

琉球大学学術リポジトリ

国頭マージの土壌侵食標準試験区における流亡土量
について (3) (沖縄における農地保全の基礎的研究
XI)(農業工学科)

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学農学部 公開日: 2008-02-14 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 翁長, 謙良, Onaga, Kenryo メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/4105

沖縄における農地保全の基礎的研究 XI *

— 国頭マージの土壤侵食標準試験区における流亡土量について(3) —

翁 長 謙 良 **

Kenryo ONAGA: Fundamental studies on farmland conservation in Okinawa XI. The relationship between soil loss and rainfall energy on standard soil erosion Testing plots. (3)

I 緒 言

農地における土壤流亡の予測式は Wischmeier 等が提唱し、年間、エーカー当りの流亡土量 A (トン) は $A = RKLSCP$ すなわち降雨、土壤、傾斜、作物、保全の各要因の係数の積によって予測できるとされ、アメリカにおいて農地保全の指針とされている。例えばアイオワ州 Jasper 地方では、降雨、土壤の係数が、180, 0.32 であり、400 フィート、8% の傾斜畑で等高線栽培、C-C-O-M の輪作という条件では $LS = 2.0$, $C = 0.13$, $P = 0.6$ の値が採用され、従って $RKLSCP = 180 \times 0.32 \times 2.0 \times 0.13 \times 0.6 = 8.99$ となり、年間エーカー当りの流亡土量が約 9.0 トンと予測される³⁾。種田¹⁰⁾ はわが国においても標準試験区を設け、降雨と流亡土量の実測を重ね、これらの係数化を各地方ごとに計る必要があると提唱した。筆者は国頭マージ地帯の土壤侵食の特性を把握し、開畑、圃場整備等の事業計画に資するため、また土壤、降雨の係数化の一助とするために現地に標準試験区を設け流亡土の比較試験結果を先に報告^{7), 8)}したが、今回はそれらに若干の流亡土測定と降雨特性の一部を追加し解析したのでその概要を報告する。

II 試験区の概要と実測方法

試験区は沖縄本島のほぼ中央に位置する金武村屋嘉部落で、国頭マージが広く分布する南限に近い所でさとうきびやパイナップルの栽培がさかんである。試験区は2ヶ所に設け、1ヶ所(第1試験地)は傾斜別の、他(第2試験地)は植生、裸地別の試験区である。第1試験地は3°, 5°, 8°に設置し全て裸地状態で観測し、第2試験地は当初裸地2区(ともに約10°)を設けたが2ヶ月後に1区はパイナップルを栽植した。尚試験区の形状は全て20.0 m × 2.0 m で両試験区の距離は約500 m である。

流亡土の測定は、土砂受けに溜った土の容積を測定し、土をよくかきませ、その中から500 cc または1000 cc 程度をサンプリングし、乾燥秤量し、沈殿土の容積から流亡土の乾土重を算出した。降雨資料は第1試験地より200 m 程はなれた小学校に設置されている有線ロボット気象計によるものである。

* 農業土木学会農地保全部第1回研究集会にて発表

** 琉球大学農学部農業工芸科

III 結果および考察

1. 降雨特性

降雨特性の中で侵食に最も関係の深い要素として降雨強度があるが、それを評価する指標の1つに Wischmeier 等¹¹⁾の提唱した降雨エネルギーがあるがこの計算式 $E = 916 + 331 \log_{10} i$ (E : $\text{ft} \cdot \text{t} / \text{acre} \cdot \text{in}$, i : 降雨強度 in / hr) を用いて観測期間中の1雨13mm以上の降雨をもとにエネルギーを求めると、第1試験地で1149 ($\text{m}^2 \text{t} / \text{ha} \cdot \text{hr}$), 第2試験地で2141 ($\text{m}^2 \text{t} / \text{ha} \cdot \text{hr}$) である。第1試験地は観測に中断があるので降雨エネルギーの対比はできないが、第2試験地の値は那覇における15ヶ年(1959~1973)の同じ観測月間の平均値775 ($\text{m}^2 \text{t} / \text{ha} \cdot \text{hr}$) よりかなり高い値(856 $\text{m}^2 \text{t} / \text{ha} \cdot \text{hr}$) である。また総雨量4567mm中77パーセントが侵食に影響している。表1, 表2に観測結果を示す。

