

琉球大学学術リポジトリ

沖縄における赤土等流出の経緯と対策

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): 赤土流出, 土壌保全, 土壌流出防止 キーワード (En): Red soil loss, Soil conservation, Soil loss control 作成者: 翁長, 謙良, 米須, 竜子, 新垣, あかね, Onaga, Kenryo, Komesu, Ryuko, Arakaki, Akane メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/3666

沖縄における赤土等流出の経緯と対策

翁長謙良*・米須竜子**・新垣あかね***

Kenryo ONAGA*, Ryuko KOMESU** and Akane ARAKAKI*** :
The Outline of Red Soil Loss and Erosion control
Measure in Okinawa

キーワード : 赤土流出、土壤保全、土壤流出防止

Key words : Red soil loss, Soil conservation, Soil loss control

Summary

On the basis of collecting and analyzing the researches on loss of red soil etc., the soil loss and its impact and annual discharge were discussed here in this paper, then the historical outline of red soil loss had been reviewed, soil erosion countermeasures are suggested. The main opinions could be briefly summarized as following.

The red soil loss impacts so many aspects of human life, including physical events such as damage to traffic line and farmland, moral events just like deteriorating coast landscape, and biological events for instance of influencing substrate organism in river and sea.

Although the history of soil erosion and conservation could be divided into four ages, i.e. shifting cultivation age before 17 century, Saion age in the middle of 18 century, age of cultivating the mountainous area (Somayama, national forest stands) from 1920 to 1930, and the age from 1950 to present time, it is better to be divided into 6 ages in considering of the proposal of Gaja in 1943.

Rapid development of farmland brought up serious soil losses. The physical erosion control countermeasures are being conducted since implementing the SOIL LOSS PROTECTION REGULATION (1994).

After implementing the REGULATION, soil erosion control measures are undertaken, and soil losses greatly declined too in the developing project, which was considered as the main factor caused erosion historically. Generally speaking, soil erosion countermeasures include engineering and agricultural measures. As to engineering measures, the following measures

*琉球大学農学部生産環境学科

**琉球大学大学院農学研究科

***沖縄県庁農林水産部 46 : 71~82 (1999)

could be suggested, such as designing the optional form of farmland plotting on basis of USLE, setting diversion ditch in every tillage plot when arranging the drainage canal and diversion ditch, making the farmland gradient gently, scale of the settling basin and the diversion of fresh and muddy water when choosing the allocation method of soil catch facilities (i.e. settling basin); Within the agricultural measures, mulching and minimum tillage could be considered as effective soil erosion control methods.

緒 言

沖縄県では、1950年代後期のパイナップル導入に伴い、沖縄農業史上かつてない程の規模と速さで農地開発が行われた。また、本土復帰に伴う沖縄振興開発計画、リゾート開発等に加え、沖縄特有の土壌・気候によって赤土等が県内各地の海域に流出し、観光業・漁業・サンゴなどの生態系への影響が指摘されている。

土壌流亡は土壌資源の損失、地形の変化、河川やダムの埋没、海域汚染など、早急に解決を迫られる、重大な問題である。

本研究では、これまでの赤土等流出防止に対する研究を振り返り、土砂流出が流域環境や生態系に及ぼす影響や赤土等の年間流出量等を考察し、これまでに施された赤土等流出の歴史的経緯を追究することによって、土砂流出防止対策に資することを目的としている。

赤土流出の及ぼす影響

本県において、土砂が陸域から海域に流出することによって農業や漁業、生物の生態系に悪影響を与えることがよく言われている。土砂流出の影響は図1に示すように様々である。例えば、道路や水田、海岸が埋まってしまうという物理的面、山や海が真赤に汚されて景観を破壊してしまうという精神的面、さらに年月を経て現れる生物的面等がある。これらの影響については、次のような様々なものがあり、多くの報告がなされているが、本稿ではその中のいくつか(括弧内)についての紹介に留める。

- 1) 農地及び森林に与える影響・・・(1)
- 2) 河川及びダムに与える影響・・・(2)(3)
- 3) 道路及び宅地に与える影響・・・(1)
- 4) 陸生植物に与える影響・・・・・・(1)
- 5) 沿岸域に与える影響・・・・・・(1)
- 6) 海生生物に与える影響・・・・・・(3)(4)(5)(6)
- 7) 漁業に与える影響・・・・・・(4)(6)
- 8) 観光に与える影響・・・・・・(7)(8)

- (1) 沖縄県環境保健部(1991年): 赤土流出防止対策の手引き
- (2) 沖縄総合事務局(1990年): 総合赤土砂対策検討業務(巻末資料)
- (3) 池原貞雄編(1981年): 琉球列島における島嶼生態系と、その人為的改革(Ⅱ)
- (4) 沖縄県(1978年): 昭和52年度水産庁委託事業・赤土流出による漁場の汚染状況調査報告書
- (5) 宜野座村(1984年): 赤土の流出—その理解と防止に向けて
- (6) 沖縄県(1979年): 昭和53年度水産庁委託事業・赤土の流出による漁場環境への影響調査報告書
- (7) 沖縄県観光文化局(1988年): 昭和63年度版 観光要覧

