒徑0.0
五耗以下)を一・八%だけを溶した水を使用した。この時までには滲透速度は一秒間一〇〇ccであつたが泥水を用ひてから
六時間以内に滲透速度が九〇%だけ減じた。そして透過して出た水は清水となつた。その後再び清水を透過さしても速度を
以前の如く増すことがなかつた。

Lowdermilk の説の決定的の證左は Maran に依つて與へられた。氏は落葉からの流下量の最大は落葉が乾燥してゐる
ときに起り、そして落葉の保水が増すに従つて流下量が減ずるを見た。落葉が全く飽和すると水が之を透過して土中に
滲透することを妨げない。或る例では全く飽和した落葉に急に水を加へると、加へた水よりも多量の流下を見た。之は飽和
平衡状態に變動を生じたのであらう。

中央州林業試験場の Auten の結果は上記の結論を支持するものである。充分腐敗しない落葉下の林地土壤と、附近の農
耕地の同一の土壤との滲透の比較を行ったものであるが、林地土壤の滲透は全部優つて居る。併しその優つてゐる程度は深
さを増すに従つて減ずる。即ち次の如くである。

深 (吋)	滲透比 (林地土壤/農地土壤)
1	50
3	17
8	2.5

農耕よりも激しくない取扱ひをしても同様の結果になる。Auten の報告は林地に放牧すれば林地土壤の滲透速度を農地の
程度に引き下げることを示してゐる。

土壤の表層を細土で埋めることを防ぐ有力なものは、未だ完全に分解しない、又腐植質にならない植物の残骸であると云
つても良からう。然るに放牧した林地は明に上記の效果を持つて居ない腐植質を多量に持つて居る。

傾斜の影響

Conner, Dickson 及 Scoates はテキサス州スパーFourに於て、侵蝕と傾斜角との關係を研究して兩者の平均的の關係
を知り得た。Dickson はこの實驗に於ける流下量の成績を發表して居る。二つの成績を結び付けると次の表になる。

傾斜百分率	侵蝕係數	流下量一英町當時	流出土量の磅當流下量
0	1	0.62	3.80
1	2	1.1	3.15
2	3	1.6	3.15
3	4	2.1	3.15
4	5	2.6	3.15
5	6	3.1	3.15
6	7	3.6	3.15
7	8	4.1	3.15
8	9	4.6	3.15
9	10	5.1	3.15
10	11	5.6	3.15
11	12	6.1	3.15
12	13	6.6	3.15
13	14	7.1	3.15
14	15	7.6	3.15
15	16	8.1	3.15
16	17	8.6	3.15
17	18	9.1	3.15
18	19	9.6	3.15
19	20	10.1	3.15
20	21	10.6	3.15
21	22	11.1	3.15
22	23	11.6	3.15
23	24	12.1	3.15
24	25	12.6	3.15
25	26	13.1	3.15
26	27	13.6	3.15
27	28	14.1	3.15
28	29	14.6	3.15
29	30	15.1	3.15
30	31	15.6	3.15
31	32	16.1	3.15
32	33	16.6	3.15
33	34	17.1	3.15
34	35	17.6	3.15
35	36	18.1	3.15
36	37	18.6	3.15
37	38	19.1	3.15
38	39	19.6	3.15
39	40	20.1	3.15
40	41	20.6	3.15
41	42	21.1	3.15
42	43	21.6	3.15
43	44	22.1	3.15
44	45	22.6	3.15
45	46	23.1	3.15
46	47	23.6	3.15
47	48	24.1	3.15
48	49	24.6	3.15
49	50	25.1	3.15
50	51	25.6	3.15
51	52	26.1	3.15
52	53	26.6	3.15
53	54	27.1	3.15
54	55	27.6	3.15
55	56	28.1	3.15
56	57	28.6	3.15
57	58	29.1	3.15
58	59	29.6	3.15
59	60	30.1	3.15
60	61	30.6	3.15
61	62	31.1	3.15
62	63	31.6	3.15
63	64	32.1	3.15
64	65	32.6	3.15
65	66	33.1	3.15
66	67	33.6	3.15
67	68	34.1	3.15
68	69	34.6	3.15
69	70	35.1	3.15
70	71	35.6	3.15
71	72	36.1	3.15
72	73	36.6	3.15
73	74	37.1	3.15
74	75	37.6	3.15
75	76	38.1	3.15
76	77	38.6	3.15
77	78	39.1	3.15
78	79	39.6	3.15
79	80	40.1	3.15
80	81	40.6	3.15
81	82	41.1	3.15
82	83	41.6	3.15
83	84	42.1	3.15
84	85	42.6	3.15
85	86	43.1	3.15
86	87	43.6	3.15
87	88	44.1	3.15
88	89	44.6	3.15
89	90	45.1	3.15
90	91	45.6	3.15
91	92	46.1	3.15
92	93	46.6	3.15
93	94	47.1	3.15
94	95	47.6	3.15
95	96	48.1	3.15
96	97	48.6	3.15
97	98	49.1	3.15
98	99	49.6	3.15
99	100	50.1	3.15

