

石垣島名蔵川流域における 土砂流出に関するGISの構築と現地観測

CONSTRUCTION WITH THE USE OF GIS AND FIELD OBSERVATION FOR SEDIMENT YIELD AND TRANSPORT IN NAGURA WATERSHED

高 椋 恵¹・大澤和敏²・池田駿介³・久保田龍三朗⁴
Kei TAKAMUKU, Kazutoshi OSAWA, Syunsuke IKEDA and Ryuzaburou KUBOTA

¹学生会員 東京工業大学大学院理工学研究科 土木工学専攻 (〒152-8552 東京都目黒区大岡山2-12-1)

²正会員 農博 東京工業大学大学院理工学研究科 土木工学専攻 (同上)

³フェロー会員 工博 東京工業大学大学院理工学研究科 土木工学専攻 (同上)

⁴非会員 東京工業大学 土木工学科 (同上)

In Okinawa, red-soil runoff becomes a remarkable problem, and polluted water destruct ecosystem. In consideration of soil erosion mechanisms (rainfall impact, overland flow), watershed GIS was constructed using land use, length and slope. Field observation was performed to grasp the properties of sediment runoff. Turbidity, discharge and precipitation and SS concentration were measured in Nagura watershed. From the field observation, amount of sediment runoff was 98.2ton from whole watershed. The relation between information in watershed and sediment discharge has shown that summer sugarcane and pine fields with steep slope are the main source of sediment yield. In order to reduce sediment runoff, sugarcane farming method should be shifted from summer type to spring type or perennial type and steep slopes should be gentle ones.

Key Words : *sediment yield , sediment runoff , GIS , field observation , Nagura watershed*

1. 序論

沖縄地方では、戦後急速な発展のために、赤黄色の土砂が河川及び海域を赤く染める、いわゆる赤土流出が社会的に問題となっている。このために、1994年に「赤土等流出防止条例」が発令され、最終処理施設より流出する土砂濃度を200mg/L以下に抑えることが義務づけられた。これにより、三大流出源(開発事業、米軍基地、農地)のうち、開発事業からの流出は抑えられたものの、問題が解決したとは言えず、現在では農地からの流出が2/3を占めるとされる報告¹⁾もある。また、赤土は微細粒子のため、一旦流出すると堆砂しづらく、河川、海域に到達するため、広域に渡り、自然環境に影響を与える。

これらを解決するために、現在、熱帯・亜熱帯地方特有の粘性土の受食性や沈降特性に関する澤井の研究²⁾を始め、主な土砂生産地である農地における土壌流出に関する研究と、河川域における土砂流出動態に関する研究が進められている。

農地に関する研究としては、土砂流出抑制対策の比較試験³⁾、土砂流出モデルの1つであるWEPPによる土砂流

出の検証⁴⁾などがある。流域に関する研究としては、流域での土砂・栄養塩動態⁵⁾がある。流域の土地利用から、土砂生産や河川内での土砂流出動態を考察している。

農地においては、現地観測による現象の把握、数値シミュレーションによる現象の再現などが行なわれており、土砂生産に対する対策も提言されている。河川流域においても、現地観測や数値シミュレーションが行なわれている。しかし、赤土流出問題を解決するという視点に立つと、単に流域において土砂流出を再現するだけでなく、土砂動態に関して重要な項目を流域でまとめ、農地での研究成果を赤土流出抑制対策に活かせる形にし、具体的な対策を定量的に評価する必要がある。

そこで、本研究では、GISを用いて、沖縄県石垣島の名蔵川流域を対象として、土砂流出に関して重要な項目のデータベース化を行う。また、梅雨時期に多点同時観測を行ない、流域における土砂流出動態を把握する。これらのGISを用いて作成されたデータベースと現地観測結果を照合することによって、面源における土砂生産特性やその流下過程について考察する。

