

農地での土壌流出防止対策とその効果

比嘉榮三郎・満本裕彰・仲宗根一哉・大見謝辰男

Study of Soil erosion prevention and Effect of Farmlands

Eisaburou HIGA, Hiroaki MITSUMOTO, Kazuya NAKASONE and Tatsuo OMIJA

要旨：本県の主な土壌流出源は、①開発事業 ②既存農地 ③米軍基地の3つに大きく分けることができる。

開発事業については、赤土等流出防止条例（以下、赤土条例という）の施行（1995年）により、施設基準や排水基準が設けられるなど土壌流出量の軽減化が図られている。米軍基地についても、条例の順守が義務付けられており土壌流出量の軽減化が期待されている。

これに対し既存農地では、赤土条例第17条及び第19条で流出防止の指導ができることになっているが排水基準は設定されていない。また、第22条では赤土等の流出防止対策について総合的な施策を策定し実施することがうたわれている。

このようなことから、当面、農地での土壌流出の実態を明らかにするとともに総合的な対策を策定するための基礎資料とするため調査研究を行っている。

Key words：農地，土壌流出量，防止対策，対策効果

I はじめに

沖縄県の県土面積¹⁾は約226,600haで、その内訳は105,300ha（約46%）を森林が占め、次に農地が50,600haと県土の約22%を占めている。

本土では農地²⁾の約55%が土壌流出がほとんど起こらない水田であるのに対し、本県では約98%が土壌流出が問題となる畑となっている。

このように農地は面積が広い上に土壌流出の多い畑の占める割合が高いことから、これまでUSLE式³⁾を用いて本県の農地からの土壌流出の問題点について報告^{4) 5) 6) 7)}してきた。

今回は、畑農地での土壌流出防止対策とその効果について、県下の農家が実際に取り組んでいる対策状況や降雨時の濁水濃度の実測値、USLE式による流出量の子測値を用いて検討したので報告する。

II 方法

1. 土壌流出の予測方法

一般的に、農地からの土壌流出量を予測するためにUSLE式が用いられる。

$$A = R \cdot LS \cdot K \cdot C \cdot P$$

土壌流出量は降雨（R）、地形（LS）、土壌（K）、作物（C）及び保全的耕作（P）の5つの因子の積からなっている。

しかし実際には、地区外からの流入してくる表流水に

よる侵食や、圃場形態でも造成法面（裸地）での土壌流出など、これらの因子以外の原因で起こる土壌流出も多い。

しかしながら、圃場の形態や作物の栽培方法などを変えた場合、どのように土壌流出量が増減するか予測する方法として極めて有効な式である。

2. 農地濁水のSSの測定

降雨時あるいは降雨後すぐに農地から発生した濁水を採水し、JIS K 0102に準じてSSを測定した。

採水は、農地が裸地の状態から作物によりほぼ全面的に被覆されるまで、あるいは収穫後などいろいろな栽培条件下で行った。

また、マルチングやカバークロープなど対策を実施している農地濁水のSSも測定した。

III 結果

1. 農地からの土壌流出の原因

土壌流出予測式では、降雨（R）の自然的要因を除けば、他の4つの係数（LS・K・C・P）は人間の営農活動により発生する因子そのものとなっている。この営農活動で起こる土壌流出をさらに原因別に見ると、一つは圃場の構造（LS）であり、もう一つが作物の栽培方法（K・C・P）となっている。

降雨があると土壌流出量は、圃場の構造とその時の作物の栽培方法で決定される。

表1. 各種対策方法と分類.

係数	対策の方向	具体的な対策方法	効果(%)	分類
R	降雨の遮断	施設栽培 (ハウス栽培)	100	土 木 的
L	圃場の斜面長を短く	承・配水路の配置など	推 定 可	土 木 的
S	圃場の傾斜を緩く	土地改良など	推 定 可	土 木 的
K	土壌の入れ替え 土壌の物理性の改善 (主に団粒化)	客土など	推 定 可	土 木 的
		有機資材の施用 土壌改良材 (PVA)	50 前 後 不 明	営 農 的
C	裸地期間の減少	マルチング	90	営 農 的
		カバークロープ 輪作・間作	0 ~ 100 0 ~ 100	
P	保全的耕作	等高線高畦・畦畔	90 以 上	営 農 的
		等高線栽培	50 前 後	
		ミニマムティレッジ	大	

このように土壌流出の原因には、圃場の構造と栽培方法の2つがあり、それぞれに対応する対策として、ハード面的(土木的)な対策とソフト面的(営農的)な対策がある(表1)。

土壌係数については、客土による土壌改良などのハード面的対策と、有機物の施用などソフト面的対策の両方が考えられる。

(1) 圃場の構造

例えば、丘陵地の斜面や河川沿いに造成されたパイン畑(土地改良が実施されていない個人畑。以下、個人畑という)では、改植更新時に表土を谷間に押し込んだり、この時にできる法面を保護せず裸地の状態でパイン栽培が始められる。このため降雨のたびに圃場面あるいは法面が侵食を受け、短期間で小さなリルは大きなガリに発達する。やがて植え付けされたパインまでが赤土と一緒に流出している光景をよく見かける。