三%の傾斜地は之を變えない様に保持する爲に必要であつたから人為的に土を補充した。この數字から、茲に取扱つた傾斜の範圍では、侵蝕と流下量とは、傾斜の増すに拘らず定數になる傾向があると云へる。

Lowdermilk は小規模な槽の實驗に於て、傾斜の因子に就いて正確な資料を得た。投射面積が二〇平方呎で三呎の深さの土を入れる五つの槽を用ひて五%から二〇%迄の種々の傾斜を作つた。氏は特に傾斜、流下量、雨量強度間の關係に留意した。雨量強度は最大二時間四吋迄を試みた。

氏は裸地の場合及傾斜以外の他の條件が一樣なる場合には、雨の強度の大なる時は傾斜の差は次第に重要でなくなると結論してゐる。六%と三三%の間の傾斜は、雨の強度が最大滲透速度を越す様になると、流下量の%の上に殆ど差異を生じない。このことは Conner, Dickson 及 Ecotals の結論に一致すると同時に尙それを擴張するものである。傾斜と土地の侵蝕との關係は之と反對である。始め侵蝕と傾斜とは相關を示すが、暫くして侵蝕量の増加は先に記した侵蝕床が出来るると固定的になつてしまふ。

Duley と Hays とは最近槽並に野外の實驗で傾斜因子に就いての知識を一層組織立てた。兩實驗は共に主要な點では一致してゐる。槽の試験は Lowdermilk の方法に従ひ、野外の試験地は、一つの傾斜面に斜面に沿ふて種々の方向に走つた場所を設けて傾斜の異なつた面を得、之で土壤断面の相違に基く缺點を除いた一ヤード幅の細長い場所を作つたが、土壤を甚しく攪亂することはなくて済んだ。土は種々であつて、沈泥粘土 silty clay と砂性ロームとであり、二〇%及一六%迄の傾斜を作つた。次に槽の試験の結果を表す。

流下量並侵蝕に對する傾斜の影響 (Duley 及 Hays) 沈泥粘土ローム

傾斜	観測回数	平均流下量 %	侵蝕土量 英町當時	流出土量の磅當流下量
0	3	三三・八五	一一七・六	六五一
1	4	五四・三三	五八一・五	一一一
2	4	六三・四七	三九二・〇	三六七
3	4	六八・八六	六一六・四	二五三
4	3	六九・一五	一一三九・一	一三七
5	3	七三・二八	二五六一・三	六五
6	4	七五・二一	四六八四・六	三六
7	1	八三・四八	七八二一・二	二四
8	1	八六・四五	一一二二・七	一六

傾斜	雨量一時間一吋		流出土量の 當流下量 磅	流出土量の 磅當り 流下量 磅
	流下量 %	侵蝕土量 英町當磅		
〇・五	六八・三六	一九五・四	七九二・五	五二四・一
二・〇	七〇・八〇	一一三・一	一四一七・四	四三五・三
四・〇	七五・七三	一九一・六	八九五・一	二六四・一
八・〇	七八・四一	九九三・〇	一七八・八	三七・二
一六・〇	七八・六一	二五一七五・五	七・一	三・六

この結果に於て顯著なることは流下量と侵蝕とは甚だしく傾向の異つてゐることである。兩種の土壤共に流下量は傾斜の始めの増加（四%位迄）と共に増加するが、其の後は一定値に接近する（Lowdermilk 及 Conner, Dickson, Scoates と比較せよ）。然るに侵蝕は傾斜の四%以下では大して多くないが、一層急な傾斜では急激に増加する。序に Lowdermilk の雨量強度の増加に就いての結果との比較を記載しやう。雨の強度を二倍にすると流下量は平均値に一五%を増すのみであるが、侵蝕量は一四三%の増加を示す。結果の全部は茲に示して無いが、侵蝕量の方は砂性ロームの表の最後二欄を比較すると分る。即ち二つの條件の下に流出土量の一磅に要する流下量の差を示してゐる。Lowdermilk の記載した侵蝕床に就いては何も書いてない。

兩土種に於ける侵蝕の比較は二%から八%迄の傾斜では砂性土壤は侵蝕が少ないことを示した。粘土性ロームに對しては一五%、砂性土壤に對しては一六%の傾斜で關係が反對になつた。かゝる轉換は問題を一層複雑にする。このことに就いては後に説くが、土壤を侵蝕性と非侵蝕性とに區別しなければならぬのである。

以上のことの説明は次の如くである。即ち傾斜の小なるときの流下水の速度は砂性土壤の重い砂粒よりも粘土性土壤の粒の内の微細粒を運び易いからである。然るに速度が大となると砂性土壤の緩く結合してゐる粒を動かすことが一層容易なのである。故に砂性土壤から侵蝕に依つて失はれる量が粘土の夫れに勝るのである。

耕耘の影響

耕耘の影響の問題に就いては意見は明瞭に分れてゐる。Lowdermilk は「耕耘は侵蝕を促進させる有力な作用を爲す。傾斜地では特別な注意を拂はないと農作物に對する土地の利用は止めなければならぬ」と考へ、Holland は傾斜の急峻な處では土壤の消失は耕作地に於て一層多量であることを見た。但し反復した試験の結果は區々で結論に多少の疑をなげると云つてゐる。