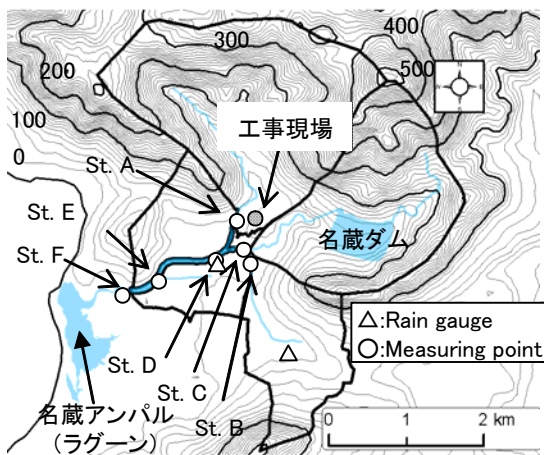


図-1 名蔵流域の概要および観測点

2. GISによる流域のデータベース化

(1) GIS整備の重要性

農地における土壌侵食は、降雨時における雨滴衝撃と表面流による土壌の剥離によって発生する。この発生機構にとって重要な項目として、土地利用情報、斜面長や勾配などの地形情報が挙げられる。農地スケールの研究は、同じ土地利用であっても、作物種や営農作業などを考慮して、また地形に関しては、表面流による侵食方向に斜面長や勾配を考慮して、研究が進められており、これらの項目が土壌侵食量を大きく左右することがわかっている。これらの農地スケールの研究を反映させる形で、流域スケールの土砂動態も考えられるべきである。作物種や営農作業まで含めた土地利用情報や表面流の流下方向の斜面長や勾配を、農地または斜面区分毎にまとめることで、土砂の発生機構に即したデータベースとなり、農地スケールの研究を活かすことができる。また主な土砂生産場である農地に対する対策を評価する上でも、土壌侵食の実現象に即したこれらの流域情報を活用することで、流域全体の土砂動態を考慮した形で対策すべき斜面の合理的選定が可能となる。

(2) 対象流域のデータベース化

沖縄県石垣島名蔵川流域を対象流域とした(図-1)。名蔵川は全長4.6km、流域面積14.9km²、上流の支流には名蔵ダムがあり、河口部にマングローブ域と名蔵アンパルと呼ばれる干潟が広がっているのが大きな特徴である。

GISを用いて、土砂動態に関して重要な項目である土地利用、面積、平均勾配、斜面長方向のデータベース化を行なった。2003年9月~2004年3月に撮影された航空写真⁶⁾を用いて、土地利用毎に斜面を分割した。斜面長に関して、現地踏査を行い、農耕地において畝が確認できた場合、畝方向に取り、畝が確認できなかった場合または非農地の場合、勾配方向に斜面長を取った。平均勾配に関して、数値地図⁷⁾を用いて、畝がある場合は畝方向に平均勾配を取り、畝がない場合は斜面の平均勾配とした。土砂流出機構の1つとして、表面流による土壌の剥

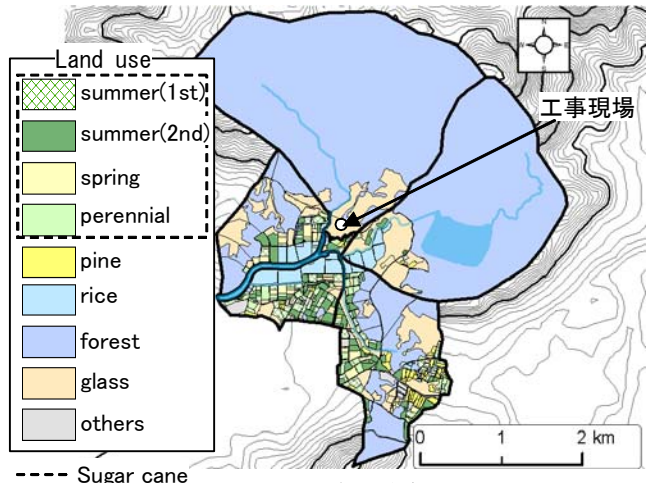


図-2 土地利用分布

離および運搬が考えられ、勾配方向に斜面長を取ると、実際の表面流が発生する方向ではないので、実現象を正確に捉える事ができない。そのために上記のように斜面長と勾配を取った。土地利用は現地踏査を行って分類した。土地利用項目は、サトウキビ、パイン、水田、森林・樹林、草・牧草、その他に分類した。受食性の高い農耕地はサトウキビとパインである。サトウキビに関しては、主な営農方法が3つ(夏植、春植、株出)あり、その中でも、夏植は地表面の状況が1年目と2年目では著しく異なるため、サトウキビの土地利用に関しては、営農形態でさらに分類し、夏植1年目、夏植2年目、春植、株出の4つに分類した。パインに関しては、1年目と2年目以降の2つに分類した。

サトウキビの各営農方法と侵食の特徴について説明する。夏植の栽培期間は約2年である。8~9月の夏期に植付け、翌々年の1~2月の刈取りまで約1年半を要し、その後、約半年間は休閑期(3~8月)で裸地状態である。夏植1年目は刈取り後の休閑期にあたり、この時期は梅雨や台風の時期と重なるため侵食されやすい。一方、夏植2年目は、サトウキビが成長し、地上面を覆っているために、1年目と比較して、侵食量は一般的に小さい。春植の栽培期間は約1年である。2~3月に植付け、次の年の1~2月に刈り取る。梅雨や台風の時期はサトウキビが植えられており、夏植1年目と比較して、受食性の低い状態である。株出栽培は春植のサトウキビの刈り取り後、株を残してそのまま成長させる営農方法で、耕起による土壌の攪乱がなく、葉殻等の残渣が地表面に残っているために、夏植、春植と比較して侵食量が極めて小さい²⁾。