このような状況は単に土壌流出という問題に留まらず、作物(畑)そのものが流出するという大きな農業問題である。

ここで特に重要な点は、このような圃場構造の欠陥から発生する土壌流出に対しては、いくらマルチングや等高線栽培などソフト面的な対策をとっても効果は期待できないことである。この場合には、圃場の構造そのものを造り変えるようなハード面的な対策が必要となる。いたずらに、営農対策だけを強調し普及啓発するだけでは、土壌流出を防止することはできない。

これに対し、土地改良区のパイン畑では、畑の構造上谷間押し込みや圃場法面での侵食がほとんどないから、営農的な対策を実施するだけで土壌流出を抑えることが可能となる。

一方、沖縄島中南部地域では、開発現場などで発生するクチャ(鳥尻層群泥岩)をジャーガルや鳥尻マージの

農地に積極的に客土している。

この場合の方法として、一般的に農地の排水をよくするために圃場面は排水路や道路面よりも20~40cmも高くなる様に圃場一面に客土される。クチャは降雨による侵食を受けやすく、農地周辺の排水路や道路には流出し堆積しているのがよく見られる。このような畑では降雨の度に土壌流出が起こるため、また新たな客土が繰り返される。

農業の立場から言えば、作物の生産性を維持するための土壌改良であるが、環境の側からすると明らかに土壌流出が多くなる客土方法となっている。

実際、鳥尻マージにクチャが客土された圃場では、濁水のSS濃度は1万mg/lを越え最高4万mg/lにも達している。鳥尻マージの圃場だと最高でもSS濃度は、約5,000mg/lであるから約8倍も濁水濃度が高くなる。

このように現在のクチャによる客土方法は、圃場構造の改悪と同時に土壌係数Kの改悪にもつながっている。

(2) 作物の栽培方法

作物を栽培するとなぜ土壌流出が多くなるか、それは作物の植え付け前後の耕起などで畑が裸地化し、年間を通して土壌表面が被覆されないのが大きな理由である。農地に比較し森林や草地では、土壌表面が周年植物により被覆されているため土壌流出はほとんど起こらない。

このため、この植え付け前後の土壌流出量が栽培期間を通して最も多くなる。この裸地期間を短くし無くすることが営農的な対策(ソフト面的対策)である。

特に、作物管理Cや保全的耕作Pに関しては、営農行為の一環として比較的農家レベルでコントロールが可能な因子である。また、係数を1.0から0に近づけることが比較的容易なため他の係数に比べ土壌流出量の軽減効果も大きい。

2. 農地からの土壌流出の実態

(1) 農地濁水のSS濃度

これまでの農地や草地濁水のSSの測定値を表2に示す。

畑では、作物を植え付けする前の裸地の期間から生長による土壌表面の全面被覆に至るまでいくつかの生育段階がある。

このため、流出濁水のSS濃度も4~5万mg/lの高濃度から0(流出せず)まで広い範囲で推移する。

これに対し、植物により常に被覆された状態にある草地では、濁水濃度が100mg/l以下と低くなっている。

また、水田でも通常の場合だと濁水濃度は、100mg/l

表2. 作物等の被覆率と流出濁水のSS濃度。

(単位: SS mg/l, 被覆率 %)

No.	年月日	分類	市町村	場所	SS	被覆率	土壌名	備	考
1	98/04/14	畑	大里村	稲嶺	154	100	ジャ	株だし, キビ葉マルチ	
2	95/06/28	畑	大里村	嶺井	76	100	ジャ	キビ畑, 株出し草丈3.0m以上	
3	95/06/28	畑	大里村	嶺井	66	100	ジャ	キビ畑, 株出し草丈3.0m以上	
4	98/05/18	畑	東風平	東風平	62	100	ジャ	キビ畑, マルチ	
5	95/09/21	畑	大里村	嶺井	22	100	ジャ	ヘチマ畑(全面被覆+ススキマルチ)	
6	98/04/28	畑	大里村	稲嶺	0	100	ジャ	株だし, キビ葉マルチ	
7	98/04/14	畑	大里村	稲嶺	0	100	ジャ	株だし, キビ葉マルチ	
8	95/09/21	畑	大里村	嶺井	0	100	ジャ	芋畑(全面被覆)	
9	95/09/21	畑	大里村	嶺井	0	100	ジャ	芋畑(全面被覆)	
10	95/09/21	畑	大里村	嶺井	0	100	ジャ	キビ畑(春植え, 草丈3.0m以上)	
11	95/09/21	畑	大里村	嶺井	0	100	ジャ	キビ畑(株だし, 草丈3.0m以上)	
12	95/09/21	畑	大里村	嶺井	0	100	ジャ	オクラ畑(収穫期)	
13	98/04/14	畑	糸満市	真栄平	90	90	ジャ	キビ葉マルチ	
14	98/05/18	畑	東風平町	東風平	1620	60	ジャ	ストレチア	
15	95/03/17	畑	糸満市	名城	2870	50	ジャ	キク(ヒザ高)	
16	95/03/17	畑	糸満市	名城	2320	40	ジャ	キビ畑(胸~腰高)	
17	95/09/29	畑	大里村	嶺井	1860	40	ジャ	キャベツ畑	
18	95/06/28	畑	大里村	嶺井	5950	30	ジャ	キビ畑, 春植え草丈2.0m	
19	95/09/21	畑	大里村	嶺井	3760	30	ジャ	キャベツ畑(植え付け後)	
20	95/03/17	畑	糸満市	名城	3980	20	ジャ	キク(苗の状態)	
21	98/04/28	畑	大里村	稲嶺	25800	10	ジャ	キビ畑(植付直後裸地)縦畦	
22	98/04/28	畑	大里村	稲嶺	16400	10	ジャ	キビ畑(植付直後裸地)	
23	98/05/18	畑	具志頭村	具志頭	808	10	ジャ	キビ残査物	
24	95/09/21	畑	大里村	嶺井	31400	0	ジャ	裸地(菊畑, 縦畝)	
25	95/09/21	畑	大里村	嶺井	14200	0	ジャ	裸地(キャベツ畑)	
26	95/09/29	畑	大里村	嶺井	12300	0	ジャ	裸地(菊畑, 縦畝)	
27	98/04/14	畑	大里村	稲嶺	11700	0	ジャ	キビ畑(植付直後裸地)	
28	95/03/17	畑	糸満市	名城	9260	0	ジャ	キビ畑(植付直後裸地)	
29	95/09/21	畑	大里村	嶺井	8530	0	ジャ	裸地(キビ畑)	
30	98/04/14	畑	大里村	稲嶺	8140	0	ジャ	裸地	
31	95/09/29	畑	大里村	嶺井	4500	0	ジャ	裸地(キャベツ畑)	
32	95/09/21	畑	大里村	嶺井	2090	0	ジャ	裸地(キビ畑, 畝なし)	
33	95/09/21	畑	大里村	嶺井	0	0	ジャ	裸地(菊畑, 横畝)	
34	95/09/21	畑	大里村	嶺井	0	0	ジャ	裸地(キビ畑, 横畝)	
35	95/06/28	畑	大里村	嶺井	0	0	ジャ	裸地(菊畑)横畝	
36	94/01/13	畑	東村	車土改	81	100	国マ	パイン畑作業道表流水(植物被覆)	
37	95/03/30	畑	恩納村	赤間	26	100	国マ	遊休農地(ススキ被覆)	
38	95/06/16	畑	金武町	キビ畑	22	100	国マ	株だし(キビ2.0m以上)	
39	95/06/16	畑	宜野座村	垣の外	16	100	国マ	株だし(キビ2.0m以上)	
40	95/06/16	畑	金武町	キビ畑	15	100	国マ	株だし(キビ2.0m以上)	