(8) 沖縄環境文化局（財）沖縄県環境開発公社：県内主要ビーチにおける赤土汚染実態調査報告書

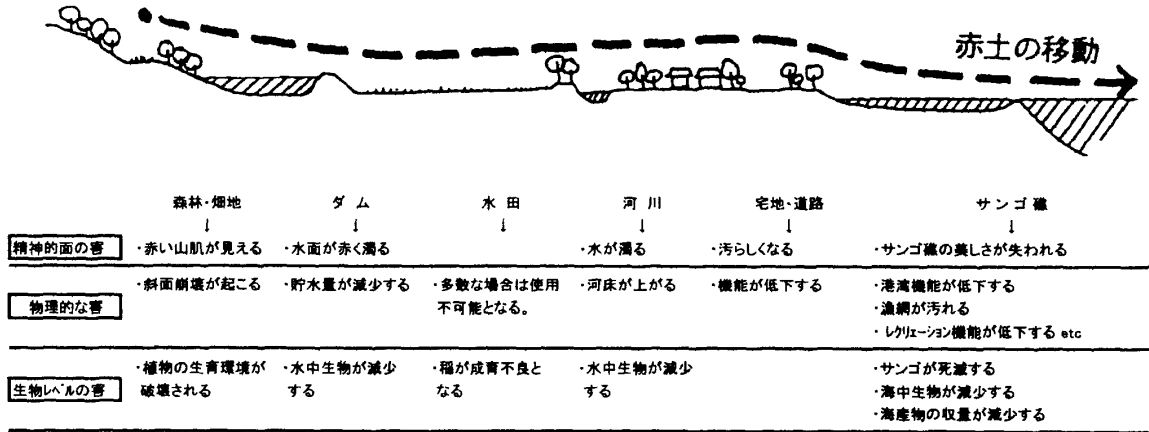


図1 赤土流出による影響
Fig. 1 Influence of red soil loss
出所：「赤土の流出—その理解と防止に向けて—」宜野座村（昭和59年）

沖縄の土壤侵食と保全の歴史的概観

1. 時代区分

沖縄における土壤侵食と土壤保全の歴史的経緯の概略は次の四つの時代、即ち、第一は17世紀以前の焼畑農耕時代、第二は18世紀半ばの蔡温時代、第三は明治初期の八重山の農地保全対策及び1920～1930年代の杣山（そまやま、官有林）開墾時代、第四は1950年代後期～現在までの時代と区分したが1)、第一を省いている時代区分もある²⁾。

以上の第三までの概観では、土壤侵食による河海への二次災害については昭和20年代まで記録に見ることはないとしてきたが³⁾、昭和18年、当時の沖縄県立農林学校教諭我謝栄彦氏は、「本県における細土流出量の調査およびその対策」と題して新聞紙上に提言している⁴⁾。我謝はその提言の中で、「本県の土壤は浸透性に乏しく、降水量の大部分が土壤面を洗い去り、その細土を混流して、果ては濁水滔々として河に流れ込み海に持ち去られる。」と指摘し、本県における細土流出量が膨大な量であることを先づ調査し、防止の対策を考えた。このことから、本稿においては、これを第四の時代とした。この時代は各方面への細土流出に対する関心は極めて浅く、我謝は「防止対策を怠ったら耕土細土は次第に減少して遂に地力衰退し、地力が衰退すれば土壤の生産力減退を来し、生産量減退すれば食料増産に支障を来すことは論ずるまでもない。」と、緊急に対策を講ぜねばならないと警鐘を鳴らしている。したがって、歴史的経緯の時代区分を1950年代後期～現在までの時代を第五の時代とした。第六の時代はこれからの21世紀であり、現在の主要作物のサトウキビ、パインに野菜や花卉などの作目を加えた多様化農業を展開する亜熱帯の特性を活かした新しい農業経営に対応し、かつ環境保全を考慮に入れた農地保全が望まれる。(図2)

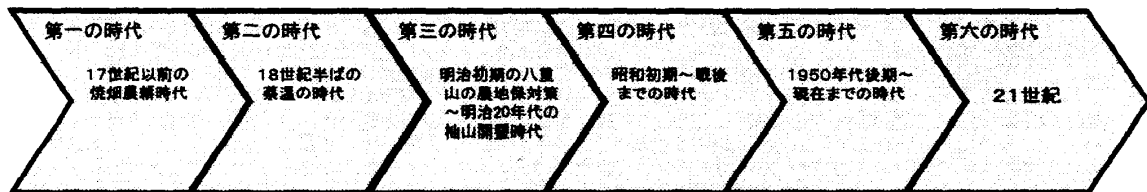


図2 沖縄県における土壤侵食と土壤保全の時代区分
Fig. 2 Historical stage of soil erosion and conservation in Okinawa

2. 歴史的経緯

沖縄県における赤土流出は、かなり古い時代から発生しており、18世紀前半の“蔡温”はすでに土砂流出に対し、かなり気を使っていたことがいわれている。しかし、この時代の土砂流出は、その流出源の土地へのインパクトが極めて弱く、いわゆる自然侵食的なものであり、土壌の風土生成と流出は自然界でバランスを保ってきたものと思われる。このような自然侵食に人為的インパクトが加わることで加速侵食が発生し、自然界のバランスを崩す人為的な開発によって土壌の侵食（流出）が加速されるのである。