表1 降雨エネルギー (EI値) と流亡土量 (第1試験地)

観測 番号	降雨量 (mm)	EI 値 $\text{m}^2 \text{t} / \text{ha} \cdot \text{hr}$	流亡土 (t / ha)			影響降雨 (mm) と降雨月日
			8°区	5°区	3°区	
1	71	109	62.68	44.26	12.21	6 / 2
2	36	27	13.28	9.08	4.66	6 / 6
3	84	46	33.10	20.78	11.87	6 / 18 (21), 6 / 19 (28), 6 / 21 (35)
4	59	9	17.19	10.43	3.61	7 / 8
5	183	186	110.65	83.61	63.89	8 / 16 (15), 8 / 21 (59), 8 / 22 (101)
6	86	164	73.53	60.21	27.73	9 / 25
7	33	12	49.21	21.34	6.45	11 / 30
8	34	11	11.69	7.26	4.14	12 / 5
9	59	18	15.87	16.10	9.26	53, 2 / 14 (25), 3 / 4 (34)
10	104	118	58.66	33.74	26.80	3 / 9
11	59	45	12.74	11.56	9.06	3 / 18 (14), 3 / 21 (45)
12	50	16	6.33	6.86	5.93	4 / 6 (31), 4 / 10 (19)
13	96	33	40.75	27.85	16.61	4 / 16 (30), 4 / 23 (14), 4 / 29 (52)
14	73	10	7.11	2.94	1.29	54, 5 / 4 (18), 5 / 10 (16) 5 / 12 (20), 5 / 14 (15)
15	94	17	4.09	2.30	0.41	5 / 16 (27), 5 / 22 (42)
16	104	8	1.66	1.28	0.07	6 / 6 (13), 6 / 9 (13), 6 / 11 (28)
17	88	19	9.06	6.33	0.54	6 / 16 (44), 6 / 23 (13), 6 / 23 (13)
18	101	28	20.14	18.03	4.08	7 / 19 (14), 7 / 19 (20) 7 / 21 (16), 7 / 23 (24)
19	61	4	6.16	5.76	1.32	8 / 8 (19)
20	40	9	25.37	17.13	4.51	8 / 15 (29)
21	65	3	13.67	11.70	4.47	8 / 23 (26)
22	106	83	21.83	16.73	9.60	8 / 26 (18), 8 / 27 (64), 8 / 27 (22)
23	101	12	4.12	3.92	1.54	9 / 27 (71), 9 / 27 (25)
24	275	162	26.54	24.80	11.79	10 / 28 (23), 11 / 2 (185)
2038	1149		645.49	464.00	241.84	