パインの栽培期間は約4年である。サトウキビと比較すると成長が遅く、植え付け1年後でも、サトウキビと比較して被覆率が低いいため侵食されやすい。またサトウキビと同様に刈取り後、約半年間裸地となるために、さらに侵食されやすい状態になる。

(3) 流域特徴

土地利用分布、農耕地の斜面長分布と平均勾配分布を、図-2、図-3そして図-4に示す。流域南西部ではサトウキ

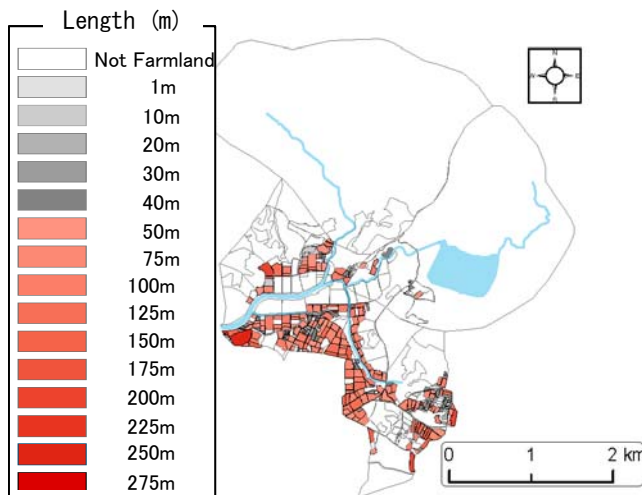


図-3 農耕地の斜面長

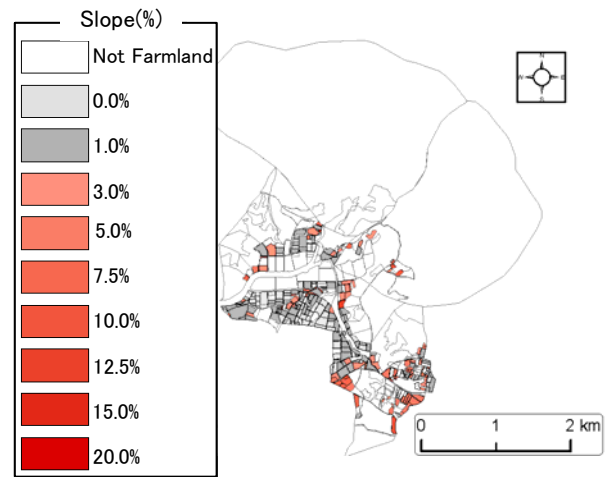


図-4 農耕地の斜面勾配

表-1 各観測地点の集水面積と土地利用

	St. A	St. B	St. C	St. D	St. E	St. F
Sugar cane	summer	0.0	12.7	13.5	13.7	14.4
	1st year	(0.00%)	(5.64%)	(2.08%)	(1.10%)	(16.75%)
	summer	0.0	22.0	24.0	25.4	14.7
	2nd year	(0.00%)	(9.74%)	(3.70%)	(2.03%)	(17.10%)
Pine	spring	0.0	5.1	5.1	2.8	12.9
		(0.00%)	(2.26%)	(0.78%)	(0.41%)	(3.23%)
	perennial	0.0	9.3	10.8	7.4	20.2
		(0.00%)	(4.12%)	(1.43%)	(0.87%)	(8.58%)
Rice field	1st year	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1
		(0.00%)	(0.03%)	(0.01%)	(0.00%)	(0.00%)
	others	0.0	13.3	14.2	14.8	1.7
		(0.00%)	(5.88%)	(2.19%)	(1.18%)	(1.93%)
Forest		0.0	4.1	15.4	16.3	19.3
		(0.00%)	(1.81%)	(2.37%)	(1.31%)	(22.39%)
		566.9	98.9	463.2	1030.3	1.6
		(94.28%)	(43.83%)	(71.35%)	(82.38%)	(1.88%)
Glass		122.3	87.2	26.3	122.3	12.3
		(4.37%)	(19.96%)	(13.43%)	(9.78%)	(14.30%)
		8.1	15.2	17.3	11.8	11.9
		(1.35%)	(3.60%)	(1.56%)	(0.37%)	(6.54%)
Others		601.3	225.6	649.3	1250.6	86.1
		(100%)	(100%)	(100%)	(100%)	(100%)
		42.7	1.96%			
		(1.96%)				

