

琉球大学学術リポジトリ

赤土流失防止と農地及び水利用

メタデータ	言語: 出版者: 沖縄農業研究会 公開日: 2009-01-29 キーワード (Ja): 赤土流失, 土壌流亡, 土壌保全対策, 水田造成, 田畑輪換 キーワード (En): 作成者: 大屋, 一弘 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/0002015396

赤土流失防止と農地及び水利用

— 沖縄農業における土壌保全への提言 —

大 屋 一 弘

(琉球大学農学部)

Kazuhiro OYA : Soil Conservation and Use
of Land and Water—A proposal for soil
conservation in Okinawan agriculture—

1. はじめに

沖縄の経済発展には観光立県を目指す、或いはリゾート構想の推進が必要などと言われて久しい。これは地域の活性が人の流れに負うことが大きいので、人の動きを沖縄へ引き込もうとすることにほかならない。

観光或いはリゾートのため沖縄を訪れ度くなる条件は何であろうか。素人的に考えられる事は順不同に、人(言葉)、自然、施設、食べ物、ショッピング、交通、名所・旧跡(戦跡)、安全性などであろう。これらの条件のうち最も特色を強調できるのは沖縄の自然ではないかと考える。但し青い海、青い空だけでは魅力を感じる年齢層に限りがあり不十分であろう。また青い海を眺め、戦跡を見てショッピングという点と線の観光コースのみでも再び訪れ度いという気持ちを起こし得るかどうか疑問である。

人々の長期滞在或は再来訪を誘うためには観光及びリゾートを点と線型から面型に広げる必要がある。そのためには青い海、青い空に加え、陸上においても沖縄の熱帯・亜熱帯的風物を整えなければならない。自然風物・景観の大部分は農業と係わることになる。青い海や熱帯植物があっても土地が痩せ、栽培作物(農業)が貧相であっては絵にならないわけである。

前置きが長くなったが、粗放型から集約型への転換
沖縄農業 第24巻 第1・2併号 1989年

が迫られる情勢下でしっかりした農業を行うために土壌と水の重要性は高まる一方である。沖縄の自然条件は観光やリゾートに良いとは言うものの、土壌にとっては過酷であり、生産性は容易に低下し易い。生産性低下をもたらす最大要因として土壌流亡(赤土流失)があり、さらに栽培作物選択の面から水資源確保利用の問題がある。

ここでは沖縄の自然風物・景観に農業の果たす役割が大きいことを念頭に置きながら、農業における土壌流失防止、そのための農地利用方式や水利用などについて日頃考えていることを述べ、識者の論議を仰ぎたいと思う。

2. 土壌流亡の現状

(1) 土壌流亡の問題点

沖縄の丘陵・山地は主に赤色～黄色土壌で覆われているが、そこにおける道路整備、農地利用、各種施設構築など、自然を攪乱する人間の行為が主因となって降雨時には赤色～黄色の土砂が丘陵山地から河川へ、更に海へと流出する。土砂流出に伴う河海水の濁り、或は生成堆積物は赤褐色で、まさに赤土流出であり、世界的に問題となっている土壌流亡の一局面である。

土壌流亡は土壌資源の喪失(土地生産性の低下)、地形変化(土地利用効率の低下)、河川やダムの埋没

(河川・ダム機能損傷), 海域汚染(浅海生態系への悪影響, 生産性低下及び景観劣化)など, 多方面に計り知れない問題を引き起こすことになる。

(2) 世界における土壌流亡

土壌は地質(母材), 地形, 気候, 生物(主に植物)など自然の営力が永年にわたり作用し合って出来た自然体(natural body)であり, それなりにバランスのとれた安定度で存在しており, 流亡は起こり難いものである。しかし世界的な人口増が衣・食・住の需要を拡大しており, その需要を満たすための原料生産及びレクリエーションその他の必要性から, 土地利用の面積拡大と時間的集約化などややもすると自然の摂理を越えた土壌攪乱が行われつつある。その結果土壌流亡が激化し, 世界的にも問題となっている。

EL-Swaify 及び Dangler³⁾ がまとめたものによると, 世界の各大陸における土壌流亡の程度は表1に示す通り莫大である。土壌流亡がアジアと南米大陸で大きいのは, これらの地域における降雨の性質や地形にもよるであろうが, 焼畑農業が広く行われていることが^{8,16)} 主な原因と考えられる。