表2 降雨エネルギー（EI値）と流亡土量（第2試験地）

観測 番号	降雨量 (mm)	EI値 mft/ha・hr	流亡土 (t/ha)		影響降雨 (mm) と降雨月日
			植生区	裸地区	
1	59	13.66	21.67	17.41	43 (7/8)
2	59	7.17	38.15	23.25	32 (7/29)
3	202	182.46	84.74	76.06	59 (8/21), 101 (8/22)
4	146	30.97	44.24	39.47	98 (9/9)
5	130	170.40	89.95	84.27	86 (9/25), 17 (10/7)
6	112	57.40	18.80	10.86	90 (11/7)
7	35	12.07	1.53	0.32	33 (11/30)
8	106	18.29	8.10	9.58	16 (12/29), 35 (12/30) 30 (12/31), 25 (1/1)
9	10	2.26	2.84	0.19	7 (1/24)
10	24	1.88	2.06	0.04	20 (1/27)
11	88	7.93	5.14	1.27	25 (2/14), 20 (2/16)
12	138	132.97	98.45	77.86	34 (3/4), 21 (3/9), 83 (3/9)
13	59	44.97	14.63	10.52	14 (3/18), 45 (3/21)
14	50	16.46	44.61	35.40	31 (4/6), 19 (4/10)
15	215	156.16	88.76	97.82	30 (4/16), 14 (4/23)
16	17	3.86	3.19	4.16	17 (5/8)
17	15	5.52	28.27	32.98	15 (5/10)
18	83	16.11	5.81	3.22	21 (5/20), 13 (6/3) 20 (6/6), 29 (6/7)
19	64	26.61	40.53	59.97	28 (6/18), 36 (6/19)
20	254	98.80	115.81	173.00	13 (7/9), 17 (7/12), 19 (7/14) 32 (7/28), 16 (7/29), 20 (7/30) 90 (7/31), 18 (8/1), 29 (8/4)
21	165	104.40	64.70	132.70	19 (8/11), 23 (8/12) 107 (8/15), 16 (8/16)
22	135	168.45	18.38	65.05	32 (8/26), 78 (8/27), 25 (9/9)
23	99	90.35	2.17	12.43	54 (9/6), 45 (9/8)
24	81	40.31	20.42	57.28	15 (9/10), 35 (9/11), 31 (9/21)
25	54	29.36	4.34	11.77	26 (9/22), 28 (9/24)
26	157	80.30	27.42	58.78	31 (10/12), 18 (10/13) 66 (10/13), 42 (10/14)
27	19	1.71	0.13	0.51	19 (10/28)
28	70	65.15	18.45	41.13	50 (12/9), 20 (12/10)
29	184	81.02	6.37	28.02	51 (1/29), 13 (1/30), 27 (2/5) 36 (2/10), 44 (2/14), 13 (2/14)
30	45	17.33	3.06	27.92	13 (3/17), 32 (3/19)
31	243	58.88	4.30	41.10	30 (4/19), 77 (4/26)
32	58	11.55	7.50	30.10	24 (5/1)
33	73	9.66	1.50	12.80	18 (5/4), 16 (5/10) 20 (5/12), 15 (5/14)
34	94	17.22	0.40	6.50	27 (5/16), 42 (5/22)
35	104	8.33	3.60	15.70	13 (6/6), 13 (6/9), 28 (6/11)
36	88	18.44	4.40	40.40	44 (6/16), 13 (6/23), 13 (6/23)
37	101	27.77	9.30	36.00	14 (7/19), 20 (7/19) 16 (7/21), 24 (7/23)
38	61	4.12	3.20	4.10	19 (8/8)
39	40	8.93	16.00	32.50	29 (8/15)
40	65	2.68	9.90	14.00	26 (8/23)
41	06	83.21	47.20	46.50	18 (8/26), 64 (8/27), 22 (8/27)
42	47	9.87		5.26	15 (9/5), 17 (9/19)
43	101	11.64	1.59	2.10	71 (9/27), 25 (9/27)
44	141	25.99	1.85	11.57	118 (10/18)
45	275	162.38	3.74	35.43	23 (10/28), 185 (11/2)
46	95	3.18	0.22	1.45	13 (11/18), 13 (12/23), 16 (12/23)
4567	2141.19	1037.63	1527.75	3513	

つぎに降雨強度を支配する雨滴分布を那覇と福岡について調べてみると図1のとおりである。那覇の分布図は1972～1973年の28回の降雨に対して506回の採取結果から得た6万5千余滴をもとにしたものであり⁶⁾、福岡のそれは三原⁴⁾が1947年に16回の降雨について採取した約3万滴によるものである。両者の間に測定方法の差異があり、直接対比はできないが、概して沖縄の場合はより大きい雨滴が分布するほかに小さい雨滴も多い。