unit : ha

ビ夏植(1年目, 2年目)が多く, 南部ではサトウキビ夏植(1年目, 2年目)とパインが多くを占めている。農耕地の斜面長分布をみると, 50m以上の斜面が多くを占める。農耕地の平均勾配をみると, 南西部では3%未満の勾配が多いのに対し, 南部では3%以上の勾配を持つ農耕地が多い。表面流による土砂流出機構を考慮すると, 南西部と比較して南部における土砂生産が多いと考えられる。また, 北部, 東部には森林・樹林域が広がっているため, 農耕地に比べ土砂生産量は少ないと考えられる。これは森林・樹林により地上面が被覆されており, 残渣も多いため, 雨滴衝撃による土壌の剥離と表面流による土壌の剥離や運搬が抑制されるからである。

これらの流域情報から, 多点同時観測を行うための観測点を選定した。土地利用や地形などの特徴の異なる小流域に分割し, その末端を観測点として選定した。観測点はSt.A~St.Fの6地点あり, その地点を図-1に示す。各小流域(St.A~St.F)の土地利用面積と割合を表-1に示す。括弧内は, 小流域面積に占める割合である。St.Aは, 約94%が森林・樹林域であり, 単位面積あたりの土砂流出量(比土砂流出量)は小さいと考えられる。St.Bはサトウキビやパインが多く, さらに斜面長および勾配が大きい。農地によっては大きな侵食が発生すると考えられる。St.Cは農耕地の多いSt.Bの流域と, 森林・樹林域の

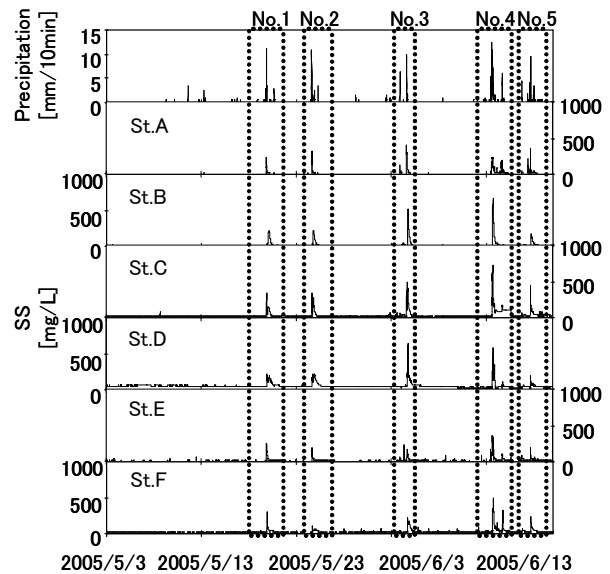


図-5 降雨とSS濃度の推移

多く名蔵ダムのある流域を合わせた流域である。St.Dは前述のSt.AとSt.Cの流域を合わせた流域である。St.EはSt.Bと同様に農耕地が多いが, St.Bと比較して全体的に斜面勾配が小さいため, 比土砂生産量はSt.Bより小さくなると考えられる。St.Fは本流域の末端である。なお, St.AおよびSt.Cに流入すると考えられる地点(図-4)において工事が行なわれており, 裸地状態だった。

3. 現地観測

(1) 観測方法

現地観測では, 設置型観測機器による連続計測および降雨期間中におけるSSの測定を, 梅雨時期である2005年5/3~2005年6/19の期間に行なった。観測項目は, 流速, 水深, 濁度, 雨量, SS濃度である。流速は電磁流速計Compact EM(アレック電子製), 濁度は光学式濁度計ATU3-8M, Compact CLW(アレック電子製), 水深は圧力式水深計Diver(大起理化工業製)を用いた。これらの機器を河川断面内の, 流心および河床から20cm~50cmの位置に設置し, 10分間隔で測定した。採水に関して,

表-2 観測結果(降水量, 流量, 最大SS濃度, 土砂流出量)