表1 各大陸における土壌流亡

大陸	面積 (10 ⁶ km ²)	土壌流亡量 (10 ⁶ t/年)	土壌流亡量割合 (t/km ² /年)	土壌流亡量割合 (t/ha/年)
アフリカ	29.81	1,401.1	47.0	0.47
アジア	44.89	7,451.7	166.0	1.66
オーストラリア	7.96	255.5	32.1	0.32
ヨーロッパ	9.67	415.8	43.0	0.43
北米及び中米	20.44	1,492.1	73.0	0.73
南米	17.98	1,672.1	93.0	0.93
計	130.75	12,688.3		

(EL-Swaify & Dangler, 1982)

表1における各大陸の土壌流亡量割合は面積に対する平均的なものであり, 土壌の深さに換算するとミリメートルのオーダーでしかない。しかし実際には土壌流亡は局所的に起こるものであり, その土地に及ぼす損害は甚大である。世界における127億トンの流亡土壌量は沖縄県全島面積2,250km²の深さ約5.6mに相当する。すなわち全体で毎年沖縄の島々が5.6mづつ低くなる程

莫大な流亡があるわけである。

(3) 沖縄における土壌流亡

沖縄では雨が降ると, 北部の河川や海岸が赤褐色に濁ることが多い。これは疑いなく土壌が流亡している証拠であるが, どの程度の流亡があるか測定例を挙げると次の通りである。

- 1978年12月9日源河川流域(流域面積17km², 流域内裸地・畑地等は流域面積の10%以下)に70mmの降雨があったとき, 約5時間で3,000tの土砂が流出した¹⁰⁾。この流失土砂量は流域の裸地・畑地等を1.7km²とすると, 1ha当り約18tとなる。
- 1981年金武町屋嘉の造成農地(傾斜約4%(2.3度)のサトウキビ植え付け後約2カ月間における土壌流失量(ガリーの大きさより計算)は造成区上方の畑で6.2t/ha, 下方の畑で134.1t/haであった¹²⁾。
- 1984年名護市天仁屋における測定では, 8月9日~30日に約290mmの降雨があったとき, 造成サトウキビ畑(傾斜5度)の1圃場(サトウキビによる被度約70%)では75t/ha, 他の圃場(サトウキビによる被度約40%)では185t/haの土壌が流失した¹¹⁾。

以上のように, 沖縄では場所により短時間に莫大な土壌流亡が認められる。土壌流亡に伴い養分も流失するわけであるから, 生産性の低下は避けられない。また甚だしい場合は農地基盤そのものの崩壊を招くことになるので, 土壌の保全には真剣に取り組まなければならない。

3. 土壌流亡に関係する因子

(1) 土壌侵食の要因

侵食による土壌流失量は一般に次の土壌侵食予測式(Universal soil loss equation)によって示される。

$$\text{土壌侵食量}(A) = R \times K \times L \times S \times C \times P$$

R: 降雨特性 K: 土壌特性 L: 土地の傾斜長
S: 傾斜度 C: 被覆 P: 土地及び土壌に対する人為作用(利用・管理等)

すなわち土壌流亡は、降雨、土壌、傾斜長及び傾斜度、被覆度、土地及び土壌管理などの因子が相互に作用し合った結果として表れる。

(2) 降雨因子

土壌の流亡現象は地表における水の動きが起動力となるわけであるから、その水を生じる降雨（R）は侵食性のある能動的な因子と考えられる。侵食性との関連における降雨特性は一般に降雨侵食指数 EI_{30} （ E ＝降雨エネルギー、 I_{30} ＝30分間の降雨強度）で表される。沖縄の雨はいわゆる土砂降りの場合が多く、侵食指数は極めて高い。従って土壌は常に侵食の危険にさらされている。

(3) 土壌因子

土壌は侵食に対して受動的に存在し作用するので、降雨とは対象的である。土壌特性のうち侵食と密接に関係するのは浸透能、分散性で、沖縄の土壌についてもこのことは確認されている。⁵⁾

a. 土壌の浸透能

土壌の浸透能が降雨強度を上回る場合、雨は全て土壌に浸透し余剰水が生じることはなく、又土壌表面を流去することも無い。土壌の浸透能は土壌を構成する粒子の精粗（土性）、土壌粒子が集まって形成される粒団（土壌構造の発達度）、及び土壌の硬さ（緊密度）などによって左右される。

一般には土性の細かい埴土より土性の粗い砂土において水の浸透が良い。これは我々がよく経験することである。しかし土性が中程度の場合（例：埴埴土、砂質埴土など）は必ずしも埴土より浸透が良いとは限らない。埴土には粘土が多く、これが土壌構造を作るため浸透がかなり良い場合がある。