表2. つづき

No	年月日	分類	市町村	場所	SS	被覆率	土壌名	備	考
41	94/03/08	畑	具志川村	白瀬川	10	100	国マ	サトウキビ畑表流水 (収穫前)	
42	95/03/30	畑	大宜味村	大保川	5	100	国マ	キビ収穫後 (キビ葉マルチ)	
43	94/03/08	畑	仲里村	西野	3	100	国マ	サトウキビ畑表流水 (収穫前)	
44	95/06/16	畑	宜野座村	垣の外	1	100	国マ	全面芝植被	
45	94/01/13	畑	東村	車土改	0	100	国マ	サトウキビ畑 (収穫前)	
46	94/03/01	畑	竹富町	大原	0	100	国マ	サトウキビ畑表流水 (収穫前)	
47	95/03/30	畑	恩納村	赤間	317	90	国マ	パイン大株 (約2年)+マルチ	
48	94/05/03	畑	恩納村	赤間	278	90	国マ	パイン畑+マルチ	
49	94/01/13	畑	東村	車土改	174	90	国マ	パイン大株畑土砂溜マス排水	
50	97/04/14	畑	金武町		132	90	国マ	キビ畑 マルチ畑	
51	95/03/03	畑	名護市	数久田	103	90	国マ	パイン大株畑表流水	
52	94/01/13	畑	東村	車土改	79	90	国マ	パイン大株畑表流水	
53	95/03/03	畑	名護市	数久田	20	90	国マ	パイン大株畑表流水	
54	95/03/03	畑	名護市	数久田	15	90	国マ	パイン大株畑表流水	
55	95/06/29	畑	東村	宇出那	200	80	国マ	パイン大株間からの表流水	
56	95/06/30	畑	東村	宇出那	2170	50	国マ	パイン小株間からの表流水	
57	94/01/13	畑	東村	車土改	209	50	国マ	パイン幼株畑土砂溜マス排水	
58	95/03/03	畑	名護市	数久田	184	50	国マ	パイン幼株畑表流水	
59	97/04/14	畑	金武町		1830	10	国マ	キビ畑 草丈10cm	
60	95/06/28	畑	東村	宇出那	12300	0	国マ	パイン作業道ガリー表流水	
61	95/03/30	畑	恩納村	赤間	5030	0	国マ	裸地 (うね有り) 畦はん除去	
62	94/01/13	畑	東村	車土改	865	0	国マ	裸地畑表流水 (深耕)	
63	97/04/14	畑	金武町		824	0	国マ	キビ畑 裸地	
64	95/06/11	畑	本部町	辺那地	755	0	国マ	裸地 (斜面造成地)	
65	93/10/06	畑	恩納村	赤間	265	0	国マ	裸地表流水	
66	95/03/03	畑	名護市	数久田	159	0	国マ	パイン畑作業用道路	
67	98/02/18	畑	糸満市	真壁	5110	0	島マ	裸地, 野菜畑	
68	98/05/18	畑	具志頭村	具志頭	587	0	島マ	裸地, 野菜畑	
69	95/03/17	畑	読谷村	儀間	58	100	島マ	キビ畑収穫後 (キビ葉マルチ)	
70	95/03/17	畑	読谷村	儀間	41	100	島マ	キビ畑収穫後 (キビ葉マルチ)	
71	97/06/03	畑	玉城村	糸数	128	80	島マ	キビ畑 春植え+マルチ	
72	95/03/17	畑	読谷村	儀間	6	80	島マ	キビ畑 (夏植え草丈2m以上)	
73	97/06/03	畑	玉城村	糸数	191	70	島マ	キビ畑 春植え+マルチ	
74	95/03/17	畑	糸満市	福地	1950	10	島マ	野菜畑収穫のあと	
75	98/02/18	畑	玉城村	糸数	41800	0	島+クチャ	キビ畑, 縦畦	
76	98/05/18	畑	玉城村	糸数	9250	0	島+クチャ	キビ畑 (植付直後裸地)	
77	98/05/18	畑	玉城村	糸数	3600	0	島+クチャ	キビ畑 (植付直後裸地)	
78	98/02/18	畑	糸満市	真壁	6230	0	島+クチャ	タバコ畑	
79	95/10/19	草地	南風原町	宮平	74	100	ジャ	ススキ草地	
80	94/06/15	草地	豊見城村	渡嘉敷	39	100	ジャ	原野・草地流出水	
81	95/03/17	草地	大里村	嶺井	4	100	ジャ	原野 (ススキ+雑木) 内原公園下	
82	95/03/17	草地	大里村	嶺井	4	100	ジャ	原野 (ススキ+雑木) No1 圃場	
83	95/03/17	草地	大里村	嶺井	4	100	ジャ	原野 (ススキ+雑木) No3 圃場	
84	95/03/16	草地	大里村	大里	3	100	ジャ	衛研裏ススキ斜面表流水	
85	95/06/16	草地	金武町	金武	6	100	国マ	芝生表流水	
86	95/06/16	水田	金武町	屋嘉	14	-	国マ	水稻	
87	97/04/14	水田	金武町	金武	168	-	国マ	水稻	
88	98/05/18	水田	金武町	屋嘉	15	-	国マ	水稻	
89	98/06/05	水田	金武町	金武	78	-	国マ	水稻	