沖縄の赤土流出は1950年代後半のバインブームによる畑の造成が始まりであり、1954年に沖縄本島と八重山諸島で合わせて89haであったバインアップル栽培面積は、1957年に20倍以上、1967年には5,380haで、約60倍となり沖縄農業史上かつてない規模と速さの造成であった。そして、1960年前後は米軍基地の建設が相次ぎ北部の森林地域を中心とした演習地と人口集中の著しい中部地域で飛行場、弾薬庫、宿舎、住宅等の施設建設が増加した。

これまでは、復帰以降に行われた開発が、赤土流出の急激な悪化をもたらした原因として取り上げられていたが、前項に述べたように我謝の提言より昭和18年代においても著しい被害が見うけられる。復帰以降に行われた開発は、それに拍車をかける結果となり、赤土汚染は深刻な社会問題へと発展した。

そこで、土壌流出が今日の社会問題となるまでの経緯について、さらにその主な事象について以下に示す⁵⁾。

1971年に沖縄の実情に即した国の財政援助措置と産業の振興開発の方策を講ずることを図った沖縄振興開発特別措置法が設立され、翌1972年の本土復帰に伴い、特別措置法に基づく沖縄振興開発計画によって現在に至るまで北部地域でのダム建設、河川改修工事等の治水事業や県内各地での大小規模の道路整備等が実施されている。また、過去27年間の米軍統括下における農業基盤整備の立ち遅れを取り戻すため県内各地において大規模な土地改良、圃場整備、農地開発、農林道整備等の整備開発が他の大型公共工事とほぼ同時期に集中的に、かつ急速に実施され現在に至っている。さらに、これら各種大型公共事業に加えて民間企業等による設備投資・資本投資も急速に増加し、1974年～1976年の期間中には1975年の沖縄国際海洋博覧会開催年をピークにリゾートホテル、ゴルフ場等のレクリエーション施設等の建設が増加し、その後、1976年～1983年の全国的な景気低迷後の内需主導による景気拡大や1987年の総合保養地域整備法の施行に伴って、再びリゾートホテル、ゴルフ場等の大型観光レジャー産業関連施設の開発建設の増加や人口増加による宅地造成開発および米軍演習場内の戦車道・訓練施設建設等が加わって、沖縄県内の赤土流出による汚染は加速度的に広がっている状況である。

赤土等流出防止対策

赤土等流出問題の対策については、歴史的経緯と比較しながら検討を行う。

先にも述べた第二の時代における蔡温は、土壤保全、管理に対しかなり配慮していたことは、その当時の「農務帳」（1734年）の地面格護（農地保全の意）に見ることができる。その内容は、畠の溝を長溝にすると排水の効果が少ないため、横溝を掘って水を曲折させ、横溝二三間ごとに水よどみをこしらえ、そこに表土を沈澱せしめ、後にそれを流出した畠に戻すというもので、これを“イフ返し”という。

明治期の杣山開墾時代においては、明治政府の糖業政策の影響もあって、杣山の開墾事業はますます盛んになり、森林の乱伐による荒廃状況を生み出し、農民の生産基盤を破壊する由々しき問題を引き起こす結果となったが²⁾、昭和初期段階におけるまで、特別な対策が施されることはなかった。しかし、昭和20年代のバインブームによる急激な畑地造成が行われ、さらに道路や住宅、基地建設等の施設が増加することによって、土砂流出が著しいものとなり、赤土等流出への対策が迫られた。

赤土等流出防止対策の歴史的経緯は、表1に見るとおりだが、主なものを列挙すると、都市計画法

(1968年)、沖縄県土保全条例(1973年)、恩納村地域開発指導要綱(1975年)、沖縄県公害防止条例の改正(赤土等の流出防止義務)(1976年)、石川河流域における赤土流出源実態調査の実施(1978年)、東村赤土等の流出汚染防止条例(1979年)、中城湾泥堆積状況を実施(1979年)、土砂流出防止対策基本方針(沖縄県農林水産部)(1980年)、赤土流出機構調査の開始(1981年)、宜野座村赤土等の流出防止条例(1982年)、赤土流出機構及び流出防止に関する研究(1984年)、「沖縄県赤土等流出防止対策連絡協議会」幹事会を開催(1987年)など、当初は流出状況を踏まえた条例等で対応してきたが、現在では調査・研究を基にした赤土等流出防止条例(1994年)で具体的な対応策が講ぜられるようになっている。

ハード的な対策方法の歴史的経緯は、蔡温の農務帳に見るような地面格護を嚆矢とするが、その後終戦直後までの対策は明らかにできない。1960年代の前半から工法的、農法的対策法が具体的に提言されてきたが、その方法は発生源での侵食抑止策を農法的に、高濃度の濁水流出阻止を工法的に対処する方法に集約できる。したがって、対策の経緯は上記の方法を如何に効率的、合理的に処理するかを追求した経緯である。それらの具体的な経緯は、別の機会に委ね、本稿では現在提言されている対策の一部を記述する。

その対策方法として、土木的方法と営農的方法が考えられる。前者においては、耕区の形状を検討し、農区外への土砂流出を抑制するために流域末端に土砂溜マスや沈砂池を設置する等の配慮が求められる。後者については、通常の営農活動の中でマルチングなどの表面被覆、作付様式の改善などを図ることが挙げられている。