土壌の緊密度が高いとそれだけ水の通る間隙が少なく、浸透は悪くなる。緊密度は土性や構造にも影響されるが、最も関係が深いのは腐植及び植物根など有機物含量であろう。有機物が多いと緊密度は下がり浸透能が向上する（表2）。

表2 ピートモス混合による土壌浸透能の変化

土 壤	礫含量 (粒径2mm 以上, %)	粘土含量 (粒径2 μ 以下, %)	土性	ピートモス混合割合(対乾土%)			
				0	1	2	4
				浸透係数 (cm/sec $\times 10^{-4}$)			
国頭マージA	1	63	重埴土	2.1	2.6	6.1	12.0
国頭マージB	30	30	軽埴土	0.5	0.7	1.7	4.0

(大屋 1987)

土壌の浸透能を土地利用状況で比較すると、一般に、林地>採草地>畑>放牧地>裸地の順となる。¹⁷⁾

b. 土壌の分散性

分散性も侵食（受食性）と大きく関係する。これは水滴の衝撃及び水飽和により土壌粒子が分散する性質である。分散しやすい土壌では耐水性団粒も少ないし、土壌粒子の分散により土壌構造（特に表土）の孔隙がふさがれ、透水性が悪くなる。

土壌の耐食性は分散率や耐水性団粒含量などで比較されるが、分散率5.2～15.1のものは耐食性土壌、13.0～66.0は受食性土壌とし、また1mm以上の耐水性団粒が

50%以上は耐水食性大、50～25%は中、25%以下は小とする分け方がある⁷⁾。沖縄島北部土壌の分散率は受食性の範囲に入るものが多く¹⁸⁾、団粒化度（耐水性団粒）と分散率は負の相関関係にある。

一般に腐植、酸化鉄、カルシウム、粘土などが多いと耐水性団粒（構造）がよくできるといわれる。²⁾

(4) 土地の斜面長

土地の斜面が長いとそれだけ表面流去水の量が増え、土壌侵食の危険性は大きくなる。岡山県においてアカマツ天然生林の斜面長40m、幅20mの試験区で斜面長の10、20、30、40mを伐採したとき、年間侵食土量比は

伐採しない場合(年間0.35t/ha)を1とするとそれぞれ2, 3, 6, 10であった¹⁷⁾。これは森林による被覆及び伐採面の斜面長が侵食に与える影響の大きさを示すものである。

(5) 土地の傾斜度

土壤侵食は地表に流去水が生じることにより起こるわけであるが、流水の作用には侵食、運搬、堆積などがある。土地の傾斜度が大きいと流速が増し、侵食と運搬作用が大きくなり、逆に堆積作用は小さくなる。流水が運搬する土壤粒子の大きさは流速のおよそ2乗の割合で大きくなる⁶⁾ので傾斜度の僅かな変化によって流出土量は著しく左右される。

急傾斜地より緩傾斜地において激しい侵食が観察されることがある。これは雨滴の運動エネルギーが急傾

斜面より緩傾斜面において大きいと説明される。一般に傾斜20度位までは土壤侵食が急激に大きくなり、20~40度では侵食上昇カーブはやや緩やかになり、40度から90度に向かうと侵食上昇度は次第にゼロに近くなるようである¹⁾。

(6) 土地の被度

土地(土壤)が樹木、草、作物その他で覆われるとき、土壤侵食の程度は裸地よりはるかに小さい。岡山県の造成緩傾斜畑における調査によると、侵食の強弱は傾斜度や斜面長よりも植物による被度とに密接な関係が認められた¹⁷⁾。表3は同調査における被度と流亡土量との関係を示したものであるが、土地の被度が土壤侵食抑制にいかほど重要であるかが解る。

表3 植物による被度と土壤流亡量

被覆植物	1976年		1976年		2か年間平均 流亡土指数
	(降雨 1,537mm)		(降雨 987mm)		
	平均被度	流亡土	平均被度	流亡土	
	%	(t/ha)	%	(t/ha)	
裸地	0	12.40	0	2.96	100
赤松	30	1.70	45	0.51	15
赤松(リター)	95	0.82	95	0.15	6
トールフェスク	70	0.53	85	0.03	3
バーミュダグラス	80	0.31	95	0.01	2
ミカン	55	2.09	70	0.42	17
茶	55	1.25	65	0.22	10

(産業技術会議 1981)