ミツソウリー州の資料は興味ある比較を提供する。即ち耕耘は流下量を減するが、移動する土の全量並水の一立方呎に對する搬出土量を増す。此の事は深い（八吋）耕耘よりも浅い（四吋）耕耘に於て一層甚だしい。併し侵蝕は孰れも甚だしくはない。Lowdermilk の侵蝕床の考は、耕耘しない土地に於て消失の少ないことを何れだけ説明し得るかは考究して見る價值があらう。

何れの資料も以上述べた様な方向のもの許りではない。Miller は深耕を推奨し、六吋の深さに耕すことは地面を一時高め、孔隙量を増加し、滲透を盛ならしめると云つてゐる。McGee, 及 Hopkins, Mossier, Pettit 其他は又耕耘が侵蝕の防護にな

ると考へてゐる。この内後者の人々は一〇吋の耕耘に依つて生じた粗鬆な土壤は二吋の雨量を保留することを引證してゐる。この問題に對する正確な實驗は無_S。併し Conner, Dickson, Zouales 及 Dickson はテキサス州で耕耘に有利な次の結果を示してゐる。

取	扱	流下量 (雨量の百分率)	消失土量 (英町當磅)
畑	耕したるもの	三二・六	三七・二七二
畑	耕さざるもの	四三・九	四〇・二六九

現在では耕耘の影響は疑問と見る外にない。以上引用した例の何れも心土を考に入れてゐない。耕耘は土壤侵蝕研究者に取つて甚だ重要にして且未開拓の研究方面を提供する。

土壤型並土壤状態と侵蝕との相互作用

土壤型並土壤状態の侵蝕に及ぶ影響

土地侵蝕の原因並結果に關する研究が、これらの仕事の爲された土地の状態や土質に相違のあることから、常に一見相容れざる結果を與へてゐることは止むを得ないことである。一例として耕耘の影響は已に引用した如くである。土壤型並土壤状態の影響に就いての觀察に對する考察はこの問題全體が如何に困難であるかを示してゐる。Bennett と Chapline は土地侵蝕の危機に關する論文に於て「最も必要とせられる智識は一定種類の土地 場所毎に變る土壤型……そして侵蝕に對するその抵抗に對して適用し得るものでなければならぬ」と宣言した。このことは種々の例がある。或る土地では約二〇%

の傾斜を持つ斜面に可なり安全に耕作される。例へば南アパラシアン山脈の極めて粗鬆な礫土の或もの如きである。他方にはクノックス沈泥ロームの如く一—二%でも可なりの侵蝕を起すものがある。心土が有力な因子として注意が惹かれる。サスキハンナ粘土ローム Susquehanna clay loam の如き土壤で、重い不透水性の粘土が表層以下に在る所では、耕耘した表土は直ちに殆ど液狀に變る。之と著るしい比較となるものは、テキサス州スパー(アビレイン粘土ローム Abilene clay loam) 及北カロリーナ試験地の土壤の一ヶ年餘の成績に依つて供給される。

Spur (Texas) N. Carolina	傾斜 %	雨量吋	消失土量 英町當磅
	二	二七	四一
	九	三五・六	二五

之と同様な數字を Miller に依つて同じ試験地及ミツソウリ地方の成績に就いて報告されてゐる。

異種の土壤型からの消失土量 (Miller)

土 壤	雨量吋	傾斜 %	消失土量 英町當磅			
			植付をなさず	穀類	綿	芝草
* Shelby loam, Missouri	三七	三・六八	四三	一一〇	—	〇・三
** Cecil sand loam, N. Carolina	四一	九・〇	一一	一三・五	二〇	〇・四二
** Miles clay, Texas	二七	二・八	一八・六	五・七	一一・六	三・八

* 12年間の平均

** 3年間の平均

Texas の數値は Bennett と Chapline とに引用された土壤とは異なる土壤型に關するものである。茲に掲げたのは總て平均値であるが、北カロリーナの報告には何か缺陷のあることを示してゐる。傾斜を考慮に入れると、北カロリーナの土はミツツウリの土よりも侵蝕し難いことは明である。

雨量分布の爲に斯る對照が稍不明瞭になるが、この結果の大部分は土壤型に於ける根本的相違に歸せらるべき理由が充分に看取せられる。Glenn は、或種の基岩から成る急斜地は耕作しても安全であるが、他の基岩から成るものは、傾斜が一層緩でも、耕作すると悲惨な結果を來すことを注意した。Lowdermilk は、森林土壤の研究に於て、流下量の百分率は Holland 土壤型 (35%) は Aiken (27%) よりも多量であるが、前者は粗大で且つ目が荒い土粒であることを報告してゐる。

