土 壤 侵 蝕 防 止 の 研 究*

(第5報) 危険雨量とその季節的分布

西 潟 高 一・飯 田 次 男

(北海道農業試験場)

Studies on soil erosion control.

(5). Dangerous precipitation and its seasonal occurrence

T. NISHIKATA and T. IIDA.

(Hokkaido National Agricultural Experiment Station)

緒 言

土壌侵蝕は降雨の状態によつて著るしく異つた形を示すものであるが、従来圃場試験の経験によると、降雨がある程度以上の強さを示すようになると表土の流亡が起るものであることが認められている。従つて土壌侵蝕に対する降雨の影響を明らかにするためには土壌侵蝕を起す如き降雨の性質を何等かの形で示すことが必要であるが、これを三原は“限界強度より強い雨の運動エネルギー”⁽³⁾ Free, Gustafson⁽¹⁾等は“Excessive rain”⁽¹⁾によつてあらはしている。表土の流亡の起る如き降雨の強さを一応限界強度と見れば、この強度以上の雨量の積算値の大小は、侵蝕作用の程度を規定する危険雨量と称し得るのである。然るに限界強度は種々の条件、特に地表面被覆程度、地形、土壌の性質等によつて著るしく変動するものであつて、既に報告した作物生育中の降雨の性質と流亡の関係についての調査によつても明らかな如く一定の限界を固定したものとして決定することは極めて困難である。しかし土地保全対策を考える場合には地表面が最も抵抗力の劣つて居る脆弱な状態を示している時期の流亡を基にすることが当を得たものと考えられる。かかる状況下に於ける東北地方火山性土壌に対し北岸等は⁽²⁾一応 3mm/10min を限界と定め種々の調査を行つている。北海道農業試験場に於ては虻田郡喜茂別町に試験地を設け土壌保全に関する各種試験を実施して居るが、筆者等は先に降雨の性質の分類を行い、経験的に 2mm/10min⁽⁴⁾を一つの基準として用いていた。偶々 1951 年及び 1952 年秋季の土壌表面が極めて脆弱な状態下に於て降雨の性質と土壌流亡の関係を調査する機会を得たので、この結果から本地方の臨界侵蝕期に於ける限界強度を推定し、更に倶知安測候所の資料を用いて危険雨量の季節的分布について調査を行つた。

本報告取纏めに当り資料蒐集に便宜を与えられたる俱

* 昭和 28 年 12 月 5 日 農業気象学会北海道支部例会に於て発表

知安測候所並びに懇篤なる御助言を賜つた北大教授石塚喜昭博士、当場次長桑山覚博士、気象研究室藤原技官に深甚の謝意を表するものである。

I. 土 壤 流 亡 を 規 定 す る 降 雨 の 性 質

1. 試験の方法

喜茂別傾斜地研究室圃場内で、侵蝕調査の結果 C4 に分類されている甚だしく侵蝕を受け且つ等高線耕作の限界傾斜度と考えられる北西斜面上に 2m×10m の試験区を設け、周囲は 1 尺幅の板で囲い、下方にはドラム缶を置いて流去水及び流亡土壌を捕捉した。流去水及び流亡土壌は各降雨毎に測定し、降雨の性質は試験区から約 30m の距離にある気象観測所内の自記雨量計によつて測定した。尚降雨の中断が 3 時間以内のものは 1 降雨の継続と見做した。

試験設計

(A) 馬鈴薯収穫跡地 (1951年 9～10月)

試験区別 処 理

1. 収穫後放置区 9月6日収穫、ハローによつて表面を平滑にした裸地
2. ライ麦跡作区 9月7日ライ麦を等高線に播種
3. 菜種跡作区 9月7日菜種を等高線に播種

(B) 大麦収穫跡地 (1952年 9～10月)

1. 収穫後放置区 8月4日収穫、刈株は等高線上に残置
2. 耕鋤整地区 8月18日耕鋤整地により表面を平滑とした裸地
3. ルーピン間作区 7月14日大麦条間にルーピンを播種

2. 測定結果並びに考察

観測の結果は第 1 表に示す如くで、兩年を通じ土壌の流亡をおこした降雨回数が少なく、且つその結果にも多少のフレが認められるが、10 分最大 1.6mm を示した降雨に最も抵抗力の強い区に於てさえ極めて僅かであるが土壌の流亡が見られ、強度の増加と共に加速度的に流亡量も増加している。特に 3mm 以上に達するときはそ