4. 土壤保全の土地利用方式

(1) 人為作用の抑制

土地の傾斜面における伐採、開墾、栽培、溝掘り、テラス作りなどの人為作用は、土壤侵食に対して能動的側面があると考えられる。土壤侵食は、傾斜面における流去水の発生に起因するものであるから、流去水が出ないように自然の被覆物を残し、土壤の侵透能を保つようにしなければならない。そのためには自然の森林、草木などの伐採、刈り取り、或は開墾その他、土壤

攪乱を伴う人為作用を一切加えないことであろう。

しかし現実には農業開発その他必然的理由により、自然の傾斜地に手が加えられることになる。そこで改善の策として最も効果的の侵食防止・土壤保全手法を考え、それを最大限に適用する必要がある。

(2) 水田の造成

傾斜地を農地開発に利用しなければならないとき、土壤保全の面から第1に水田の造成を考えるべきであろう。

水田造成にはテラス作りと地表の均平化及び湛水が必要となる。テラス面の均平化は傾斜度をゼロにして流去水の発生を抑えることであるし、湛水は地表面に水の被覆を設け土壌を雨滴の衝撃から守り、土壌の分散・流失を防ぐ。水田の土壌保全機能は畑に比べはるかにすぐれており、同時に畑で問題となっている地力劣化も水田ではあまり問題とはならない^{15,19)}。

水田造成は昨今の水田減反政策に逆行するとばかりは言えない。何故なら水田作物必ずしも食用米とは限らないからである。水田＝食用米という図式ではなく、水田＝水生作物と考える事である。水生作物という術語があるかどうか知らないが、この中で筆頭に飼料米が考えられる。飼料用イネが水田減反政策のなかでどのように取り扱われるのか調べる必要があるが、なんとかして作れないかと考える。土壌保全上の水田利用もさることながら、食料事情が逼迫する恐れのある将来に向け、稲作技術を培っておく必要を感じるからである。

沖縄で栽培経験のある水生作物には、ミズイモ、イグサ、マコモ、クレソン（オランダミズタガラシ）、エンサイなどがあるが、新作物の探索も含めて水田利用のため水生作物の研究を関係者に要望したい。

また湿潤熱帯性気候のもとで高度な農地利用と安定生産を目指すために、水田を利用した田畑輪換或は輪作体系を取り入れる必要がある²⁰⁾。

（3）改良 Zingg テラス法

水田造成には水利その他の条件が悪く、止むなく畑地造成を行なうとするなら、できるだけ傾斜の緩い畑を作ることである。沖縄県内では宮古地区以外は平地が少ないが、特に赤土流出がみられる本島北部地区では面積の約3分の2が8%（4.6度）以上の傾斜となっている⁴⁾。このようなところで農業機械の作業効率にとらわれて区画の大きい圃場を造成するとすると、勢い大量の土砂を動かすことになり、それが土砂流出の元凶となる。従ってあまり土砂を動かさずに平坦に近い圃場を作るには区画を狭めざるを得ない。大区画農法は平坦地が広く雨の少ない大陸で発達したものであり、

もともと沖縄の地形、気候条件に合うものではない。

沖縄の気候・土壌条件下で耕地の土壌保全効果を上げる方法として、同一耕区内に帯状の平坦区と緩傾斜区を組み合わせる改良 Zingg テラス法が提案されており¹⁰⁾、その適用が期待される。

土壌保全に向けた畑の管理、耕種技術については土壌被覆（マルチ）を中心に考えなければならない。この事については別に論じた¹⁴⁾のでここでは割愛する。

5. 水資源の確保と利用

農地の水田利用が土壌保全の適策であることを前に述べた。イネ1作には約1,500t/10aの水が要ると言われるように、水田利用には大量の水が必要とされ、この水を如何に確保するかが問題となろう。大きな河川の少ない沖縄で水田を作るとそれに10a当り1,500tの割合で水を供給することは困難に思われるかも知れない。しかし沖縄では年間2,000mm以上の降雨があり、これを10a当りに換算すると2,000tの降雨となる。従って問題はこれだけ大量の降雨を如何に効率良く貯溜出来るかによる。

農地開発が盛んな本島北部の地形は丘陵・山地が多いが、一方で浅谷、狭谷も多い。これら多数の小谷に堰を設け貯水池とし、また水田そのものの雨水貯溜機能を合わせると降雨のかかなりの部分が貯溜確保出来る筈である。

更に下水処理水の利用も考えてはどうだろうか。県内には多数の下水処理場があるが、規模の大きいものを挙げると那覇下水処理場で1日約10万t、伊佐浜で約9.5万tの処理水が放流されており⁹⁾、両処理場のみでも年間7,000万t以上（5万ha弱の水田要水量相当）の処理水が得られる。これを本島北部に送水して水田用水を補えば、北部の農地保全に役立つし、同時に飲料水を北部のダムに依存している中・南部との互恵関係が生じ好ましいことと考える。