Gilbert と Murphy は流水に依る岩屑の移動に就いて研究し、一樣な大きさの粒から成る資料は種々の大きさの粒から成るものよりも動き悪いことを見出した。氏等の論文は侵蝕の力學に就いて精密な方法で取扱つてゐる。即ち侵蝕能は動く物質の重さが増す程増加すると云つた。洗掘効果が重要なものであつて、重い荷重を持つた流れは水のみの場合よりも一層重いものを動かすことが可能である。之に反し荷重は水の可動性を減ずる。Gilbert と Murphy とは、粒の轉がることと、跳み易いことを區別した。前者には粒の粗いことが有利であり、後者には細かい方が良好い。傾斜及流出係數も侵蝕常數に影響する。これらのことは侵蝕經過中の異なる階段に就いて云つて居るのであると見ると、兩者の見解に矛盾は無い。或局限狀態以下で侵蝕防止に有利なものも、この状態を越えると反對に侵蝕の方に有利になることがある。これに類したことは傾斜に就いては已に述べた如くである。

土粒の磨損及反轉能 abrasive and rolling capacity が侵蝕に重要な役割を演ずることは疑が無い。Watson はカリフォルニアの洪水に際し、直徑三乃至一五吋の粘土塊が細微沈泥ロームの懸濁水中で一哩も移動した例を記載してゐる。この種の侵蝕に依る作物の被害高は莫大である (Rookie 及 McGrew)。土塊 boulder の生成の過程は可塑性の強い微細な表土粒が、水に依る溶解作用が働く以前に反轉して結合したものと考へられる。

土壤型に對する侵蝕の影響

土壤型が侵蝕に影響することに加へて、侵蝕が又土壤型を變ずるのは面白い事實である。侵蝕に依つて土壤型が變るから従つて其の爲に大地域の侵蝕に對する性能が變る。Bennett はシセル粘土性ロームは新土壤型であると主張する。土壤調査局に據ると、この土壤型は七一、〇〇〇英町に擴がり、その生成は人爲に依る侵蝕の爲で、この地方に農耕が始まつて以來起つたものであるといふ。

ブラック・ベルトでも同様の變化が起つた。アラバマに於ける一村では、其面積の二二・四%、即ち五六、〇〇〇英町は綠褐色の Sumpter clay から成る。そしてこの土は黒色の Houston clay の心土の侵蝕に依りて搬出されたものだとの充分の證據がある。この侵蝕が進行中、綿の産額が平均二五%の減量を示した。

侵蝕を起し易い土質

土壤型と土壤状態との相違に關する事實、並被侵蝕能は其論理的發展の結果として、土壤の物理的並化學的性質の分析及之等の性質を降雨の種々なる條件の下に於ける各土壤の性状と關聯せしめんと企てられるに至つた。Bennett はこの方面の業績の創始者で、同一の機械的組成を有する土壤にして、侵蝕に對する傾向には明に差異の認められるものを探つて試験した。

土壤型には明瞭な次序があるが、Bennettの取扱つた土は、大略可塑性のものに可塑性のものに分けられる。前者に属するものは含水量の兩極端に於て、殆ど膨脹も收縮も示さない。そして實際的の見地からは、多雨地方でも侵蝕を受けないのである。可塑性の土壤は凡ての關係で正反對で、ネバ／＼して濕潤になると膨脹し、乾燥すると割目を生じ、侵蝕性が甚だしい。之等の土壤の著しい特色はシリカとアルミニウム及鐵の二半酸化物との比で示される。Bennettは兩者の限界は、此の比2であるとした。これよりも比の大なるものは一般に可塑性で且侵蝕性であり、比の之より小なるものは可塑性で非侵蝕性である。

土壤に對するこの種の分類の意義は特に熱帯土壤に於いて興味がある。被侵蝕度は比較的の語と見なければならぬ。そして若し Bennettの分類法を適用するとすれば、熱帯土壤は全體として非侵蝕性に屬することになる。重要な結論としては氣象的條件が侵蝕を起させ易いものである場合には、其處に生ずる土壤は比較的の非侵蝕性のものだといふことである。

Bennettに依る土壤分類とラテライト性の土壤との間の相似性は何の程度迄保たれるかは明でない。そしてシリカ、一半酸化物比の單一なる因子と可塑性とは、Bennettの研究の資料となつた合衆國の土壤に於ては密接の關係を持つてゐる。併し SiO_2/Fe_2O_3 の比の小なるものは、多くの代表的熱帯土壤では可塑性の小なること、關係を持たない。後に至つて判つたことであるが、單一な因子で土性を決めることは、その被侵蝕性を表はすに適當なことではないのである。

Bennettは氏の議論の擴張として架固度 degree of flocculation 並孔隙度と被侵蝕性との關係を討究した。シリカ、一半酸化物比の小なる土壤は比較的鹽基性解膠物質 basic deflocculating materials に乏しいことは一般的には事實であるけれども、アルカリ性鹽基と SiO_2/Fe_2O_3 比との關係に就いて氏の得た曲線は充分のものとは云へない。これは Keen と Raczkowski との得た、孔隙量と粘土量とは高度の正の相關があることを示した結果とは明瞭に反對するものである。

Drynessも可塑性の強弱と侵蝕とを關聯せしめた一人である。氏に依れば蘭領東印度の土は可塑性常數が大であり、これを乾すと非常に乾燥した飛び易い粉末になる。斯る土壤は氏の觀察に依ると乾燥洗堀に罹り易い。