表3. 春植えパイナップル畑での侵食実態.

圃場名	植 付 部 分					作 業 道				
	面積 m ²	畦数	ガリ数	体積 m ³	侵食量 t/ha	面積 m ²	長さ	幅員	ガリ体積 m ³	侵食量 t/100m
A	1,140	38	18	4.9	68.4	231	57.0	3.0	1.7	4.7
B	1,440	48	23	6.2	68.7	276	72.0	3.0	2.2	4.9
C	690	23	7	1.9	47.8	164	34.5	3.0	1.0	4.6
D	510	17	7	1.9	58.8	137	25.5	3.0	0.8	5.1
E	660	22	10	2.7	65.2	159	33.0	3.0	1.0	4.8

場 所：東村宮城

植付方法：1995年2月1日植え 縦畦栽培，被覆率（新植時）25%

傾斜度：5～8度

面積：5,400m²，5区画，作業道の面積割合 18%

圃場の形状：長方形，短辺 20m 長辺 25.5～57.0m

降雨量：2月1日～4月25日 471mm 年間降雨量 2,054mm 平年並み

以下になる。100mg/l を越えたサンプルは，降雨による濁水が流入したのが原因である。

(2) パイナップル畑での流出実態

沖縄島北部東村の春植えパイナップル畑（個人畑）での土壌流出量を，1995年2月1日～4月25日までの約3カ月間調査した。

調査方法は，降雨侵食によりできたガリの数や体積から土壌流出量を算出した。

植え付け部分のガリ体積は，1本毎に0.5m間隔で5～10カ所の断面積を測定し体積を求めた。同様に作業道部分については5.0mごとに5～10カ所の断面積を測定し体積を求めた。圃場の形態，植付方法など結果を表3に示した。

ガリは，植え付け部分では畦間（幅約60cm）で発生し，畦間数148ヶ所のうち40%以上の65ヶ所で見られた。

作業道では，植え付け部分との境目付近でガリが発生し，深さが最大1mにも達した。

0.54haのパイナップル新植畑で，わずか3カ月の間に侵食量が39tと10tトラック4台分の土壌量となっている。

これを年間当たりの侵食量に換算すると290t/ha/年となる。

また，作業道からの侵食量は，単位面積当たりで比較すると植え付け部分よりも1.5倍以上多くなる。

これに対し，同じ地区の前年度植え付け圃場（被覆率約80%）では，畦間にコケが繁茂しガリの発生は見られなかった。

さらに，この年の6月28日の降雨時に作業道のガリで発生した濁水のSS濃度は12,300mg/l と高く，同年植え付けの小株間からの濁水は2,170mg/l，前年度植え付けの大株の濁水は200mg/l と低くなっている。

このように土壌表面を作物が被覆するようになると，

明らかに濁水濃度は低くなり土壌流出量も少なくなる。

(3) サトウキビ畑

キビ畑では，株出しでの土壌流出量は少なく，春植えや夏植えて流出量が多くなる。

沖縄県農業試験場が，金武町の屋嘉土地改良区（国頭マージ）で調査した結果⁸⁾を表4に示した。1979年が新植で80年は株出しとなっている。

1ha当たりの年間土壌流出量は1979年が56.0t/ha/年，1980年7.4t/ha/年となっている。

新植1年目の流出量をパイナップル畑と比較した場合，1/5以下とかなり小さくなっている。

しかしながら，農地での年間許容侵食量⁹⁾は12t/ha/年となっているから，株出しでは特に問題ないが新植の場合この数値を大きく超えている。

また，ジャーガル地域の新植畑での流出濁水のSS濃度は2～3万mg/l と，国頭マージの1万mg/l に比較してかなり高くなっている。この濁水濃度からすると国頭マージ以上に土壌流出量が多くなることが予測される。

(4) タバコ，ジャガイモ畑

タバコやジャガイモは，栽培期間が半年と短くその後半年間は休閑期となる。

収穫後はタバコ畑でイモやヘチマなどが，ジャガイモ

表4. サトウキビ畑での土壌流出量.