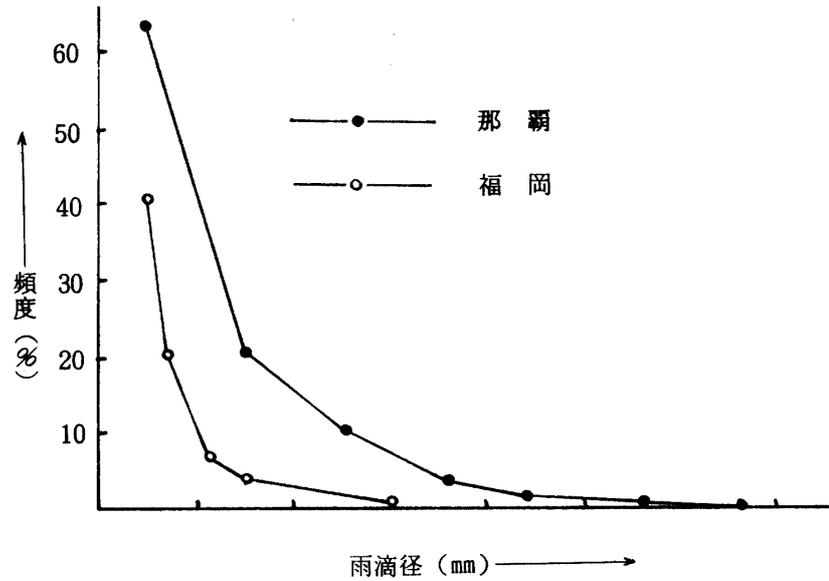


図1 雨滴の粒径分布

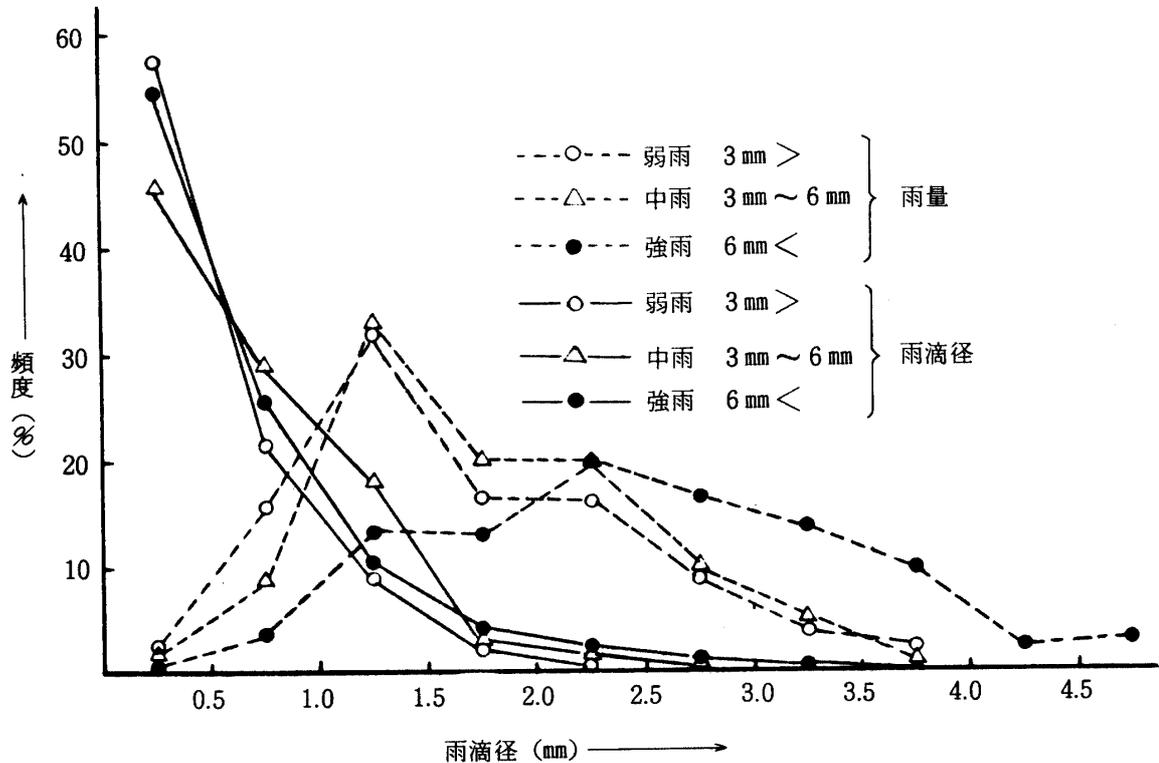


図2 那覇における雨滴径別雨量分布 (126556滴)