Middleton及 Janertは、土壤の吸濕熱量を土壤を分類する單一因子決定方法として用ひた。Middletonはイリデル・ロームは其の吸濕熱量はダビットリン・ロームの約二倍であつて、前者は侵蝕を受け易く、後者は受け難いことを記載してゐる。Janertの研究は侵蝕と直接には關係がないが、之と密接した問題たる滲透と排水とに關係したものである。氏に依れば獨逸に於ける作物研究と關聯して、サキソニーの土地排水局は、各種の型式並土粒の土壤に對する最適排水距離を判定する爲に、吸濕熱量測定法を用ひて居るとのことである。理論的結果と實驗的結果との一致は次表に示す如くである。計算は次の公式に依つたものである。

$$E = 30 - 10.96 \sqrt{W}$$

Eが排水距離で、Wは瓦カローリで示した吸濕熱量である。

土 壤 型	吸 濕 熱 量 瓦カローリ	排 水 距 離	
		計 算	實 驗 (米)
粘 土	四一六	一〇一一二・五	一〇一一二
ス テ ッ プ ・ ロ ーム	三三四	一一・五一一四・一	一一一一四
ロ ーム	一一三	一四・一一一六・一	一四一一六
砂 性 土	一一二	一六・一一一九・〇	一六一一八
砂 土	〇一一	一九・〇三三〇・〇	一八一二〇 及以上

Middleton は膠質量、水分當量、收縮、孔隙量、アツターベルグ氏の最低液狀限度及分散比等の單一因子決定法の多數を檢した上で、單一因子の考は明に不適當であるけれども、分散比は侵蝕度の最良の標準になると判定した。分散とは三〇種の深さの水柱内の土粒が沈澱して、沈泥 Silt (〇・〇五以下のもの) 以上の大きさの土粒が無い様になつた時に、懸濁として残留せる粘土+沈泥量の百分率のことである。僅少の取扱ひ悪い土壤の外には解膠劑を使用しなかつた。

Middleton の土壤は三つの群に分けられる。

(一) 各種の異なる基岩からの侵蝕性及非侵蝕性の土壤

(二) 略同一淘汰分析を示し且つ同一地方の侵蝕性及非侵蝕性の土壤

(三) ミツソウリー、北カロリーナ及スバー(及テキサス州)の侵蝕試験地からの資料

分散は略々關聯した土壤又は同一土壤の深さの差異あるものを檢する場合よりも、全く異なる各種の土壤の侵蝕度の尺度として一層適當である。

Middleton は侵蝕度の正確な尺度として單一因子決定法の代りに、三つの性質を組合せた公式を作つた。

$$\text{侵蝕比} = \frac{\text{分散比} \times \text{水分當量}}{\text{膠質量百分率}}$$

水分當量と膠質量との比の小なることは、保水能の小なることを示し、滲透の良好な状態を表はすものである。この尺度に依る順序は次表の如くである。

土 壤 群	分散比	侵蝕比
(一) 侵蝕性土壤		
{ Memphis silt loam	六六・〇	一一五・八
{ Orangeburg sandy loam	一六・九	一一二・四
非侵蝕性土壤		
{ Nipe clay	六・一	二二・九
{ Aiken silty clay	一五・一	八・七
(二) 侵蝕性土壤	Iredell loam	一九・六
非侵蝕性土壤	Davidson clay loam	一一三・三
		一一二・一

(一)の數字は各種土壤中の最大と最小とを擧げたので、起原を異にする土に對して算式に水分當量を入れることの影響を示したのである。Middleton は試験的に侵蝕比の値一〇を侵蝕性及非侵蝕性土壤との境目の値とした。(一)群では侵蝕に對する抵抗は膠質量が多く、シリカ、一半酸化物比の小なるものと關聯してゐることは注目すべきことで、シリカ、一半酸化物比の點はBennettの議論を支持するものである。これと反對に Middleton の土壤は孔隙量の大なるものが侵蝕性であることを示して居る。又(二)群はシリカ、一半酸化物比は大した差が無いが、侵蝕比には著しい差異がある。けれども侵蝕し易い土壤は非侵蝕型のものよりも鹽基性が高い。第三群(表に省く)に於ては侵蝕性であると云はれる幾つかの土壤を分類して見ると、侵蝕比の特性が全く失はれることが見出される。

Stator 及 Byers は侵蝕に關聯して、その一つ手前の滲透能に就いて考察した。Middleton の分散比の更正數は、滲透因子を決定する實驗室内の方法と野外的の方法との間の實際的關係に根底を持つものでは無かつた。併し Stator や Byers は實驗室内の滲透試験は、下の心土に關係の無い場合には、自然其の儘の滲透の指針として信頼し得ることを示した。表土で