Rain No	Point	Area [km ²]	Precipitation		Flow discharge			SS concentration max [mg/L]	Weight of Sediment	
			Total [mm]	Hourly-max [m/hr]	Total [10 ⁴ m ³]	Max [m ³ /s]	Specific Discharge [mm]		Total [ton]	unit area [g/m ²]
1	A	5.9	58.5	45.0	3.4	2.1	5.7	233	1.8	0.3
	B	2.2			2.7	0.5	12.5	213	2.8	1.3
	C	6.4			4.4	2.2	6.8	342	4.3	0.7
	D	12.5			12.0	5.0	9.7	198	14.6	1.2
	E	0.8			0.5	0.1	6.1	265	0.2	0.2
	F	14.5			5.6	3.4	3.9	288	3.7	0.3
2	A	5.9	44.5	30.5	2.8	1.2	5	313	0.8	0.1
	B	2.2			2.8	0.8	13	196	2.4	1.1
	C	6.4			6.8	1.8	11	340	5.8	0.9
	D	12.5			9.9	3.2	8	218	12.2	1.0
	E	0.8			0.1	0.1	2	195	0.0	0.0
	F	14.5			7.7	2.8	5	115	3.5	0.2
3	A	5.9	45.5	34.5	3.5	3.3	6	394	3.7	0.6
	B	2.2			2.0	2.1	9	511	5.4	2.5
	C	6.4			4.9	3.0	8	497	11.0	1.7
	D	12.5			10.0	6.2	8	648	21.0	1.7
	E	0.8			0.4	0.2	6	232	0.2	0.3
	F	14.5			10.4	6.1	7	222	14.9	1.0
4	A	5.9	152.0	57.0	15.4	7.9	26	237	14.7	2.5
	B	2.2			7.0	9.1	32	661	14.4	6.6
	C	6.4			12.0	8.4	19	722	38.7	6.1
	D	12.5			/	/	/	584	/	/
	E	0.8			0.7	1.1	10	365	0.8	1.0
	F	14.5			32.7	16.7	23	483	58.2	4.0
5	A	5.9	81.0	22.0	11.6	1.8	20	368	3.1	0.5
	B	2.2			7.1	1.1	33	165	2.6	1.2
	C	6.4			18.0	3.7	28	443	12.4	1.9
	D	12.5			30.4	5.4	24	184	16.9	1.4
	E	0.8			0.7	0.4	9	177	1.6	2.1
	F	14.5			43.2	5.4	30	226	18.1	1.2

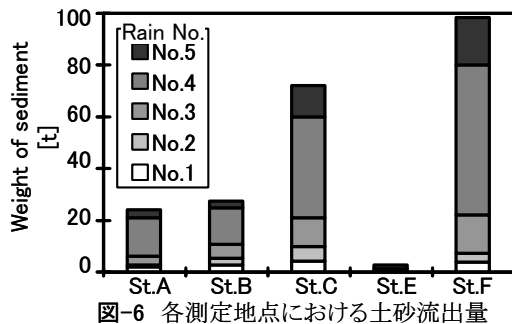


図-6 各測定地点における土砂流出量

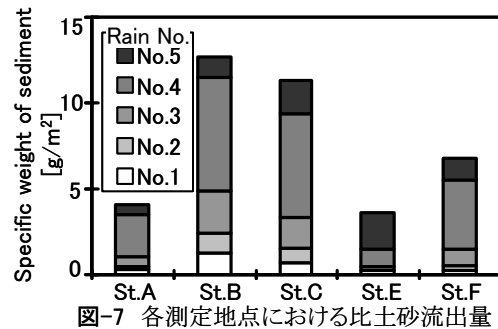


図-7 各測定地点における比土砂流出量

St.A~St.Dにおいて、バケツによる表層採水、St.E、St.Fにおいては自動採水機(ISCO製)による吸引採水を、30分間隔で行った。採水により得られたサンプルを、ガラス繊維濾紙(孔径1 μ m)を用いて濾過することで、SS濃度を得た。雨量は転倒升式雨量計(栄弘精機製)を用いて10分間隔で測定した。

(2) 観測期間中の降雨と土砂流出量の算出

観測結果を表-2に示す。濁度の変化が見られた降雨を、発生順にNo.1~5として土砂流出量を算出した。なおSt.Dは取水堰となっており、降雨No.4において取水堰のゲートが開いたために、流量、土砂流出量は欠測であった。降雨No.4は観測期間中、総雨量、10分間最大雨量、1時間最大雨量が最も大きい降雨であり、降雨No.5は、10分間最大雨量、1時間最大雨量は大きくはないが、降雨継続時間が最も大きい降雨である。流量は、流速計で得られる流速を代表流速とし、水深から算出される通水断面積を乗じることで求めた。濁度を土砂の重量に換算するために、濁度と採水サンプルから得られたSS濃度の関係を以下のように求めた。各測定点で濁度とSS濃度の傾向が異なったため、測定点毎に濁度とSS濃度の回帰式を求め、濁度をSS濃度に換算して、流量とSS濃度の積から