の増加量は急激となり、この傾向は特に裸地状態に放置したものが一層甚だしくなっている。降雨強度が極度に大きくなれば土壌処理の差による効果は著しく減退することが知られる。同一条件の圃場に於ても前降雨からの時間、土壌水分含量の差等によつて土壌侵蝕の状況が異つてくることは明らかであるため、簡単に結論することは危険であるが、本測定の結果から 10 分間雨量の強度の影響は極めて顕著であるが、1 降雨の総量は左程大なる影響を与えていないように見受けられる。

第1表 降雨の性質と土壌侵蝕との関係
(A) 馬鈴薯収穫跡地の調査 (1951年)

降雨 月日	降雨 量	10分 間最大 雨量	降雨 継続 時間	区 番 号	流 亡 土 壤 量	流出 水量	流出 率	最大 滲透 速度	1立 方米 水中 土壌 量
	mm	mm	時分		kg/0.1ha	mm	%	mm	g
9.13	5.0	3.8	2.30	1	120.8	0.58	11.5	3.22	208
				2	15.5	0.20	4.0	3.78	78
				3	21.0	0.16	3.2	3.78	131
9.17	48.9	4.2	11.10	1	312.2	4.89	10.0	*	*
				2	117.7	3.08	6.3	1.12	38
				3	79.9	3.79	5.7	1.41	29
10.2	25.8	5.0	7.30	1	468.2	3.10	12.0	1.90	151
				2	286.5	2.86	6.3	2.14	100
				3	340.1	2.45	5.7	2.55	139
10.5	12.9	4.0	2.30	1	27.5	1.68	13.0	2.32	164
				2	181.9	1.55	12.0	2.45	117
				3	264.3	1.68	13.0	2.32	157
11.3	14.0	1.6	2.10	1	3.5	0.28	2.0	1.32	13
				2	1.5	0.42	3.0	1.18	4
				3	1.8	0.56	4.0	1.04	3

第1図 最大降雨最少滲透度と
流亡土壌の関係

第2図 最大降雨と最少
滲透度の関係

次に条件のほぼ等しい馬鈴薯跡地の第1区、大麦跡地の第2区について、降雨強度、流亡土壌量、最少滲透速度の関係を調査した結果はは次に示す如く、流去土壌量は降雨強度の増加に伴い急激に増加するが、最少滲透速度は最大雨量 2~2.5mm 迄は流亡土壌量と共に漸増するも、強度が大となり流亡土壌量が急増すれば反対にむしろ漸減の傾向を示している。更に最少滲透速度は 10 分間最大3.0~4.0mm に於て最高を示しているが、最大雨量に対する割合は 2.0mm を越すと急激に減退するこ

(B) 大麦収穫跡地の調査

9.4	22.3	2.1	9.50	1	0.5	0.06	0.3	1.95	8
				2	5.3	0.25	1.1	1.76	21
				3	—	—	—	—	—
9.8	14.5	1.6	6.50	1	—	0.08	0.6	1.52	—
				2	0.6	0.23	1.6	1.37	3
				3	—	—	—	—	—
9.12	19.9	2.8	4.50	1	0.4	0.27	1.4	2.53	2
				2	8.9	0.58	2.9	2.22	15
				3	—	—	—	—	—
9.24	41.3	3.7	14.30	1	2.3	1.21	2.9	2.49	2
				2	111.2	1.27	3.1	2.43	88
				3	—	—	—	—	—
10.9	33.2	1.5	18.40	1	—	0.30	0.9	1.20	—
				2	—	0.28	0.8	1.22	—
				3	—	0.19	0.6	1.31	—

註 上記以外の降雨は殆んど流亡を認めない程度であつた。
*装置の故障により流去水量の測定は正確を欠いたため除外。

とが認められる。これ等のことは明らかに雨滴の打撃による土壌表面の破壊のため滲透能力の減退を示しているものと云える。

以上の結果から限界傾斜度に於ける降雨の限界強度を推定すると、3mm/10min に達すると明瞭に危険状態を示すに至るものであるが、2mm/10min に於ても既に土壌の流亡は始まり、しかも最大降雨に対する最少滲透速度の割合も 2mm を越えたと急激に減退している事実から、10分間最大 2mm の降雨が相当時間継続すればかなりの流亡を見るに至るべきことが予想される。しかも土地保全対策に或る程度の安全率を見込むことが必要であると考えられる

ので、当地方の臨界侵蝕期に於ける危険雨量の限界強度は一応 2mm/10min と規定して差支えないものと考えたのである。

II. 危険雨量の季節的分布

1 使用資料

前述の如く限界強度を一応 2mm/10min と決定しこれに基き俱知安測候所 1944 年～1951 年の資料を用いて危険雨量の季節的分布を算出した。俱知安測候所では 10 分間雨量の観測は 1944 年から始められたもので、観測年次の短いために正確度に多少の疑問にあるが、将来統計年次を重ねた場合に再検討の上補正する予定である。