圃場名	面積	1979年		1980年	
		体積 m ³	流出量 t/ha	体積 m ³	流出量 t/ha
A-1	2,690	1.7	10.0	0.0	0.0
- 2	4,150	4.3	16.6	0.0	0.0
- 3	5,098	14.0	43.9	4.3	8.4
- 4	6,498	44.5	109.6	4.2	10.3

資料：沖縄県農業試験場（1981）土壌保全試験成績書

畑ではスイカなどが輪作栽培されることもあるが、通常、裸地の状態で次の植え付けまでの間放置されることが多い。

このため、裸地期間にガリが発生したり畑全体が面的侵食を受けているのがよく見られる。

糸満市のタバコ畑では、雨量135mmの一降雨で土壌流出量の予測が23t/haとなった事例⁹⁾がある。

IV 土壌流出防止対策及び効果

1. ソフト面的対策及び効果

(1) ソフト面的対策

ここでは主にソフト面的対策として、農家が実際に行っている事例や比較的实施可能な対策について検討した。

1) 等高線高畦・締切畦畔

裸地の場合でも、畦の有無や等高線に対する方向により、流出する濁水の濃度に大きな差が見られる。これまでに測定された事例を表5に示す。

いずれの場合にも、縦畦（等高線に対し上下方向に畦を形成）からの濁水が最もSS濃度は高く1～4万mg/l、次に畦なしで0.4～1.4万mg/l、横畦（等高線方向に畦を形成）では畦間に濁水が貯留され0（流出せず）となっている。縦畦の場合、通常の裸地に比べ土壌流出を助長することになる。

キャベツ畑では、縦畦栽培に対し横畦栽培では土壌流出量が1/5に減少することが報告¹⁰⁾されている。

このように、畦を横畦にし濁水を旨くコントロールすることは、土壌流出に対し極めて有効な方法である。

実際の圃場では、傾斜方向が一方ではなく2方向になることも多いが、少なくとも傾斜の急な方向に対して横畦にすることが必要である。

次に畦畔であるが、畦畔が設置されている農地の代表的なものとして水田が上げられる。水田はこの畦畔（あぜ）により圃場が区画されるため、降雨の際にも土壌流出はほとんど起こらない。これまでのSSの測定値では、通常の場合100mg/l以下となっている。

このような機能を畑に導入することで、土壌流出量をかなり軽減できる。

表5. 畦の有無・方向による濁水濃度。(単位: mg/l)

採水年月日	95.09.21	95.09.29	98.08.18	98.04.14	98.04.28
場所	大里村	大里村	玉城村	大里村	大里村
畦なし	14,200	4,500	6,230	8,140	9,810
縦 畦	31,400	12,300	41,800	11,700	25,800
横 畦	0	0	0	0	0

しかし、せっかく圃場整備などで設置された畦畔も農家によっては、作物の湿害防止や作業性の面から撤去してしまうケースが多い。

そこで、作物の栽培期間だけでなく、むしろ休閑期に畦畔（一時的に設置）を積極的に活用することが考えられる。例えばタバコやジャガイモのように休閑期が半年と長くなるような畑である。

この裸地期間に畦畔や畦などの設置や畑の中心が低く周辺が高くなるように勾配をつける。これにより濁水を圃場内に貯留し、圃場外へ出さないようにすれば少なくともこの期間は土壌流出を抑制することが可能である。

但し、勾配がきつく斜面長が長い圃場では畦畔を周辺に設置しただけでは、表流水により容易に破壊される危険性が高い。このような場合には、畦畔を2重3重にするとか設置方法について工夫が必要である。

2) マルチング

パイン畑などの畦間をススキで覆うマルチングは、既に農業試験場でその効果が実証^{11) 12)}されている。

しかしながら、実際のパイン畑でマルチングが実施されているのは、1996年の調査⁶⁾では10%以下とほんの一部でありほとんど普及していないのが現状である。

キビ畑では、キビが生長すると古い葉をはく葉し畦間を被覆するようになる。このような時期に降雨があっても、表2に示すとおり濁水が流出しなかったり、流出しても濁水濃度は200mg/l以下と低くなる。

野菜畑でも、特にニガウリ、ヘチマ、トウガン及びカボチャなど果菜類の露地栽培では、生産物に土が付着し商品価値が下がらないように稲わら、キビ枯葉、ススキなどを積極的に敷いて栽培される。このため、稲わらなどがマルチングとしての効果を発揮し濁水濃度は低くなる。マルチング資材の稲わらは、ほとんどが台湾から輸入されている。