SSの断面通過量を求めた。St.E、St.Fは感潮域であるために、上流側へ流れることがあり、その場合はSSの断面通過量を負として取り扱った。

(3) 降雨量とSS濃度の推移

図-5に観測期間中の降雨と各測定点におけるSS濃度の推移を示す。10分間雨量が5mm以下のような小さい降雨に対しては、SS濃度は上昇していないことがわかる。表面流が発生するためには、降雨強度が土壌の浸透能より大きくななければならない。降雨強度が土壌の浸透能を上回った後、表面流が発生し、土壌が侵食され、侵食された土粒子が運搬されと考えられる。そのために一定以上の降雨強度に対してのみ、SS濃度が増加すると考えられる。

(4) 土砂流出量

図-6に各観測地点における降雨イベント毎の土砂流出量を示す。観測期間中における対象流域末端(St.F)での土砂流出量の総和は、98.2tであった。図-7に各観測地点における比土砂流出量を示す。

a) 土地利用による違い

前節で述べたように、土地利用により土砂流出形態が

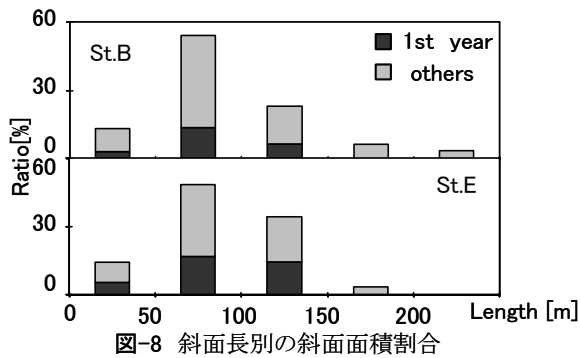


図-8 斜面長別の斜面面積割合

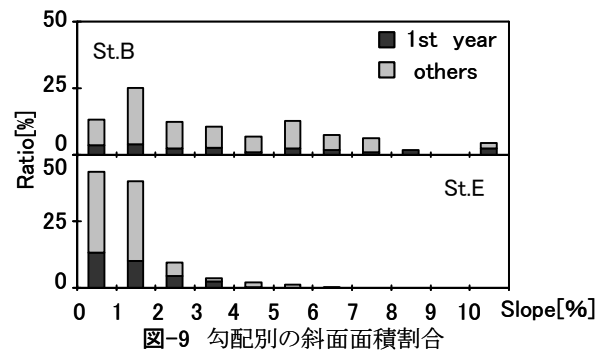


図-9 勾配別の斜面面積割合

著しく異なる。St.AとSt.Bを比較する。観測期間中の総土砂流出量はSt.Aで24t、St.Bで27tとなり大きな差はでなかった。一方、比土砂流出量で比較すると、St.Aで4.1g/m²、St.Bで12.7g/m²となり、St.BがSt.Aの約3倍の値となった。各流域の土地利用を見ると、St.Aでは森林・樹林域が94.3%、農耕地が確認されなかったのに対して、St.Bでは森林・樹林域が43.8%、農耕地が27.7%(サトウキビ1年目5.6%、パイン5.9%)を占めている。このように農耕地の存在が、比土砂流出量の差の主要な要因となっていると考えられる。なお、St.AやSt.Cの流域に含まれる工事地点(図-1)は裸地化しており、侵食された土砂がSt.Aに繋がる水路に流入していたのが確認された。またSt.Bの直上流の水路では、一面に植生が繁茂しており、その部分に土砂が堆積していた事実から、斜面で生産された土砂は流下過程で減少した可能性がある。St.Aの流域における工事の影響およびSt.Bの流域における土砂生産後の流下過程における植生による堆砂の促進を考慮しなければ、St.Aでは土砂流出量がさらに小さくなり、St.Bでは土砂流出量がさらに大きくなると考えられる。

次に、St.BとSt.Eを比較する。両者とも農耕地面積割合が大きい、St.Bでの土砂流出量は約28t、St.Eでの土砂流出量は約3tであり、大きな差があった。そこでパインおよびサトウキビの面積(表-1)に注目すると、St.Bにおけるパインの面積が約13.4haであるのに対し、St.Eでは約1.7haであった。また、St.Bにおけるサトウキビの合計面積が約49.1haであるのに対し、St.Eでは約39.3haであった。特に、St.Bでは栽培期間前半(1~2年)において裸地または被覆率の小さいパインの面積が大きい。これらの土地利用面積の違いが土砂流出量の差の一因であると考えられる。しかしながら、農地の土地利用や営農方法の情報だけではなく、地形情報も同時に考慮しなければ、土砂生産と流域特性を明確に説明することはできない。

b) 地形による違い

St.BおよびSt.Eは農地面積割合が大きい。しかし、土地利用による違いで述べたように、St.Eの土砂流出量はSt.Bに比べて、著しく小さいことがわかった。そこでSt.BとSt.Eの地形に注目する。St.BとSt.Eを比較するために、農耕地の中でも受食性の高い畑(サトウキビとパイン)の斜面長別の面積割合(小流域の全面積に対するその斜面長の面積の割合)を図-8に示す。さらに、夏植1年目とパイン1年目(1年目と称する)と2年目以降のパイン、夏