1. 土木的防止対策

土木的な防止対策としては耕地組織の面から総合的に検討する必要がある。耕地組織には、構成単位として所有区、耕区、圃区がある。所有区は1農家が1団地以内に所有している区画であり、耕区は耕起、播種、刈取りなどの一連の機械作業の1単位となる区画で、圃区は道路、水路、防風林などの固定施設に囲まれた区画をいう。

1) 区画の形態

圃区の形状、大きさは作物、作業体系、経営条件などの観点から考える必要があるが、農地保全上から区画の形態を考える場合、圃区の構成単位となる耕区のディメンションが重要な意味を持つ。耕区の形状を決める際、長辺(等高線方向)の長さは作業体系、灌漑方法、農地保全、農地所有形態によって制約を受ける。また、短辺(傾斜方向)の長さは主として、農機の作業性、農地保全上の観点から決定される。この場合、畑面の勾配が重要な要素となる。これについては大略「畑面勾配の最大傾斜は栽培管理機械の利用と、農地保全を重視した観点からは緩傾斜ほど有利であるが、土工費の節約等経済性のバランスをとる必要から 5° (8.7%)以内を計画する。」との指針があるが、 3° (5.2%)でもかなりの土砂流亡が観測されている。

しかし、現在は造成勾配が殆ど 1.7° (3%)程度に仕上げる傾向にあり、勾配の問題は解決されつつある。侵食抑制上から耕区の短辺の長さを検討する場合には、農地保全と機械の作業性を考慮する必要がある。保全上は短いほどよいが、作業効率の点からは30m以上がよいとされている。

2) 排水路、承水路の配置

耕区の短辺を上記のようにしただけでは侵食問題は解決しない。圃区全体からの見直しが必要になってくる。圃区短辺の長さの制限は侵食防止上必要条件であるが、十分条件ではあり得ない。侵食要因が予期せぬ働きをする場合が往々にしてある。例えば、耕区界の承水路が等高線方向への排水機能を発揮できない場合には、決壊し傾斜方向へ水みちを作って流れ出す。水みちが縦道路に沿って形成されると、次々に承水路が決壊し圃区末端の横道路にも被害を及ぼすことになる。また圃場の傾斜方向いかんによっては縦道路に沿った集水路へ流入し、または集水路の取り付け部が洗掘される。

このようなことから耕地組織が侵食抑止対策に果たす役割は大きいと考えられる。これまでの調査結

表1 主な赤土流出の歴史的経過(1)
 Table. 1 Main historical process of red soil
 出所: 「赤土流出防止対策の手引き」沖縄県環境保健部(平成3年)

年代	主要な赤土流出の状況	主な汚濁地域	備考 (主な条例、行事等)
35 (1960)	・パイプームによる畑の造成が進み、赤土が海域に流出しだす	本島北部地域	
36 昭(1961)	・ベトナム戦争激化による米軍の演習地の建設に伴う赤土流出が見られるようになる(飛行場、弾薬庫、宿舎等の建設が相次ぐ)		
37 (1962)			
和 38 (1963)			
39 (1964)			
40 (1965)			
41 (1966)			
42 (1967)			
43 (1968)			
44 (1969)	・国道拡張工事、ゴルフ場開発、土地改良事業及び米軍都市型戦 闘施設内からの赤土流出により海域の汚染が始める	恩納村一帯	・都市計画法
45 (1970)			
46 (1971)			・沖縄振興開発特別措置法
47 (1972)			・本土復帰 ・第1次沖縄振興開発
48 (1973)	・農・林道、多目的ダム及び土地改良事業等による大型公共工事により赤土汚染が見られ、水源地等の汚染が生じた ・米軍基地及びその周辺において、実弾演習等による赤土汚染が見られ、水源地等の汚染が生じた	本島中・北部地域	・沖縄特別国民体育大会(春夏大会) ・沖縄県土保全条例
49 (1974)	・赤土流出による河川の汚染が進行、米軍基地からの土砂流出 ・戦車道、高圧道路工事、導水管敷設工事、各ダム工事及び宅地造成、土地改良事業等による各開発行事により、赤土流出が目立つ	辺野喜川・与那川・源河川 本島中・北部地域	・国土利用計画法
50 (1975)	・赤土流出によるマングローブ林の破壊と生物の生息地の破壊が進行する ・土砂流出によるダムの水源汚染及びダム機能低下(原因はゴルフ場建設による) ・パイプ畑開墾及び戦車道、一般道路工事等により本島北部海岸が広域に赤土で汚染される	本島中・南部の東海岸、 西表島・小浜島等 北部海域(特に西海岸)	・沖縄国際海洋博覧会 ・恩納村地域開発指導要綱 ・県として、赤土汚染が広がりがつあることを指摘
51 和(1976)	・森林伐採、ダム建設、林道開設等による森林の環境破壊が進む ・土地改良事業等により、宮良湾等の海域で赤土汚染が広がる	本島北部森林(特に国頭村 石垣島)	・沖縄県公害防止条例の改正(赤土等の流出防止義務)
52 (1977)	・農地整備整備事業と比例して赤土による海域汚染が広がる	久米島	・金武湾泥堆積調査を実施
53 (1978)	・本島北部東海岸(羽地内海~国頭村辺土名の奥間ビーチ)一帯で赤土汚染が深刻化 ・久米島・石垣島で養殖モズクが全滅 ・安波川が赤土に汚染され、川エビ、ウナギ、ウルガイ等の生息生物の減少 ・米軍実弾砲撃演習で赤土が取水源に流れ込む	本島北部海域(特に東海岸) 離島 本島中・北部地域	・石川川流域における赤土流出源実態調査の実施