2 調査結果

調査の結果は第 3 表以下に示す如く、危険雨量の年次、月別変化を見ると、積算値の最大を示しているのは 9 月で、7 月がこれに次いでいるのが、7 月の年次的変化は可なり大きなものがある。然るに 9 月の年次的のフレは比較的小さく全期間を通じて危険の度合が最も大きなものであることが推定される。又危険降雨の出現頻度もまた 9 月が最も多くなっている。更に危険降雨の性質を見ると 2.0～4.0mm の危険限界線附近の出現回数が最も多く、総回数の 2/3 を占めている。強度の大なるに伴い出現回数が減じているが、全般を通じて出現回数並びに強度の大なる降雨は 9 月に集まっていることが知られる。但し 10 分間最大 10mm を越す強雨は過去 8 年間で 7 月に 1 回記録されている。次に危険雨量、更にこれによつて示される運動エネルギー、推定流去量の何れも 9 月が最大であり、又降雨総量と危険雨量の比は 7, 8, 9 月ともほぼ同程度を示しているが、その他の年は殆んど問題にするに足りないものである。総降雨量は 9 月が依然として最大で、10 月がこれに次いでいるが、危険降雨の出現回数及びその雨量は極めて少くなっている。

第 2 表 危険雨量の年次、月別変化 (単位mm)

年次 月別	1944	1945	1946	1947	1948	1949	1950	1951	計
5	—	—	—	—	—	5.8	8.7	—	14.5
6	—	2.4	3.6	2.0	—	2.6	2.1	—	12.7
7	45.2	4.6	34.7	2.0	9.9	35.6	70.0	6.9	208.9
8	30.6	9.8	2.7	68.0	19.2	17.9	20.3	8.0	176.5
9	73.2	24.3	38.1	71.8	2.1	27.0	31.8	69.9	338.2
10	7.0	2.2	24.2	5.3	15.6	17.9	7.8	14.0	94.0
計	156.0	43.3	103.3	149.1	46.8	106.8	140.7	98.8	844.8

これ等のことは土壤侵蝕が降雨の強度に著るしく影響されるものとすれば、降雪直前の多雨は比較的安全であることを示しているものと云えよう。更に土壤保全上最も注意を要すべき時期は 9 月上旬であつて、この時期の降雨は熱帯性低気圧の影響を幾分蒙っていることが知られるものである。

第 3 表 危険降雨の月別出現回数

月別	10分間最大 (mm)	2.0～ 4.0	4.0～ 6.0	6.0～ 8.0	8.0～ 10.0	10.0～ 12.0	12.0～	計
5	5	3	1	—	—	—	—	4
6	6	5	—	—	—	—	—	5
7	7	12	3	2	—	1	—	18
8	8	9	7	2	1	—	—	19
9	9	24	7	3	3	—	—	37
10	10	11	4	—	1	—	—	16
計		64	22	7	5	1	—	99

第 4 表 危険雨量の月別分布

月別	降雨量 (mm)	危険降雨			降雨量と 危険雨量の比(%)
		危険雨量 (mm)	運動エネルギー* ($\times 10^6 \text{erg}/10\text{cm}^2$)	推定流去量* ($\sum P \ 2.0\text{mm}$)	
5	612.1	14.5	0.34	3.5	2.4
6	520.2	12.7	0.28	2.7	2.4
7	812.7	208.9	5.04	71.7	25.7
8	620.2	176.5	4.62	68.6	28.4
9	1308.9	338.2	8.24	122.0	25.8
10	1084.6	94.0	2.14	24.6	8.7
計	4958.7	844.8	20.66	292.5	17.0

* 三原氏の⁽³⁾ 算出式による。

第 5 表 危険雨量の旬別分布 (単位 mm)

月別 旬別	7 月	8 月	9 月	計
上 旬	16.0	66.1	239.7	321.8
中 旬	84.3	36.2	60.4	180.9
下 旬	108.6	74.2	38.1	220.9
計	208.9	176.5	338.2	723.6

以上の結果から見ると常習的に土壤侵蝕の危険にさらされるのは 7, 8, 9 月で、特に 9 月は地表面被覆の状況からその危険が最も甚だしうことが知られる。併し概して危険限界線上の降雨の多い事実は、先の調査によつても明らかな如く土壤管理の如何によつて流亡を抑制することの可能なることを示しているものと云うことが出来る。尚最近局部的ではあるが春季驟雨性強雨の襲来によつて意外の被害を受けている事例がある。従つて土壤侵蝕防止には常に地表面の保護を計り、危険降雨の限界度を大なしめることによつて、被害の軽減を計ることに留意すべきである。