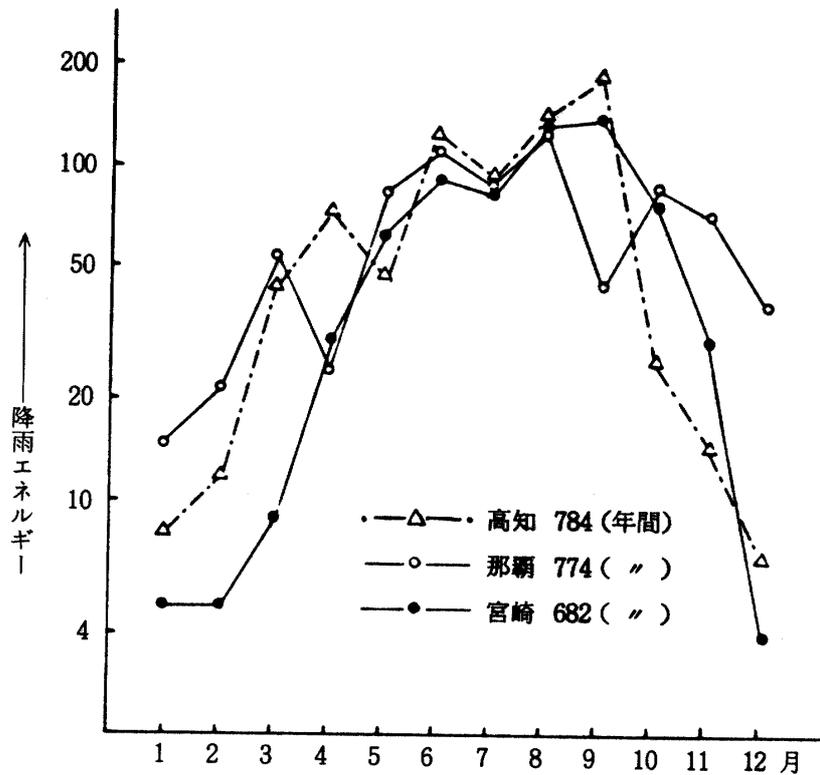


図3 月別降雨エネルギー (m³t / ha · hr)
昭和34～48年の15年平均値

雨滴の分布とそれぞれの雨滴径別による雨量を図2でみると雨量分布において1.0～1.5mm径のところにモードがあり、径1mm以下の雨滴による雨の量は極めて少ないことが注目される。また表3で名護・那覇・石垣における月別10分間確率降雨強度をみると、各地とも、2年確率で毎月6mm/10分以上の降雨強度が出現することになり、土壌侵食の危険降雨がかなり多いとみられる。

前述の降雨エネルギーについて種田が算出した値をもとに我が国の多雨地帯である高知、宮崎と那覇を比較すると図3のとおりである。年平均のエネルギー (m³t / ha · hr) は高知784、那覇775、宮崎

表3 月別10分間確率降雨強度

確率年	場 所	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	備 考
2	名護	6.5	6.8	9.4	8.3	12.4	15.7	11.9	14.6	9.8	11.5	6.1	6.3	統計年 名護 1966 - 1979
	那覇	7.3	7.3	8.2	8.4	12.5	13.1	9.3	11.3	9.7	8.8	8.2	6.4	
	石垣	6.9	7.2	9.1	9.8	11.1	11.2	9.2	9.9	10.6	8.9	6.6	6.4	
5	名護	10.5	12.1	13.8	12.2	17.8	20.5	16.7	21.2	14.0	16.1	10.8	9.0	那覇 1941 - 1974 石垣 1898 - 1979
	那覇	11.7	12.1	13.6	13.1	17.1	16.9	13.2	15.2	12.8	13.5	13.0	11.4	
	石垣	11.0	11.4	14.6	15.1	17.1	15.7	14.2	13.4	15.1	13.3	10.7	10.8	
10	名護	13.2	16.1	16.9	14.8	21.6	23.5	19.8	25.6	16.9	18.8	14.6	10.5	- 1979
	那覇	14.7	14.7	17.3	16.5	19.1	15.6	15.6	17.5	14.5	16.6	16.2	15.5	
	石垣	13.8	14.3	18.3	18.5	21.1	18.6	17.8	15.5	17.9	16.1	13.8	14.3	

682の順であるが、那覇の降雨特性として、年間を通じて高エネルギーの降雨があり、土壌侵食のポテンシャルが高いことがいえよう。藤原²⁾は雨滴の粒径分布の差異による雨滴のエネルギーに重点を置いて理論解析を行ない、山口の雨と比較して沖縄の雨は一般にその強度が大であることを指適している。