植2年目、春植そして株出のサトウキビ(その他と称する)の2グループに分けて示した。これは、サトウキビ夏植1年目とパイン1年目は観測期間中には裸地化しており、一方サトウキビ夏植2年目、春植、株出、パイン2年目以降は植生が存在しているため、前者と後者では受食性が大きく異なると考えられるからである。一般に、斜面長が大きい程、土壌侵食量が大きいと言われており、150m以上の畑斜面は、St.Bで10%、St.Eで3%であった。150m以上の斜面長をもつ畑面積の割合は、St.Bの方が大きく、侵食されやすい状況であったと言える。ただ、特に受食性の大きい1年目に関しては、St.BとSt.Eの間で大きな違いは見られなかった。

次に斜面の平均勾配に注目する。St.BとSt.Eを比較するために、図-9に受食性の高い畑(サトウキビとパイン)の勾配別の面積割合(小流域の全面積に対するその斜面勾配の面積の割合)を示す。ここでも、1年目とその他の分類を行った。St.Eでは勾配3%未満の斜面が約93%(1年目27.6%、その他65.6%)に対して、St.Bでは50.5%(1年目9.9%、その他40.6%)であった。また勾配4%以上の斜面は、St.Eでは3.2%(1年目0.3%、その他2.9%)であったのに対し、St.Bでは34.8%(1年目7.7%、その他27.1%)であった。St.Bでは、受食性の高いサトウキビ1年目とパイン1年目の畑で急勾配の斜面割合が大きく、勾配が大きいことで、表面流による侵食および土砂の運搬が顕著であったと考えられる。St.Bの方がSt.Eより土砂流出量および比土砂流出量が著しく大きかった要因として、前述の土地利用や営農方法の違いだけでなく、地形もまた重要な一因であることが明確になった。

c) 潮位変動による影響

感潮域では潮位変動が土砂動態に影響を及ぼすと考えられる。図-10にSt.Fにおける降雨量、水深そしてSSの通過量の推移を示す。降雨No.1~3は同じ規模の降雨と考えられるので、降雨No.1~3で比較する。降雨No.1では下げ潮時にSSの通過量(477g/s)がピークに達し、ピーク後、直ちに減少した。一方、降雨No.2では上げ潮時にSSの通過量(177g/s)がピークに達し、ピーク後徐々に減少した。さらに、ピーク後の下げ潮時にSS通過量が増加した。これは上げ潮時に海水が浸入することで、SS通過量が減少し、上げ潮時に滞留していたSSが、下げ潮時に流出したと考えられる。降雨No.3に関しては、総土砂流出量が14.9tとなり、降雨No.1、No.2における総土砂流出量と比

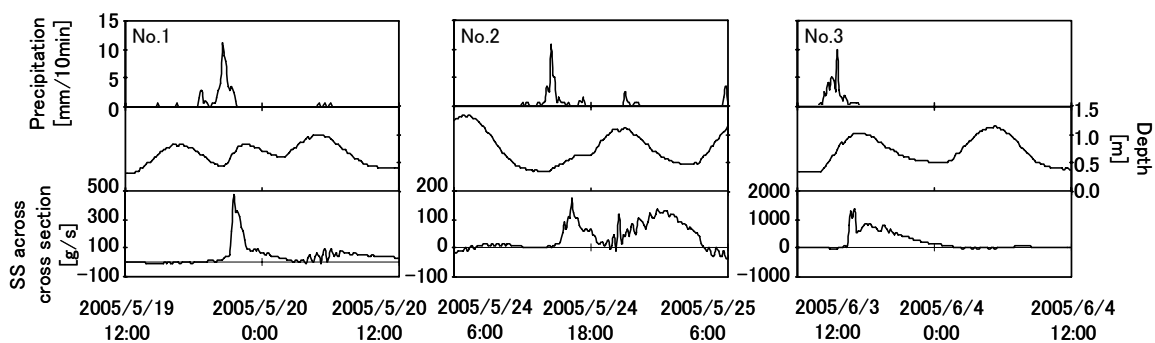


図-10 降雨、水深およびSS通過量の推移

較すると4倍ほど流出した。SS通過量を見ると、満潮時にピークに達し、その後下げ潮になるために、直ちに土砂流出が起これ、総流出量が大きくなったと考えられる。このように、土砂流出のタイミングにより、上げ潮時と下げ潮時では土砂動態は異なる。