キビ畑や野菜畑でのキビ枯葉などによるマルチングは、あくまでも作物生産の一環として実施されているのであって、土壌流出対策が目的ではない。

しかし結果的に土壌流出対策につながることから、パイン栽培でもマルチングを営農行為の一つとして位置づけることができれば普及も可能となる。

3) カバークロップ

宮古島や沖縄島南部など島尻マージやジャーガルが分布する地域では、作物の収穫後次の作付けまでの期間、クロタラリア（ジュンシア）などの豆科植物やソルゴーが栽培されているのがよく見られる。

特に宮古島では、約10年も前からキビの夏植えでクロ

タラリア (ジュンシア), 下大豆など緑肥作物の栽培が盛んで現在でも全域で行われている。

沖縄島南部でもキビの夏植え, ニンジン等の秋作などで裸地の期間にクロタラリア (ジュンシア) や豆類が用いられている。

しかしクロタラリア (ジュンシア) もそうであるように, 豆科植物は島尻マーヅやジャガールなどアルカリ土壌ではよく生育するが, 酸性土壌である国頭マーヅでの生育はあまりよくない。

このため農業試験場では, 酸性土壌でもよく生育するクロタラリア (プレビフロア) の導入試験を1995年に終了している。しかし, 酸性土壌地域での使用例は少なく, 今後の普及が待たれている。

また, ハウス栽培や菊畑あるいはレタス畑など塩類の集積が懸念される畑では, 収穫後にソルゴーをクリーニングクロープ (塩類の吸収作物) として用いている農家もある。

このようにクロタラリア (プレビフロア), ソルゴーなどはカバークロープやクリーニングクロープとしても, さらに連作障害の軽減作物としても有用である。

4) ミニマムティレッジ

ミニマムティレッジとは, 減耕起栽培や不耕起栽培などできるだけ畑の耕起を少なくするような栽培方法である。コストの削減, 省力化及び土壌流出の軽減に役立つと注目されている。

すでに野菜畑 (カボチャ, インゲンなど) では, 収穫後も作物残査物が土壌表面を被覆した状態で次の作付けまで放置されるため, この間の濁水の発生が少なくなる。さらに裸地の期間も短くなり土壌流出対策効果が極めて高い。

キビ栽培では, 収穫後もキビ枯葉で圃場をマルチングした状態にし, 植え付け直前に耕起する方法となる。耕起の方法も土壌表面をできるだけ攪乱しないように深土部分を耕起したり, 耕起回数を減らすなど, 栽培方法自体が現在の方法と変わるため土壌流出防止の効果も大きくなる。

また, パイン畑 (土地改良区) では栽培方法の見直しがぜひ必要である。現在は, 改植 (植え替え) の際古株更新の方法が取られるが, この場合パイン古株は破碎され圃場全面に被覆される。古株が乾燥するまでの約1~2カ月間そのままマルチング状態にしその後乾燥した古株は圃場にすき込まれる。しかしパインを植え付けするまでの期間はどうしても裸地となるし, 植え付け後の被覆率も低い。そこで古株を圃場内にすき込まないで, そ

のままマルチングした状態でパインを新植するような栽培方法の開発が不可欠である。

このように, これまでは土壌流出にあまり配慮されない栽培方法が取られてきたが, 今後は環境保全型農法を含めコスト減, 省力化を含めた栽培体型の確立がぜひ必要である。

5) 輪作・間作

輪作や間作は, 農地での裸地の期間あるいは裸地面積を少なくし土壌流出を減少させる方法として有効である。

実際, 野菜農家では, 夏季はヘチマ, ニガウリ, トウガンなどの沖縄野菜を, 冬季はカボチャ, インゲンなどを栽培する輪作が盛んに行われている。

また, キビの夏植えの場合でも, 沖縄野菜やイモを積極的に栽培している農家もある。

しかし, すべての農家が輪作を行っているのではなく, ジャガイモ畑のように夏季の休閑期に畑が裸地になることも多い。

また, 間作としてキビの畦間でインゲン類, ダイコン, レタスなどの野菜栽培が行われている。

輪作・間作は土壌流出の軽減化だけでなく, 農家の収入増につながるため, 今後の普及が望まれる。

6) 有機物の施用

国頭マーヅに有機物を1~5%混入するだけで, 土壌流出量が40~50%減少するとの報告¹³⁾がある。この数値は有機物を混入した直後の試験結果であり, 土壌の団粒化が進み物理性が改善されるとさらに流出量が減少するものと予測される。

野菜畑や菊畑などでは, 栽培要領¹⁴⁾にもあるように3t/10a前後の堆肥が施用されることになっており, 実際, 農家も積極的に実施している。

また堆肥は, 畑面を全面被覆するような形で施用されその後畑にすき込まれる。この間はマルチングとしての効果があり上記以上の減少効果が期待できる。

しかし, 商品価値の高い作物であれば堆肥の施用も容易であるが, 生産物価格が低いキビ畑などには積極的に堆肥が施用されることは少ない。また, 堆肥用の原材料不足も畑への施用を少なくしている。

1950年頃までは, キビ畑にも積極的に有機物が投入された時期があり, 海岸で採取したウニや海草までが畑にすき込まれたと聞いている。

そこで現在, 製糖工場内で90%近くが燃料用¹⁵⁾として利用されているバガス (キビを絞った後に残る有機残査物) を堆肥として有効利用することが考えられる。

本来農地から出た有機物は農地に還元されることが望

ましく、バガスについても積極的に検討する必要がある。

さてバガスの生産量であるが、最近5年間(平成3年～平成7年)のキビの平均生産量¹⁰⁾は100万トンでありその30%の約30万トンが生産される。

このバガス(有機物)を土壌流出が問題となる夏植え、春植え(平均面積8,700ha)に施用すると、10aあたり3.7トン供給できることになる。この数値は野菜などの施肥量3.0トンよりもやや多くなる。