は沈泥量、滲透速度（野外又は實驗室内の資料に依つて測定したもの）及滲透比は何れも各種土壤を同じ順序に列べることに
なる。併し心土では例外が起り易い。尙表土と心土とを組み合わせると一層缺陷が増す。計算や公式では充分説明すること
の出来ない土壤の質的關係は上に述べた缺陷を起させる本來の原因であると著者等は結論してゐる。

$$\text{滲透比} = \frac{\text{滲透百分率}}{1} \times \frac{\text{水分當量}}{\text{膠質百分率}}$$

侵蝕比は之と同じ様に表はすと

$$\text{侵蝕比} = \frac{100 \times \text{膠質百分率} \times \text{水分當量}}{\text{沈泥+粘土百分率} \times \text{膠質百分率}}$$

この二つの式は只 $\frac{100}{\text{沈泥+粘土百分率}}$ の因子が有ると無いとの相違であつて、沈泥と粘土とからのみなる假想的の土では
兩者は同一である。粗大な土粒が多く含まれる程、滲透比と侵蝕比との差は増して侵蝕比の方は次第に小となる結果になる。
然るに Middleton の結果では膠質含量の多量なものと侵蝕抵抗とは並行なることを示した。著者等 (Slater, Byers) は野
外の滲透速度に表はれる或質的特性に関する研究に於て此種の缺陷を確認した。Duley と Hays とは Middleton の公式に
就いて更に制限すべきことを指摘した。已に傾斜に就いての項で述べたことだが、氏等の結果は傾斜が變ると土壤の侵蝕度
を根本的に變へるのみでなく、同一傾斜に於ける他の種の土壤との關係的侵蝕度も變へることを示した。

茲に論じた方面に關する進歩は Middleton, Slater 及 Byers に依つて報告されてゐる。氏等は各試験場から來た土壤の
特性に就いての研究に協力し、氏等各自の得た公式中の常數の意義に就いて比較的多くの頁を費やしてゐる。氏等の資料は
土壤の可塑性を考究することの必要なことを明にした。蓋し收縮及割目の生ずることの甚だしいものは計算から示される
以上侵蝕度の高い度を示すからである。故に膨脹及收縮係數が何の程度に量的並に質的の侵蝕指數としての要求を満たし
得るかを決定するのが氏等の狙ひどころである。現在のところでは侵蝕能及侵蝕抵抗の概觀的な認定として侵蝕比及滲透比
を用ひることが用意されてゐるのみである。

侵蝕に依る養分の消失

土地侵蝕の經過に伴つて有價値なる養分を失ふ事は、侵蝕を受けた地域が土地不毛となる主たる原因である。Duley と
Miller はミツソウリー試験場に於て、一箇年及二箇年以上侵蝕された土壤の分析の結果を示してゐる。

養分の消失 (Duley と Miller)

地點	取	扱	養分			
			窒素 (a)	磷酸 (b)	燐 (c)	英町當砂 カルシウム (d)
一	耕	す	九八・九八	六・〇六	四七・四七	三七九・三八
二	四時耕	耘	九五・四〇	三・〇一	四五・四七	三三七・八九
三	八時耕	耘	七三・八七	二・四五	三三・二六	二二五・六三
四	芝	草	〇・五五	〇・二六	〇・九九	〇・六四
五	小	麥	二九・五八	一・三五	一〇・八三	七五・九九
六	輪	作	五・九四	〇・八三	二・二二	四一・四七
七	穀	類	四〇・三六	〇・九八	八・一四	一〇三・三七

(a) (c) 二箇年平均、(b) 地表流下水に依つて運び去られたもの、一箇年の資料、(d) 一箇年の資料
 養分の消失は一年生作物の所要量以上のこともあり、一般に土壤流失量の多少に伴ふものである。硝酸の消失は少ない。窒素の大部分は有機物として運び出される。著者は硝酸の消失の少ないのは、降雨の時の最初の雨は土壤の溶液を追い出して土中の深所に送り、その爲地表流下水は土壤溶液と接觸しない爲だとしてゐる。養分の消失は流量に依るもので、雨水の浸出作用に基づくのではない。この事の證據は流下水の養分含量を測定しないと充分でない。それはこれ等の場所で後に Dalry が行つた。一方では地點一に大豆を植えた。次表は窒素の侵蝕に依る消失は主として有機物窒素としてである事實を示す。芝草の地點に於てカリウムの消失の特に多いのは土壤浸出よりも寧ろ綠草の葉の浸出に依るものである。全體としての結果は消失される全固形物質量に對する可溶鹽類の比を六〇%といふ高價に増す點にある。全體として種々の取扱の地點に於ける全可溶鹽類の消失量 (Dalry) (英町當磅)

地點	取 扱	侵蝕土量	全可溶鹽類 (100三度)	固形物百分率	全燃後 鹽類	固形物百分率	燃焼に依る 鹽類消失%
一	大 豆	三七・九〇	二四九・九	〇・七	101・七	〇・七	五九・三
二	四 吋 耕 耘	八九・九七	三八〇・一	〇・四二	二七・六	〇・四	四二・七
三	八 吋 耕 耘	九三・七六	三〇九・一	〇・三三	一六九・七	〇・一八	四三・一
四	芝 草	三三八	一三二・九	五九・七六	一一三・六	二九・二六	五・〇
五	大 麥	四七六・四	二七・二	〇・五六	一三・八	〇・二六	五・一
六	大麥とクロバ	一三六・六	一六・八	六・九六	八・六	三・四五	五・五
七	タウモロコシ	EDMIX	二六五・一	〇・六	一四・七	〇・三六	四三・四