表1 主な赤土流出の歴史的経過(2)

年代	主要な赤土流出の状況	主な汚濁地域	備考 (主な条例、行事等)
昭 和	54 (1979)	本島中・北部地域	・沖縄観光振興条例 ・東村赤土等の流出汚染防止条例
	・バイン畑開墾、土地改良、道路工事等により、恩納村の西海岸沿いから名護市の部開方面及び、羽地内海から大宜味、国頭村宜名真までの広域赤土流出が進行する	金武町、宜野座村一帯	・国頭村地域開発規則 ・中城湾泥堆積状況を実施
	・土地改良区や米軍基地からの赤土流出により、金武湾の赤土汚染が顕著（サンゴ礁の死滅によりモズク、アオサ等が激減）		
	・米軍戦車道工事による川田ダムの赤土汚染及び宜野座地区の飲料水汚染		
	55 (1980)	本島中・北部地域	・土砂流出防止対策基本方針（沖縄県農林水産部） ・中城湾におけるサンゴと底生生物分布調査を実施
	・金武湾が赤く汚染（海域生物生態系の崩壊でモズク、貝など激減）		
	・安田海岸の赤土汚染（漁獲半減）		
	・徳首川の汚染が進む（ヒルギ群などに影響）		
	・金武湾・天願など25海域、28河川の赤土汚染		
	・大宜味村・塩屋湾内のカキ養殖の全滅、及び宜野座村松田区の湯原一帯の漁場喪失		
	・恩納村沿岸一帯のモズク養殖被度、金武湾の漁網具の汚染と漁獲量の減少		
	56 (1981)		・赤土流出機構調査の開始
	57 (1982)	金武町・宜野座村	・第2次沖縄振興開発計画 ・宜野座村赤土等の流出防止条例
	・米軍基地内の戦車道開設工事、実弾演習による森林破壊		
	58 (1983)		・県内における赤土汚濁の調査研究を開始
	59 (1984)	金武町・宜野座村県全域 (特に本島北部)	・金武町赤土等の流出汚染防止条例 ・赤土流出機構及び流出防止に関する研究
	・米軍の砲撃演習、戦車道構築による赤土流出		
	・農地開発など各種開発による赤土流出汚濁の進行		
	・赤土・土砂によるサンゴ被害（本島周辺）		
	60 (1985)	県全域	・赤土流出機構及び流出防止に関する研究
	・赤土流出による海域の海洋生物の生育阻害と漁場汚染が深刻化する。さらに、海浜、海域の自然景観の破壊		
	61 (1986)	本島北部の森林	・県内各地における赤土濃度の測定を実施
	・林道開設など森林伐採によるノグテガラ等の貴重種の生息地寸断と生態がく乱		
	・赤土流出による農地の土壌生産力低下と農用地等の埋没	県全域	
	62 (1987)	県全域	・総合保養地整備法 ・第41回国民体育大会（海邦団体） ・[沖縄県赤土等流出防止対策連絡協議会]幹事会を開催
	・開発による赤土流出に基づく漁獲種類の衰滅、漁網具の汚染と漁獲量の減少		
	・内需拡大の景気回復により、リゾートホテル、ゴルフ場の建設が増加する		
	63 (1988)	恩納村仲泊	
	・乱開発による赤土流出で業者を告発		
	・米軍の都市型戦闘施設の建設に従って恩納村海域で赤土汚染が進む		
平	1 (1989)	恩納村	
	・米軍都市型戦闘訓練施設内が、河川及び海域に赤土が流出		
	・恩納村喜瀬武原の米軍ヘリパッドから赤土が流出		
成	2 (1990)	本島中・北部地域	資料：沖縄タイムス 琉球新報
	・海域・海岸の赤土汚染による漁業被害及び観光へのマイナスイメージ深刻化		
	・ゴルフ場等の工事により、本部町崎本部の海岸、名護市崖山地先、国頭村安田海域で赤土汚染が深刻化		
	・ダム下流の河川、金武湾及び羽地内海等で大量の赤土が堆積している		

果からみると、圃場からの土砂流亡の顕著なところは圃区の形態に問題があり、圃区の短辺長と畑面勾配の両者が大きいほど侵食の相乗効果が高まる。したがって土砂流亡の軽減が図れる圃区、耕区形態にすることが肝要である。

そのためには、

- ① 2～3の耕区単位ごとの承水路を耕作道に代える
 - ② 耕区および耕区の下流端に貯水機能をもたせる沈砂池を設ける
 - ③ 急傾斜地での造成形態は畑面に2%程度の傾斜をもたせた水田形式とする
- ことである。

①は耕作道に承水路と縦方向への流亡土砂の砂防機能をもたせ、②は沈砂池に堆砂と貯水の機能をもたせることにより、灌漑水として利用できる。③は水田のもつ貯水と洪水調節、地下水涵養の機能が直接土砂流出防止に役立つことを期待するものである。