今回の試算はあくまでも仮定の域を脱し得ないが、工場でのバガスに変わる燃料の確保、バガスの保管や供給体制などの問題が解決できれば、実現の可能性は高い。

有機物の施用は、単に土壌流出を軽減するだけでなく土壌構造の改善、地力向上による作物の収量増にもつながる。

現在、県が広く提唱している足腰の強い持続的な農業を目指すためにも、バガス(有機物)を積極的に農地に還元するような活用方法が望まれる。

7) 植生帯による農地保全

これは、圃場と排水路あるいは道路との境界線に植生帯を設けて農地を保全するような方法である。

実際、各地でブッソウゲ、ゲッキツや千年木などの低層木を畑周辺に植栽しているのがよく見られ、野菜畑の周辺でもキビを植えている農家もある。植生帯の設置は土壌流出防止対策の方法となっている。

(2) ソフト的対策による流出量予測

農家が実際に行っている有機物の施用、輪作、マルチングや等高線高畦などの対策を実施した際の土壌流出量

の予測を行った(表6)。

農地における許容侵食量は、農業生産性の立場からすると年間12t/ha³⁾以下とされている。

農地の傾斜が緩く地形係数LSが小さい場合には、マルチング(作物管理)を行うだけで流出量を許容量内に抑えることが可能である。

しかし、地形係数が大きくなると、マルチングだけでなく等高線栽培などの対策を組み合わせることが必要となる。

2. ハード面的対策及び効果

(1) ハード面対策

これまでの土壌流出防止対策は、主に、営農的対策を中心に研究されてきたが、今後は土壌流出に強い圃場整備方法そのものの検討が必要であり、そのための研究や研究機関の強化を図ることが急務である。

1) 圃場整備

圃場の傾斜を緩くしたり、斜面長を短くなるように承・排水路を適正に整備し表流水の発生を少なくしたり、流速を旨くコントロールすることで土壌流出を抑制する。

パイン畑(個人畑)では畑構造の改善とともに表土剥ぎ・谷間押し込みなど栽培方法の改善を図るために圃場整備が必要となっている。

2) 大規模緩衝帯の設置

現在の圃場整備は、農地を畑として100%有効利用する目的から、広い農地が基盤目のように整然と区画整備されている。

このため、降雨により一旦表流水が発生すると、濁水

表6. ソフト面的対策による土壌流出量の推定値。

	C	P	流出量A	流出量B	対 策
裸 地	1.00	1.00	134.6	269.2	
パイン	0.80	1.00	107.6	215.2	なし
(1年目)	0.80	1.00	96.8	193.7	有機物の施用
	0.80	0.27	29.1	64.5	等高線
	0.10	1.00	13.5	27.0	マルチ
	0.10	0.27	3.6	8.1	マルチ+等高線
キ ビ	0.68	1.00	91.5	183.0	なし
(夏植え	0.32	1.00	43.1	86.1	輪作、カバークropp
1年目)	0.32	0.10	4.3	8.6	輪作+等高畦
	0.09	1.00	12.1	24.2	マルチ
	0.09	0.10	1.2	2.4	マルチ+等高畦

※流出量Aは、圃場の傾斜が3度、斜面長20m

$R=897, K=0.3, LS=0.5$

例 対策なしの場合 流出量A= $897 \times 0.3 \times 0.5 \times 0.80 \times 1.00=107.6$

流出量Bは、圃場の傾斜が5度、斜面長20m

$R=897, K=0.3, LS=1.0$

は流速を早めながら下流側に一気に集中し易く、土壌流出が起りやすい構造となっている。

実際、沖縄島南部や石垣島などでこのような事例が起っている。

表流水を旨くコントロールするためにも、湿地や林地などのゆとり空間を残したり、あるいは積極的に草地を導入するなど緩衝帯を設置することが必要である。

3) 圃場面の高さ

一般的に、島尻マージ地域の圃場は、傾斜が緩く平坦な上に、圃場面が道路よりも低くなっているのが多く圃場の構造上、土壌流出が起りにくい。

これに対し国頭マージ地域やジャーガル地域では、土壌流出対策としてせっかく圃場整備で設置された畦畔を、作業性や排水面から撤去するケースが多い。

これらの地域では、排水を改善するため暗渠排水を採用したり、圃場面の高さを道路よりも低くすることがより効果的な対策方法となる。

(2) ハード的対策による流出量予測

1) 圃場整備

パイン畑で表土剥ぎ・谷間押し込みをしているような個人畑での土壌流出量は、年間640 t/haよりも多くなることが予測される(表7)。

これが圃場整備されると、古株還元や等高線栽培が実施され土壌流出量は26.2 t/haと一気に1/20以下に減少する。

2) 緩衝帯の設置、圃場面の高さ

圃場面を道路面よりも低くした場合、濁水は圃場外へ流出することもなく土壌流出量は減少する。

また、緩衝帯の設置は、個々のケースで流出量が異なるが、確実に流出量を減少させる。

例えば、草地に緩衝帯を設置した場合、部分マルチングと同等な効果が期待でき裸地に比べ1/5~1/10に減少することが予測される。

湿地の場合だと、水田と同様な効果が期待できることから、濁水濃度を200mg/l以下にすることも可能となる。実際、土地改良事業などでも湿地を有効利用しており恩納村宇加地、与那城町西原などではその効果を発揮している。