各種取扱地に於ける流下水中の化學成分の年消失量 (Dalry) (英町當磅)

地點	取 扱	NH ₃ と 有機物と してのN	NO ₂ と NO ₃ と してのN	Ca	Mg	K	Na	S	P
一	大 豆	〇・七一	〇・〇〇〇一	一五・三六	〇・五〇〇	二・二九	二・四七	一一・四六	二・七六
二	四 吋 耕 耘	二・〇〇三	〇・〇〇八	一六・三三	二・六六	七・七四	五・七九	二六・五八	一・五八
三	八 吋 耕 耘	二・〇七〇	〇・〇〇一	一三・八六	一・二二九	五・五二	三・七〇	二二・三三	一・四七
四	芝 草	〇・三六八	—	一一・四三	〇・二二九	九・〇八	三・八一	九・五六	〇・八四
五	大 麥	〇・〇六五	〇・〇〇九	一八・六八	二・二二	一・五五	一・八九	一六・一七	一・三三
六	大麥とクロバ	〇・五八	—	一六・三〇	〇・七六	一・二五	〇・六四	九・六八	〇・三六
七	タウモロコシ	一・二〇〇	〇・〇三九	一七・八六	二・〇〇八	一・六八	一・六六	一五・六六	〇・六一

Mosier 及 Gustafson は或る侵蝕を受けた場所に於て三つの異なる地點の土壤を分析した。其の結果下方に肥沃な物質が蓄積することを示した。即ち次表の通り

地	有機物	窒素	燐
黄灰色沈泥ローム (波状地)	一三三・一	一三三・〇	八一九
黄色沈泥ローム (丘陵地)	一七・四	一八〇・五	七四六
低地	四五・三	四六九・三	一四〇・三

鉢植栽試験に於ても侵蝕を受けた黄色沈泥ロームは比較的養分の少ないことを示した。即ちこの内に植えた小麦と裸麦とは、之に加へた普通の鹽類養分と結合して收穫量に相當の反應を示してゐる。

侵蝕地の收穫 (Mosier と Gustafson)

小麥	標準地	鉢當瓦		
		Nと石灰	石N・P及灰	石P・K及灰
小麥	三・四	一五・六	一八・八	二二・一
裸麥	八・三	二七・四	三六・五	三一・二
九箇年				三・九
五箇年				九・二

標準地は養分を加へざるものである。一般に窒素及燐の著しく缺乏してゐることを示す。Nを加へざるものは他のPやKを加へても殆ど標準地と同様位の收穫に過ぎない。

侵蝕を受けた土と受けない土との嚴密な比較は Sumpson 及 Weyl が示してゐる。次表はそれである。

容水量	侵蝕土 (百分率)		非侵蝕土 (百分率)	
	CaO	K ₂ O	P ₂ O ₅	N
腐植質 (燃焼に依る消失)	四六・八	一・二六	〇・一六	六・六
小麦收穫量 (鉢植栽)	一・二六	一・五三	〇・一三	五・五(磅)
	一・四九	一・四〇	〇・四九	一四・六
	六七・二	一一・〇	〇・三三	一一・一(磅)

Dixey, Clements 及 Hornly は河の沈泥を一英町當り二噸與へてタウモロコシに六四%の增收を得た。Bennett 及 Chapline はマッシュピーパー河の沖積土の礦物成分の分析の平均の結果は次の如くであるとした。

P₂O₅ 0.28, K₂O 0.80, CaO 0.81, MgO 1.31

養分の消失は分析で何時も眞實に知られるとは云へない。例へば風成の黄土の如く一樣な組成成分を持つ深い土層では、侵蝕に依つて多量に持ち去られても、侵蝕された土とされない土とを比較して礦物性養分に何の差異をも呈しなす。Always は一二年乃至五〇年間耕された地方の九箇所から二九箇の資料を採つて研究し、窒素、腐植質及全有機物の消失を見出したけれども、礦物成分は何れの表土にも心土にも變りが無かつたと云つて居る。

一般に窒素消失量は天然の儘にある土壤を比較するときには信頼すべき指針となるが、搬出された土の分析に於ては特に

注意しなければならぬ。Joachim は私信中に、搬出された土中の窒素の消失量は木藍 *Indigofera endecaphylla* の茂生して居る場所では標準區（即ち搬出されない土）と同様に多量であつたことを記し、氏は之を落葉分解の結果に歸した。

侵蝕防止法

土地侵蝕を防止する爲に用ゐられた方法は、この問題が研究された作物、氣候及場所が多數で且つ各種であると同様に多種多様である。問題が多方面であるだけ、多數の文献の多くは局部的又は特殊的で一般的記述に適しない。

一般的原則として留意すべきものは以上に引用した事柄から歸納し得られる。即ち地被物を奨励すること、土地を成るべく平にすること、及流下水の速度を減ずる爲に障壁を設けることの三つが主として考へられる。