参考文献

- 1) Free G. R., Carleton E. A., Lauch J. & Gustafson A. F., 1946: Cornell Univ. Agr. Exp. Sta. Bull 831
- 2) 北岸確三, 一戸貞光, 工藤健一, 1953: 農業改良技術資料第30号, 土壤侵蝕に関する研究集録II 30頁
- 3) 三原義秋, 1951: 農業技術研究所報告A, 第1号
- 4) 西潟高一, 竹内豊, 1952: 北海道農業試験場彙報第63号, 土壤侵蝕防止の研究(予報)
- 5) 西潟高一, 飯田次男, 竹内豊, 1954: 北海道農業試験場彙報第66号, 土壤侵蝕防止の研究(第1報)

Résumé

The authors investigated the relation between the characteristics of precipitations and soil losses caused by rain on the plots after potatoes and barley harvested, in 1951. From the results it was obvious that the soil loss occurred by the rain which showed maximum intensity 2mm per 10 minutes, and increased extremely on 3-4 mm per 10 minutes. And the rate of minimum infiltration velocity decreased extremely when the maximum intensity showed more than 2 mm per 10 minutes. From these results, considering the frequency and duration of precipitations, it is determined the critical intensity of dangerous precipitation as 2 mm per 10 minutes, tentatively.

Then, using the observational data from 1944 to 1951 of the Kutchian Meteorological Station, calculated the seasonal occurrence of dangerous precipitations. As the total precipitation, dangerous precipitation and frequency of dangerous rainfall altogether showed the maximum value at September, so it was suggested that this month is the most dangerous for soil erosion, especially at the first decade of the month. As it was observed that among the dangerous precipitations, the rain with the critical intensity (2.0-4.0mm/10 min. max.) occurred most frequently, so it was suggested that the soil erosion would be able to control by adequate soil management.

抄 録

Mason, B. J., R. Ramanadham: A photoelectric raindrop spectrometer

Q. J. R. M. S. 79 ('53) P. 490~495

落下する雨滴の粒径(平均の大きさと粒度構成)は、降水強度と関係が深いので興味ある研究対象となっているが、従来行われてきた測定法は実験室的なものが多くかなりの難点がある。この論文では、従来の測定法とは全く異なる方法即ち光学系と光電管及び電子回路を組合せる事により、連続的且自働的に雨滴を粒径によつて階級分けし各階級毎の計数を行う測定装置の構造について説明を行い、更にその装置を試用した二三の結果と従来知られていた結果との対比を行つている。

測定法の原理は雨滴により散乱される光の量が粒径と関係を有する(一般に粒径の自乗に比例)ことを利用するものである。光学系は光源、コリメーター、スリット、望遠鏡から成り、スリット部を通過する雨滴によつてコリメーターから出てくる平行な光のビームを散乱させ、コリメーターと約20°の傾きを有する望遠鏡により散乱光を光電管に送り込む。光電管及び電子管系により光エネルギーは電気エネルギーに変えられ増幅される。最終段の計数回路はバイアス電圧と異り8ケの回路が並列に接続され階層化と計数を行う。較正はLaneのマイクロピュレットによつて標準径の水滴を作つて行つた。

濾紙法による測定と比較したが、結果は極めて良い一致を示し、夜間においては100 μ 以上の観測が可能で光電回路の内部雑音を抑制すれば更に小さな粒径迄使用できる。日中に於ては外界の照度が低く安定していれば、100 μ 程度迄検出できる。この範囲をひろげる為に現在紫外線を光源とする方法を試験中である。

一つの雨滴が光のビームの中を通過するに要する時間は最大5ミリカンドであるので、二つ以上の雨滴が同時に通過するために生ずる誤差はその発生確率が極めて小さいので殆んど無視できる。又雨滴がビームの端を通るため生ずる誤差は較正を慎重に行ふことにより各粒径毎に補正を行うことができる。

実例の結果は雨の粒度構成に二つの極のある事を示すが同様な結果がBlanchardによりハワイのしゅう雨について報告されており、又Marshall及びPalmerが1948年に得た式と比較した結果もかなり良く一致した。自記雨量計との比較では降水量の積算値からは5%以下の差しかないが、瞬間指度は大いに異つている。これは自記雨量計のおくれのためと考えられる。

(水見順一)