V まとめ

農地での土壌流出は、人間が営農活動を行うために起こる。この営農活動に伴う土壌流出の直接的な原因となっているのが畑の構造と作物の栽培方法である。それぞれの原因に対してハード面とソフト面的な対策がある。

これまでは、ソフト面だけの対策が強調されてきたが、畑の構造そのものの原因による土壌流出も多く、ハード面的対策の必要性がでてきている。

1. 畑構造に問題がない場合

(1) 作物管理Cと保全的耕作Pを組み合わせることにより、主要作物の土壌流出量を許容侵食量(12t/ha/年)以下に軽減することができる。

(2) 畦畔等の設置は土壌流出対策として極めて有効であ

表7. ハード面的対策による土壌流出量の推定値。

(流出量: t/ha/年)

	LS	C	P	流出量	対策
パイン	3.00	0.80	1.00	645.8	なし
(1年目)	0.50	0.80	1.00	107.6	圃場整備
	0.50	0.80	0.27	26.2	等高線+古株更新
	0.50	0.10	1.00	13.5	マルチ
	0.50	0.10	0.27	3.6	マルチ+等高線
キビ	3.00	0.68	1.00	549.0	なし
	0.50	0.68	1.00	91.5	圃場整備
(夏植え	0.50	0.32	1.00	43.1	輪作、カバークロップ
1年目)	0.50	0.32	0.10	4.3	輪作+等高畦
	0.50	0.09	1.00	12.1	マルチ
	0.50	0.09	0.10	1.2	マルチ+等高畦

※流出量 R=897, K=0.3

L S=3.0 傾斜10度, 斜面長20m

L S=0.5 傾斜3度, 斜面長20m

例 対策なしの場合 流出量=897×0.3×3.0×0.8×1.0=645.8

る。特に休閑期の裸地期間に積極的に活用することが望まれる。

(3) 有機物の施用は、その直後でも土壌流出量を40~50%減少させる効果がある。土壌の団粒化が進めばさらに減少効果が期待できるから、他の営農的対策と組み合わせて行うことが必要である。

(4) ソフト面的な対策はこれまでも多くの研究が行われてきたが、農家への普及には至っていない。これまでの経験から、環境問題だけでなく、いかにコスト減や省力化を同時に図るか、普及に向けた大きなカギとなっている。

(5) 将来的には、サトウキビやパイン畑などでのミニマムティレッジとバガス（有機物）の土壌還元を組み合わせた栽培体型の確立が急がれる。

2. 畑構造に問題が有る場合

(1) 営農的な対策で解決するのは難しく、根本的な畑構造の改善が必要である。

(2) また、土壌流出に強い農地を造り出すためにも、圃場整備のあり方について、改めて検討する時期に来ている。そのための研究や研究機関の強化が必要である。

VI 参考文献

- 1) 沖縄県企画開発部 (1997) 土地対策の概要97 : pp. 13-14.
- 2) 沖縄県農林水産部 (1997) 農業関係統計 : pp.14.
- 3) 農林水産省構造改善局計画部 (1992) 土地改良事業計画指針, pp.158-171.
- 4) 比嘉榮三郎・大見謝辰男 (1995) 農地からの赤土砂流出量の子測。圃場と土壌, 27 : 35-41.
- 5) 比嘉榮三郎・大見謝辰男・花城可英・満本裕彰 (1995) 沖縄県における年間土砂流出量について。沖縄県衛生環境研究所報, 29 : 83-88.
- 6) 比嘉榮三郎・大見謝辰男・花城可英・満本裕彰 (1996) パインアップル畑からの土砂流出量について。沖縄県衛生環境研究所報, 30 : 87-92.
- 7) 比嘉榮三郎・大見謝辰男・仲宗根一哉・満本裕彰 (1997) 沖縄県における各種作物の作物係数。沖縄県衛生環境研究所報, 31 : 147-151.
- 8) 沖縄県農業試験場化学部土壌保全研究室 (1981) 土壌保全試験成績書, pp.16-18.
- 9) 比嘉榮三郎・大見謝辰男・花城可英・満本裕彰 (1996) 濁水による地下水汚染と流域解析。沖縄県衛生環境研究所報, 30 : 93-97.
- 10) 岩本保典 (1995) 飯田高原の火山灰土野菜畑における土壌侵食の実態と対策。土壌の物理, 71 : 31-36.
- 11) 琉球農業試験場 (1960) パイン畑の土壌侵食防止試験。1960年度業務行程。
- 12) 沖縄県農業試験場化学部土壌保全研究室 (1998) 農地からの細粒赤土流出防止技術の確立。平成8年度土壌保全試験成績書, pp.31-32.
- 13) 翁長謙良・宜保清一・楊建英・呉屋昭 (1995) 有機資材混入による侵食抑制効果について。農業土木学会九州支部講演集, 76 : 253-256.
- 14) 沖縄県農林水産部 (1995) 沖縄県野菜栽培要領, 257pp.
- 15) 沖縄県農林水産部 (1997) 甘蔗糖副産物資源化調査事業報告書, 103pp.