3) 砂防施設

侵食抑止的な対策は圃区や耕区の形態にその機能を持たせる前述の方法で対応できるが、圃場から流出する土砂の耕区外や圃区外あるいは農区外への流出抑止をはかるには、それぞれの流域末端に土砂溜マス、沈砂池などを設置して土粒子の沈澱、滞砂をはかる方策がとられている。これらの土砂流出防止効果はその構造、規模によって異なるが、一般に施設内の流速に左右され、流出水が溢水すると微細粒子の流出阻止は困難な現状にある。

したがって、微細粒子の流出阻止をはかるには、

- ① 流域内の表流水を収容できる大規模な沈砂池を設置するか
- ② 土粒子の沈澱を速やかにする構造で対応するか
- ③ 濁水の浄化機能を図るための物理的、化学的処理をするか

である。

これまでの調査結果をもとに経済性、合理性から判断すると前述②及び③の併用が望ましいと考えられる。②は沈砂池等の形態別の水理現象を把握することにより、③は化学資剤による急速沈澱、真水排水により抑止効果を促進できる。ただし、③の場合の化学処理は生態系への影響がないという前提が必要である。

2. 営農的防止対策

1) マルチング

マルチングは、土壌表面を被覆して雨滴の衝撃による土壌構造の破壊を防ぎ、表面流去水の流速を軽減させることから、土壌侵食を防止するためには優れた方法である。しかし、被覆資材の種類や利用方法のいかんによっては流出水の集中を招き、逆に侵食を助長する危険性もあるので注意が必要である。

マルチ材としては稲わら、麦わら、刈草、作物残渣（茎葉の残りくず）などの有機物資材、ビニールフィルム、麻袋、カンレイシャ、牧草などの作物栽培による植被などがある。有機物資材のなかで最も一般的に使用され、効果的な資材は稲わらマルチであるが、資材入手の関係で沖縄県では殆ど利用されていない。

沖縄では近年、ビニールフィルムによるパイナップルのマルチ栽培が普及している。マルチ栽培は、雑草防除、作物の生育促進など利点も多いが、畑の約1/2がビニールフィルムによって被覆され、雨水のほとんどが畝間の凹部に集まって傾斜下部に流れるため、畝間の傾斜下部では欠落侵食やリルまたはガリ侵食を起こし、新たな土砂流出の原因となることに注意しなければならない。したがって、ビニールフィルムによるマルチ栽培は、雨水の浸透がなく、降雨量の殆どが流去水となるので、承水路の整備された地域以外での利用は、逆に周辺の土壌侵食を惹起することになるので避けるべきである。

以上、被覆資材による赤土砂流出防止対策は、短期的な保全対策としては有効であるが、長期的にみれば必ずしも効果的とはいえない。むしろ作物による被覆が経済的かつ効果的である。特に、下層土の

露出や土壌構造など理化学性の乏しい造成農地では、深根性の牧草の導入が土砂流出防止のみならず、熟畑化を促進する上からも効果的である。以下牧草導入の利点を挙げる。

- ①茎葉の繁茂や根の伸長が旺盛であるため、地表を良く被覆し土壌を保全する一方、土壌構造の改善効果もあわせて期待できる。
- ②不良環境、特に酸性土壌や乾燥、痩せ地にも生育する。
- ③産草量が多く、茎葉が家畜の飼料や緑肥など有機物資材として利用できることから、土壌の肥沃度を高め、耐食性の土壌への改善効果も期待できる。

2) ミニマムティレッジ⁶⁾

従来の営農技術のなかで耕起栽培は、除草、土壌の膨軟化を図り通気性を良好にしたり、圃場の均平と整形、地温上昇の促進、発芽・幼根の成長促進、根菜類にあつては収穫を容易にするなど様々な効果がある。

一方、省力、省エネルギー、土壌侵食などの点からみると耕起栽培は必ずしも好ましいものではない。特に近年、大型機械の導入による土壌の圧密や土壌侵食を避けるためミニマムティレッジが見直され、アメリカでは急速に広まりつつある。アメリカにおけるミニマムティレッジの導入は、山岳地帯のコーンベルトを中心に年間降水量の比較的少ない1000mm以下の地域から1000~1500mmの比較的多い地域に普及しつつある。アメリカのミシガン州の例をみると、ミニマムティレッジの導入によって、土壌の流亡は17.5t/haから1.8 t/haと顕著に減少している。なおその他に、USLE（汎用土壌流亡予測式）の適用による土壌保全の基本的なアプローチ⁷⁾があるが、ここでは割愛する。

沖縄県に広く分布する赤黄色土は、物理性が劣悪で耐食性が高く、さらに集中豪雨型の降雨特性にあるなど、土壌侵食を受け易い自然環境にあるのは前述のとおりである。しかも、サトウキビやパイナップルの作付けが降水量の多い時期に当たり、作付けから数ヶ月は殆ど裸地に近い状態になるので、現状の営農体系では土壌侵食の回避は非常に難しく、最も簡易でかつ経済的なミニマムティレッジの導入はその改善対策の有効な一つである。ミニマムティレッジによるパイナップル栽培は、更新前の地上部を刈り払い、その残渣によって畑全面が被覆された所に新たに定植すれば、土壌の乾きもなく、ビニールマルチ栽培に近い生育と土砂流出防止の両面が期待できる。

従来は主として土地生産性の向上を図ることに目的がおかれていたが、現在では環境保全問題を主目的とした計画の必要性が強調され、応用生態学的観点から進められているとされている。技術的対策を行うハード面だけではなく、土地利用形態を「自然立地的土地利用」とし、土地のもつ自然潜在力をできる限り有効に、しかも永続的に利用し、自然の多様性を活かしつつ土地利用を進めようという考え方が提唱され²⁾、農家に対する啓蒙普及等、現在ではソフト的面における対策も行われている。