(5) 流域における対策

土地利用と営農方法による考察から、サトウキビ夏植1年目やパインからの流出が多いことが示唆された。St.BやSt.Eでは、サトウキビの中でも夏植が多くを占め、特にSt.Bではパインの面積割合も大きい。夏植1年目とパイン1年目は裸地状態となっているので、サトウキビに関しては、営農方法を春植や株出しに変更し、パインに関しては地表面を覆うマルチングを施すことで、雨滴衝撃を緩和し土砂生産を抑制することができる。地形の考察から、斜面長や勾配が大きい程、土砂生産量が大きくなると示唆された。St.Bを末端とする小流域では、斜面長が200m以上の斜面や、勾配が10%以上の斜面が確認された。これらの斜面に対して、斜面長や勾配を小さく修正することで、表面流による侵食量が抑えられる。これらの考察を組み合わせると、サトウキビ夏植やパインでかつ斜面長と勾配が大きい斜面に対して優先的に、営農方法やマルチングを施し、斜面長や勾配を小さくすることで、主な流出源である農耕地の土砂生産量を抑制する事ができ、結果として流域末端での土砂流出量を効果的に抑制する事ができる。

4. 結論

石垣島名蔵川流域において、GISの構築と多点同時観測を行い、土地利用、営農方法、地形などの流域特性と土砂動態の関係について検討した結果、以下のことが明らかになった。

- (1) GISを用いて流域情報をデータベース化した。このデータベースは、土壌侵食メカニズムに即するように表面流の方向に斜面長と斜面勾配を取り、農耕地に関しては、作物種や営農方法についても分類した。このようなデータベースを作成することで、土壌侵食を受けやすい斜面を特定する事ができた。

- (2) 多点同時観測の結果、流域内の6地点における土砂動態を明確に示すことができた。農地主体の流域での比土砂流出量は、森林主体の流域でのそれと比べて3倍程度大きかった。また、2つの農地主体の流域で比較した場合、営農方法と斜面長や勾配の分布によって比土砂流出量が3.5倍程度の差があった。
- (3) 土砂流出のタイミングにより、感潮域での土砂動態が異なる。上げ潮時に運搬された土砂は、次の下げ潮時まで土砂流出が抑えられる。下げ潮時に運搬された土砂は、直ちに流出すると考えられる。
- (4) 名蔵川流域において、南部の斜面長と斜面勾配の大きい農耕地(サトウキビ夏植1年目、パイン)に対して、春植や株出しへの変更、マルチングの実施、斜面長や勾配修正を組み合わせる行うことによって、効果的に土砂流出を抑えることができることが示唆された。

謝辞：本研究にあたり、ご支援を頂いた国際農林水産業センター沖縄支所の干川明氏に心からお礼を申し上げます。この研究は日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究(S)(課題番号：17106006、研究代表者：池田駿介)および沖縄建設済済会技術開発支援事業(研究代表者：酒井一人)の支援によって行われた。

参考文献

- 1) 仲宗根一哉・比嘉榮三郎・満本裕彰・大見謝辰男：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―、沖縄県衛生環境研究所、第32号、pp.67-72, 1998.
- 2) 澤井健二：粘性土の侵食と堆積に関する一考察―沖縄県国頭マージを事例として―、京都大学防災研究所報、第33号、B-2, pp.571-577, 1990.
- 3) 大澤和敏・山口悟司・池田駿介・高椋恵：農地における土砂流出抑制対策の比較試験、水工学論文集、第49巻、pp.1099-1104, 2005.
- 4) 大澤和敏・池田駿介・山口悟司・高椋恵・干川明：農業流域から河川へ流入する微細土砂の抑制対策試験および解析、河川技術論文集、第11巻、pp.309-314, 2005
- 5) 中嶋洋平・池田駿介・赤松良久・宮本泰章・山口悟司・戸田祐嗣：石垣島名蔵川における土砂・栄養塩の流出に関する現地観測、土木学会論文集、2003.
- 6) 国際サンゴ礁研究・モニタリングセンター提供.
- 7) 数値地図50mメッシュ(標高)：国土地理院

(2005. 9. 30受付)