地被物

多年生の叢林及ゴム、コーヒー、茶及コ、アなどの樹木、作物を栽培する進歩した農地で、地被物、落葉、覆蓋などを保持することが侵蝕の害に對する最良の解決法である。地均しをすること及土堤を作ることと共に、作物自身又は補助的の灌木綠肥で耕地の外圍を作ること略々完全な防止を行ふことが出来る。雜草を奇麗に掃除することが良いことだとする傾向は次第に打ち壊されて、現時の世界の經濟的事柄は、雜草を掃除することを止めなければならないことに就いて、科學的喧傳を行ふが必要な状態にある。地表作物を連年使用することは取扱上の大なる疑問である。Chapline はユタ州に於て、適當に調整した地被物の侵蝕防護として有力なことは、自家農業者の心配する生育度と同様であるとの結論を得た。

草原では放牧を制限することは侵蝕に導く様な悪状態を來たさない爲には絶対に必要である。Barnett と Chapline が過放牧の累積結果に就いて強調したことは正しい。地被を破壊することは流量を大ならしめ、保留土濕を減少し、其の結果

一層地被を弱らせることになる。過放牧の結果として家畜が食物を探す爲に、地被を益々破壊する傾向が強くなる。そして不適當に保護された表土を粉碎することは、動き易い土塵の層を作り、これが雨で洗ひ去られて新しい層を露出せしめ、乾燥と侵蝕とを一層甚だしからしむるのである。

階段と土堤

完全な地被を望み得ない場合には階段と土堤とが信頼すべき方法である。この方法に對する主要な障害は、經費の點と大規模の機械的耕作法とを用ゐ得ないことである。Rainier は階段の種々の型式の築造、維持等に就いて徹底的に研究し、且土地の傾斜及土質に應じて大さの詳細に就いて報告してゐる。氏は階段を水平型、臺型、壘型に分け、多數の實驗の結果種々の場合に於ける其の効率を推定した。（効率に對する順序の表示あるも之を略す）

階段、排水及堤築造に關する詳細は Ayres 及 Scouts の報告に書かれてある。Haviland は排水の技術的方面に就いて取扱ひ、Boggs は單獨の樹木又は藪に適する小階段に就いて記載して居る。侵蝕防禦の第二線として開渠の有利なことが次第に認めらるるに至り、多雨地方に適したものの數例がセイロンの土地侵蝕報告に記載されてある。これは土地自身の爲に必要なばかりでなく土濕維持にも必要である。

土地侵蝕研究のプログラム

合衆國の土地侵蝕事業に於て出版せる最近の報告（52）は、聯邦並各州當局の採用すべきプログラムを發表した。之は他地方に於ても侵蝕防止事業の基礎として適當なものである。次は其の概要である。

- 一 合衆國に於ける侵蝕地調査測量の繼續及侵蝕區域の廣さ及分布を示す地圖の調製

- 二 現時の侵蝕防止法並土温維持法の検討
- 三 侵蝕に關係する各種土壤型の物理的並化學的性質の實驗室内研究
- 四 土地侵蝕の防止並調整及土温維持上最有效なる方法を決定する爲に、階段、土留堤、排水及植栽法等の野外並實驗室内研究
- 五 流出量、侵蝕及流量調節上、森林、チャパラル叢林、遊牧地被等の效果及森林の取扱ひ、防火、遊牧地取扱に依る保護法の野外及實驗室内研究

以上の研究を行ふ爲に、野外試験地に於ては次の諸問題を取扱ふのである。

- a 各種の傾斜及土壤からの流下水の爲に侵蝕された物を研究し、植物の肥料、有機物及溶解又は懸濁に依る消失土壤を測定すること。但し簡易なる測定は地方試験地、精密なる分析的研究は中央試験場にて行ふこと。
- b 搬出された土又は其の場所の土にして、人爲的又は自然的降雨に曝露したる小資料に依り、物理的又は化學的の各種土壤取扱方並地被物が、土壤孔隙量、水吸収、浸出及蒸發に及ぼす影響の研究。
- c 階段の築造及取扱に對する傾斜の影響の研究、特に垂直及水平距離、階段の長さ、植栽法及その地被物收穫量に關する效用及土壤型に關しての研究。
- d 侵蝕區域及非侵蝕區域からの流下量の洪水位並其の期間に對する影響。
- e 植生の度合及型式並地表流下量及地下水給水量の性質、量及速さ、並侵蝕に對する雨量強度及降雨時間の關係の測定。
- f 森林の流出量、侵蝕、給水並洪水に對する影響。
- g 侵蝕に依る經濟的損害高の評價。
- h 現在植生に代るべき、火災に強く、根系良好且要水量少なくして、水源地保護に對して一層有價値なる植生の選擇。

(引用文献目録を省く)

昭和十二年三月十五日印刷
昭和十二年三月十八日發行

農林省山林局

東京市京橋區八丁堀四丁目五番地
印刷者 小西嘉三郎
東京市京橋區八丁堀四丁目五番地
印刷所 不二印刷社
電話京橋四一二四八番

終

072