結 言

沖縄県における赤土等流出の大きな原因は、風化生成と侵食量の間で保たれていた均衡が、人為的インパクトによって破壊されたことにある。しかし、人間が生きる上で人為的インパクトである開発は必要不可欠なものであるため、均衡を保持できる範囲内での開発が今後望まれる。

沖縄県では、1995年10月に赤土等流出防止条例が施行された。条例の施行前後の年間流出量を表2、表3に示し、各種開発事業、既存地目及び米軍基地からの赤土等年間流出量の推算結果の比較が図3に示されている^{8) 9)}。

この結果から、条例の施行によって、前後の全年間流出量は317,500 t/年から201,299 t/年へと大幅な減少を示している。1996年度の各種開発事業における赤土等年間流出量は、条例施行前の1/3に減少し、特に土地改良事業や区画整理事業等の開発事業では、流出防止対策によって流出量は確実に減少している。

既存農地では、条例施行後も年間流出量は176,200 t/年となり、減少への効果があまり見られず、全年間流出量の70%を占めている。

米軍基地からの流出量についてもあまり変化は見られない。

以上のことから、歴史的に侵食の大きな原因とされていた開発事業に関してはかなりの改善策が取られ、流出量は大幅な減少を見せており、今後最も重点を置かなければならないのは農地対策であることが挙げられる。流出防止技術の開発、営農上の対策と指導または農業行政の支援等を行うことによって、農地を原因とする流出量の減少が期待され、さらに農地について詳細な区分を設け、区分別流出量の調査を行い対策を講じることで、より大きな効果をもたらすであろう。

表2 赤土等年間流出量

Table. 2 Annual soil loss quantity

出所：「沖縄県における年間土砂流出量について」比嘉榮三郎、大見謝辰男、花城可英、満本裕彰（1995年）

区 分	面 積 ha	年間流出量 t/年	単位面積あたり年間流出量 t/ha/年
既存地目	200,084	110,500	—
森 林	87,497	4,000	0.05
草 地 等	13,312	1,100	0.08
農 地 (耕 地)	46,700	103,100	2.21
宅 地	12,843	600	0.04
道 路	9,250	400	0.04
水面・河川・水路	2,917	0	0.00
そ の 他	27,565	1,300	0.04
米軍基地	25,012	27,400	—
裸 地	61	23,600	386.00
そ の 他	24,951	3,800	0.15
開発事業	1,427	179,600	—
公共事業	939	167,700	—
土地改良	615	98,500	160.00
区画整理	130	41,600	320.00
施設用地造成	172	7,700	44.80
公園造成	22	5,800	263.00
河川事業	—	14,100	—
民間事業	488	11,900	23.60
リゾート関連	405	652	1.60
民間その他	83	11,200	135.00
合 計	226,523	317,500	—

※森林及び米軍基地はSS濃度の測定値から推定。それ以外はUSLE式から推定。

開発事業には、海岸・護岸、ダム工事などすべての流出量は含まれていない。

表3 条例施行後（1996-96年）の赤土等年間流出量
 Table. 3 Main historical process of red soil
 出所：「沖縄県における赤土等年間流出量（第2報）-赤土等流出防止条例施行後の年間流出量の推算-」
 仲宗根一哉・比嘉榮三郎・満本裕彰・大見謝辰男（1998年）

区 分	面 積 ha	年間流出量 t/年	単位面積あたり年間流出量 t/ha/年
既存地目	201,299	183,300	0.910
森 林	87,913	4,000	0.045
草 地 等	7,600	500	0.066
農地（耕地）	44,800	176,200	3.900
宅 地	13,354	600	0.045
道 路	9,180	400	0.044
水面・河川・水路	2,899	0	0.000
そ の 他	35,554	1,600	0.045
米軍基地	24,450	28,500	1.200
裸 地	66	24,900	377.000
そ の 他	24,348	3,600	0.150
開発事業	847	50,740	60.000
公共事業	508	39,150	77.000
土地改良	241	23,700	96.000
区画整理	46	930	20.000
施設用地造成	47	1,570	33.000
公園造成	64	6,440	101.000
河川事業	—	5,200	—
道路改良	110	1,310	12.000
民間事業	339	11,590	34.000
リゾート関連	245	790	3.200
民間その他	94	10,800	115.000
合 計	226,596	262,540	1.200

- * 森林・草地等の面積は米軍基地内を除く民間地域にある森林・草地等面積。
- * 草地等の面積は条例施行前が採草放牧地、原野、ゴルフ場および公園の面積の合計で条例施行後は採草放牧地および原野面積の合計。
- * 農地(耕地)面積は田・普通畑・樹園地・牧草地の耕地面積の合計で採草放牧地は含まない。
- * 宅地は住宅地並びに工業用地およびその他の宅地。
- * 道路は一般道路(国道・県道・市町村道)並びに農道および林道。
- * 民間事業の民間その他は農地開発および施設造成。

要 約

本研究では、沖縄県におけるこれまでの赤土等流出防止に対する研究を踏まえ、土砂流出が及ぼす影響や年間流出量等を考察し、これまでの赤土等流出の歴史的経緯を概観し、対策の提言を行った。その結果、次のように要約できる。