2. 試験地の土壌

表4、表5は第2試験地の土壌の物理性と粒度分析結果である。本土壌は非固結堆積岩を母材とする洪積世堆積度で赤色土に属し、土層の深い細粒質土壌である。中ないし強酸性を呈し、侵食に弱くガリが生じ易いといわれているが⁵⁾土壌の分散率の点では国頭マージの中では比較的低い方に属する。また粘土鉱物はカオリナイトが多く、次にパーミキュライトあるいはイライト類が含まれる。国頭マージの他の特性として、含水比が27% (pF値で約3.7)前後に水滴による崩壊性が急増し、15% (pF値で約5)附近で最大になることがあげられる⁹⁾。

表4 試験地土壌の物理性

比重	2.70	間ゲキ率	54%
塑性限界	24%	透数係数	5.290×10^{-3}
液性限界	47%	分散率	42.0
塑性指数	23	侵食率	61.8

表5 マージの粒度分析結果

分類名	粒径 (mm)	含有率 (%)
レキ	2 以上	5.0
粗砂	2 ~ 0.42	9.0
細砂	0.42 ~ 0.074	24.0
シルト	0.074 ~ 0.005	16.0
粘土	0.005 ~ 0.001	46.0
コロイド	0.001 以下	34.0

3. 試験区別流亡土量

雨滴の運動エネルギーの計算式 $E = 916 + 331 \log i$ によりエネルギーを計算し EI 値として表わし、試験区別に流亡土量との関係を示したのが表1、表2である。

1) 第1試験地：試験地を8°, 5°, 3°に設置し、裸地の状態で昭和52年6月から11月までの観測に基づくものであるが(53年5月から54年4月までは中断)24回の観測を得た。観測番号13まではレキ質で粘土分(24%)の少ない国頭マージ(A土壌)であり、14からは粘土分の多い(60%)土壌(B土壌)と入れ替えた。観測番号9、12で5°区の方が8°区より大きい値を示すほかは傾斜度の高い方が流亡土量が多いが、5°区と3°区の流亡土量の差は8°区と5°区のその差より粘質土において大きいことがわかる。土壌別に流亡土量(t/ha)をみると観測番号13までは8°, 5°, 3°区でそれぞれ506, 353, 202であり、14以降は同様の順で140, 111, 40である。

2) 第2試験地：観測期間は昭和52年7月~昭和54年12月で46回の観測を行なった。植生区にはパイナップルを栽植(昭和52年10月)したが藤川等¹⁾が指適しているように、パイナップルは植付後約1年間は土壌侵食抑制効果が殆んど期待できない。最初の1年の観測結果はそのことを実証している。観測期間中の流亡土量(t/ha)は植生区、裸地区においてそれぞれ1,038, 1,527でありこの数値は土壌の仮比重(1.4)をもとに土層厚に換算すると各々7.4 cm, 10.9 cmとなる。

4. 流亡係数

降雨の単位エネルギー当りの流亡土量をその期間の流亡係数とし、それぞれの試験区について数量化したものが表6である。第1試験地において傾斜別による流亡係数、土壌別による流亡係数に差異がみとめられ、傾斜度の高い方が大であり、粘性の低い土壌が大きいことが明らかである。また第2試験地では30ヶ月の観測期を10ヶ月ずつの3期に分けて流亡係数をみると、裸表区では流亡し易い表層土が

流されて暫次少なくなる傾向がある。植生区においては植付後2年目から被覆効果と相まって根の発育による土壌保定作用も強化され侵食抑制効果が次第に高まることが表の数値からうかがえる。

表6 各試験区の流亡係数

試験区		流亡土量	EI 値	流亡係数	指数	
		(t/ha) ①	(m ² t/ha・hr) ②	$\frac{①}{②} \times 10^2$		
第一試験区	8°	A 土壌	505.74	794	64	145
		B 土壌	139.75	355	39	89
	5°	A 土壌	353.08	794	44	100
		B 土壌	110.92	355	31	70
	3°	A 土壌	202.22	794	25	57
		B 土壌	39.62	355	11	25
第二試験区	植生区	前期	563.68	855.05	66	78
		中期	355.99	804.95	44	52
		後期	117.76	481.19	24	28
	裸地区	前期	484.32	855.05	57	67
		中期	681.00	804.95	85	100
		後期	363.43	481.19	76	89