沖縄県に於ける農業生産は花き、果樹、施設栽培など水利用度の高い分野で伸びつつあり、土壌保全問題を離れても今後益々水資源の確保、利用等に意を払う必

要が生じるであろうから、ここで提案した雨水貯溜や処理水送水の技術上の問題に関し専門の方々の調査・研究を期待するものである。

6. おわりに

農業関係者の間では、農業の生産性向上に土作りが重要との声は大きい。当を得た認識であり心強く思う。しかし一方で土壤保全対策をおろそかにしていたのでは島しょ沖縄のバランスある発展は望めない。土壤(赤土)流亡・流出がもたらす損害は多方面にまたがりかつその程度は計り知れないからである。またいつの日か農業に必要な土壤そのものが無くなってしまう恐れがある。土作りをしようにも土がなくなればどうしようもない。

土壤流亡を防ぎ土を作れば、よい作物が出来ようし、結果的には内外に誇れる農業(絵になる景観)となるであろう。そのため土壤保全策として大胆に農地の水田利用(水生作物栽培)、或は田畑輪換利用、及び水確保・利用策について論じた。識者の一考を期待したい。

参 考 文 献

- 1) Cheng, N. C. 1982. Erosion problems associated with cultivation in the humid tropical regions. In Soil Erosion and Conservation in the Tropics, p. 27-39, ASA Special Pub., No. 43.
- 2) Donahue, R. L., R. W. Miller, & J. C. Shickluna 1983. Soil: An Introduction to Soils and Plant Growth. p. 52, 117, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- 3) EL-Swaify, R. L. & E. W. Danglar 1982. Rainfall erosion in the tropics: A state-of-the-art. In Soil Erosion and Conservation on the Tropics. p. 1-25, ASA Special Pub., No. 43.
- 4) 国土庁土地局 1977 土地分類図付属資料 土地分類図47(沖縄県)
- 5) 国吉 清 1987 土壤侵食(水食)の要因解析, 特に沖縄土壤の受食性について, 第1報 土壤の受食性と物理的性質. 沖縄県農試研究報告, 12: 53-64.
- 6) Leet, L. D., & S. Judson 1961. Physical Geology (2nd ed.). p. 69, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- 7) 三井進午監修 1970 最新土壤・肥料・植物栄養学辞典 p. 167, 博友社, 東京.
- 8) Nye, P. H. & D. J. Greenland 1960. The Soil under Shifting Cultivation. pp. 146, Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, Bucks, England.
- 9) 沖縄県環境保健部公害対策課 1989資料.
- 10) 翁長謙良 1987 土壤侵食の要因と土砂流出抑止対策 翁長謙良編 赤土流出機構及び流出防止対策に関する調査・研究, p. 19-31, (財)沖縄協会.
- 11) 翁長謙良・吉永安俊 1986 赤土流出機構及び流出防止対策に関する調査・研究報告書, 86pp, (財)沖縄協会.
- 12) 大城喜信 1978 土壤侵食調査. 丸杉孝之助編 昭和56年度赤土流出機構調査結果, p. 45-52, (財)沖縄協会.
- 13) 大城喜信・渡久山章 1981 山地開発とエロージョン. 「東アジアの水と農業」 国際シンポジウム実行委員会編 東アジアの水と農業国際シンポジウム論文集 p. 154-164.
- 14) 大屋一弘 1987 土壤流亡と土壤管理 翁長謙良編 赤土流出機構及び流出防止対策に関する調査・研究, p. 10-18, (財)沖縄協会.
- 15) 佐久間敏雄 1988 土壤侵食と保全対策—その西と東—. 科学58(10): 624-630.
- 16) Sanchez, P. A. 1976. Properties and Management of Soils in the Tropics. p. 346-412, John Wiley and Sons, New York.

-
- 17) 産業技術会議 1981 農林漁業の環境保全. p. 41, 58, 86, 農林調査会, 東京.
- 18) 渡嘉敷義浩・志茂守孝・大屋一弘 1982 国頭マージ地域における流出赤土の粘土鉱物と 2, 3 の理化学性について. 琉大農学報, 29 : 7~18.
- 19) 山根一郎 1975 日本の自然と農業. p. 196-208, 農文協, 東京.
- 20) 吉田武彦 1982 水田軽視は農業を滅ぼす. p. 183-219, 農文協, 東京.