赤土流出の影響としては、道路や田畑等の損傷の物理的面、沿岸の景観の悪化という精神的面、川や海の底生生物への影響と云った生物的面等がある。

土壌侵食と土壌保全の歴史的経緯の概略についてこれまでは、次の四つの時代、即ち①17世紀以前の焼畑農耕時代、②18世紀半ばの蔡温時代、③1920~1930年の杣山（官有林）開墾時代、④1950年代後期~現在までの時代に区分したが、昭和18年代の我謝栄彦の提言を考慮し、時代区分を六つの時代とした。

急激な畑地造成の結果、土砂流出が著しいものとなり、現在では赤土等流出防止条例（1994）の施行によって、具体的な対応策が講ぜられている。

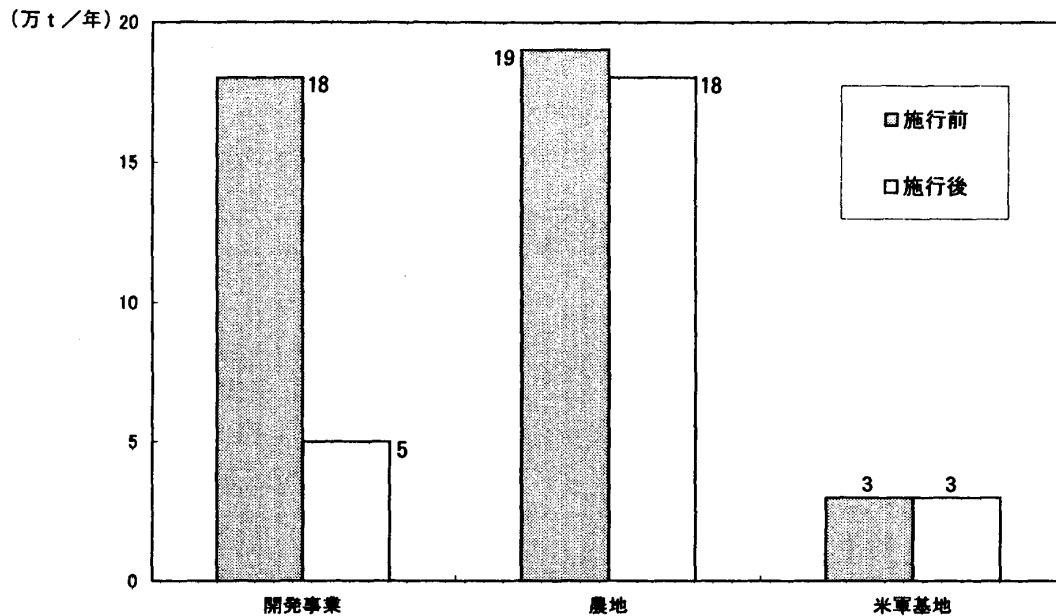


図3 赤土等流出防止条例施行前後の年間流出量の比較

Fig. 3 Comparison of annual soil loss between before and after the regulation enforced
 * 農地からの年間流出量については、パイン畑の更新時の実態調査に基づいた数値を加えている。
 出所：「沖縄県における赤土等年間流出量（第2報）—赤土等流出防止条例施行後の年間流出量の推算—」
 仲宗根一哉・比嘉榮三郎・満本裕彰・大見謝辰男（1998年）

赤土等流出防止条例の施行後、歴史的に侵食の最大原因とされていた開発事業に関してはかなりの改善策が取られ、流出量は大幅な減少を見ている。また対策としては、土木的対策として、圃場の区画の形態をUSLE (Universal Soil Loss Equation: 汎用土壌流亡予測式) を基に検討し⁷⁾、排水路、承水路の配置については耕地単位ごとに承水路を設けることや畑面の傾斜を緩やかにすること、また沈砂池等の砂防施設のあり方等についてはその大きさ、真水と濁水の分離排水を提言した。

営農的防止対策としては、マルチングの効果やミニマムティレッジによる土壌保全の効用等を提言した。

引用文献

- 1) 農業土木学会農地保全研究部会 1989: 農地保全の研究 10 p.51
- 2) 財団法人 沖縄協会 1987: 赤土流出機構及び流出防止対策に関する調査・研究 p.50、p.51、p.30
- 3) 翁長謙良 1986: 沖縄島北部地方における土壌侵食の実証的研究 琉球大学農学部学術報告 33 p.123
- 4) 名護市 1985: 名護市史 資料編・3 戦前新聞集成・2 p.291
- 5) 沖縄県環境保健部 1991: 赤土流出防止対策の手引き pp.1-2
- 6) (財)日本土壌協会 1992: 耕地からの赤土砂流出—その予測と防止に向けて— pp.82-83
- 7) 翁長謙良、呉屋昭、松村輝久 1991: 沖縄北部黄赤色土の土壌侵食の評価と対策 土壌の物理性 63 pp.22-29
- 8) 仲宗根一哉、比嘉榮三郎、満本裕彰、大見謝辰男 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
- 9) 比嘉榮三郎、大見謝辰男、花城可英、満本裕彰 1998: 沖縄県における赤土等年間流出量（第2報）—赤土等防止条例施行後の年間流出量の推算— 沖縄県衛生環境研究所報 32