VI ま と め

現地における土壌侵食砕試験は1雨毎の観測を積み重ねることにより精度を高めることができるが、結果は多くの雨による流亡土の観測もいくつかあった。然しトータルとしての降雨エネルギーと流亡土量との関係は把握できた。結果を要約するとつぎのとおりである。

1) 傾斜別試験区では傾斜が高い程流亡土量は多く、土壌別では粘性の高いものが流亡土量が少ない。

2) 植生区では植付後2年目からはかなり高い侵食抑制効果が期待できる。

3) 観測期間中の流亡土量を土の仮比重1.4として土層厚(cm)に換算すると8°区、5°区、3°区、でA土壌ではそれぞれ3.6、2.5、1.4でありB土壌では1.0、0.8、0.3である。また植生区、裸地区では年平均それぞれ3.0、4.4となっている。

4) 種々の土壌、地形条件のもとで降雨の単位エネルギー当りの流亡土量を流亡係数として表わし当該地域の侵食性の指標としたい。終りに本研究の一部は昭和54年度文部省自然災害科学特別研究(代表者 細山田健三)の補助により行なわれたものであることを附記します。

参 考 文 献

1. 藤川武信・翁長謙良 1974 沖縄北部におけるパインアップル園の土壌侵食, 第11回災害科学総合シンポジウム講演論文集: 239~240
2. 藤原輝男 1975 沖縄開発に伴う土地環境の変化と防災に関する研究-沖縄の降雨特性-, 文部省

- 自然災害特別研究成果報告：38～45
3. Iowa State University of Science and Technology Cooperative Extension Service 1967 Erosion control factors and the Universal soil loss equation
 4. 三原義秋 1951 雨滴と土壤侵食, 農業技術研究報告A 第1号 農林省農業技術研究所
 5. 沖縄県農業試験場 1976 昭和50, 51年度地力保全調査(北部編) 36～37
 6. 翁長謙良 1974 沖縄における農地保全の基礎的研究IV—土壤侵食に關与する2・3の降雨特性について(2) 琉球大学農学部学術報告, 21: 173～180
 7. _____ 1978 沖縄における農地保全の基礎的研究VII—国頭マージの土壤侵食標準試験区における流亡土量について 琉球大学農学部学術報告, 25: 351～359
 8. _____ 1979 _____ VIII _____
_____ (2) _____ 26: 329～335
 9. _____ 照喜名良達 1979 沖縄における農地保全の基礎的研究X—水滴による土塊の崩壊に關する研究(1) 琉球大学農学部学術報告, 26: 341～346
 10. 種田行男 1975 農地の土壤侵食量の予測 農業土木学会論文集, 56: 8～12
 11. Wischmeier, W. H. Smith, D. D, Uhland, R. E 1958 Evaluation of factors in the soil loss equation. Agricultural Engineering 39: 458～462

Summary

The purpose of this study is to determine the coefficient of soil erosion factors applicable to the northern parts of Okinawa which excel in Kunigami Maji soil.

Two experimental fields have been selected for a soil erosion research at Yaka, Kin-son.

The one consists of three plots (bare soil) which are set at an incline of 8, 5 and 3 degrees respectively. The other consists of two plots (vegetative and non-vegetative) which are set at an incline of 10 degrees.

The period of observation is from June 1977 to November 1979 in the former field and from July 1977 to December 1979 in the latter one.

The rainfall energy of the area was calculated by using the equation $y = 916 + 331 \log_{10} i$ which was formulated by Wischmeier and Smith and also the soil loss from each plot was measured during the observation period.

The results of this observation are as follows:

1. The steeper the field plots were the more soil loss was observed.
2. The effect of vegetative cover in case of pineapples was shown gradually after one year growth.
3. It is desirable to establish the index of erodibility in an area by measuring the soil loss coefficient which was calculated by soil loss caused by a unit of rainfall energy.