

# 流域環境整備の生態学的方法

## —赤土流出の著しい沖縄島北部小流域を事例として—

Ecological discussion for the environmental management in an eroded drainage basin  
in the northern part of Okinawa-Island, southwest Japan.

武内和彦\*

by Kazuhiko TAKEUCHI

### I 研究の背景と本論の役割

流域は、表流水の集積する地形的ひろがりであり、水系によって構成され、また分水界によって他の流域と区分される、ひとつの自然地理学的基本単位である。空間単位としての流域の最大の特徴は、システム(drainage system)としての機能的まとまりと、空間的階層性をもつ点にある。これは、流域が、水を中心とする物質の循環系をとらえる際に有効であることを示すばかりでなく、同質的な単位として区分されることの多い環境要因の空間分布を相互の機能的結び付きとして関連付けるうえで意義深いことを示唆している。

このことを応用学的視点からみるならば、流域は、単に水利用の合理化をはかるための基礎単位として重要なばかりでなく、流域生態系ともよぶべき環境要因の有機結合をささえる環境単位として、空間計画の各段階において重要な役割をはたしうと考えられるのである。最近では環境地形学という新しい研究領域の中で、地域の環境整備(environmental management)をすすめるうえでの流域の重要性が認められるようになり(COATES 1971, COOKE & DOORNKAMP 1974, HAILS 1977, DUNNE & LEOPOLD 1978, 日下 1978)、またその主旨に基づく基礎研究も世界各地ではじめられている(たとえば、WATSON 1972, EARLE *et al.* 1979, FISH *et al.* 1979 など)。

流域を環境整備の基礎単位とすることの意義は、土壌侵食にみられるように、環境問題の発生が流域システムを通じて構造的にひきおこされている場合、とくに大き

い。筆者らは、その典型的な例として、“赤土”<sup>ちくど</sup>とよばれる亜熱帯赤・黄色土壌の流出の著しい沖縄島北部屋部川流域(STRAHLER 1952による7次流域)において、流域環境整備の課題と方法を検討してきた。名護市(1977)による報告書では、屋部川流域の特性と問題点をふまえたうえで、現況土地利用・土地環境・植生・流域システムの分析がすすめられ、また流域環境整備の方法(とくに土地環境および生物空間保全の方法)が考察された。屋部川流域の中でとくに問題となっている土砂流出については、さらに詳細な分析と考察がすすめられた。山本・前門(1977)は、人工改変裸地にみられる微地形と流出土砂量の関係を議論し、門村・山本(1978)は、世界の諸地域における加速的侵食の速さについてのデータ整理結果をふまえて、沖縄島北部とくに屋部川流域内の3次流域における人為的侵食の特性を論じた。さらに前門(1978)は、西屋部川流域(6次流域)における土砂流出機構の特質について、分析的に論じている。一方、TAKEUCHI & YAMAMOTO (1977)は、流域環境整備の方法論的基礎をふまえて、小流域(3次流域)における流域環境整備のあり方を検討した。ここでは、土壌・傾斜に注目した土地評価と植生学的にみた今後の土地利用のあり方についての考察がなされた。

本論は、そうした研究成果をふまえて、またとくに湿润亜熱帯の特性を強く意識しながら、屋部川5次流域を事例として、流域環境整備の生態学的方法を論じようとするものである。なお、本研究に先だって、調査対象流域(屋部川流域内を<sup>びーまた</sup>又流域)の植生調査がおこなわれているが、その結果は、筆者らによって別途報告されている(武内・新里 1979)。ここでは、その結果も一部引用しつつ論をすすめる。

\* 東京都立大学理学部地理学教室  
Department of Geography, Fac. Sci., Tokyo Metropolitan University.

## II 流域環境整備の方法論的基礎

筆者らは、すでに、流域環境整備の方法論的基礎として、(1)流域環境保全のための骨格づくり(保全系)、(2)土地自然の性質をふまえた適正土地利用の提示(土地評価)、(3)流域環境整備のための技術的対応(生態学的技術)、を考えることが重要であることを指摘した(TAKEUCHI & YAMAMOTO 1977)。

(1)の保全系については、環境問題をできるだけ流域単位内部で処部することが前提となるが、分水界(divide)と水路(channel)付近は保全の骨格を形成するとくに重要な空間部分である。なぜなら、分水界は隣接する流域、水路は下流域に、それぞれ被害を派生せしめないために、環境浄化能力を持った空間として保全されることが望ましいからである。すでにのべたように、流域単位は階層性を有しており、保全系はそれぞれのレベルの保全系の集合体としてとらえられるが、流域生態系の安定性を高めるためには、できる限り低次の流域単位から高次の流域単位にわたって保全系の骨格を形成することが必要となる。

(2)の土地評価については、3次流域の場合、土壌侵食をひきおこす直接的要因である土壌・傾斜をとくに考慮したが、より高次の流域単位では、間接的要因も含めより総合的な土地評価をおこなうことが必要である。5次流域は、屋部川流域の場合、ほぼ集落レベルの空間的ひろがりに対応しているということもあり、地域秩序のあり方をひろく考えてゆく必要がある。土地自然については、土地の自然潜在力を総合的に把握することが必要となり、また土地利用についても、バイン・サトウキビといった個々の農作物を対象とした考察にとどまらず、より土地利用の質を総合的に把握する必要がある。

土地評価に際しては、湿潤亜熱帯の特性を考慮しておく必要がある。とくに重要な点は、土地評価を静的なものとしてではなく、動的なものとしておこなうことである。すなわち、湿潤亜熱帯では、土地自然が土地利用を規定しているだけではなく、土地利用が逆に土地自然の性質に強く影響を与え、またそのことが土地利用の今後のあり方を左右することが多い。たとえば、森林の農地化により表層土が流亡し、結果として土地の自然潜在力が極度に低下し、さらにそのことが農地としての利用を不可能にしてしまうといった現象は、その例である。したが

って、湿潤亜熱帯では、土地自然と土地利用をあらかじめ相互にダイナミックに関係し影響しあう存在としてとらえ、しかも、現況の機能的関係(contemporary functional relationships, Moss 1968, 1969)に重点を置いて、土地評価をすすめてゆくことが必要である。

土地自然と土地利用をダイナミックな関係としてとらえてゆく場合、現存植生は、両者の媒介因子として、とくに重要なものとなる。なぜなら、現存植生は、それ自身が土地自然の影響と同時に土地利用の影響を受けて成立する存在だからである。現存植生を土地自然と土地利用の媒介因子と考えた場合、従来筆者ら(井手・武内 1974, 武内 1976, 1979 など)が提唱してきた「潜在自然植生—地形」類型による土地自然の類型化と自然立地単位区分は、従来主張してきた生物・非生物的自然潜在力を高度に指標する因子の組み合わせという意味に加え、さらに潜在自然植生をとうして現存植生と関係付けることが容易であるという利点が生まれる。一方、土地利用については、従来類型化があいまいなままで土地評価の中に組み込まれてきたが、これについても現存植生と関連付けるための基準が必要となる。ところで、現存植生に反映される土地利用による人為的干渉の程度は、代償群落度(Tüxen 1956)という概念で説明される。そこで、本論では、土地利用形態に代償群落度による意味付けを加え、「代償群落度—土地利用」類型による土地利用の類型化と土地利用単位区分手法を、あらたに展開する。土地利用の生態学的類型化については、今後さらに多くの議論が展開されることを期待するが、現存植生との関連付けが主要な問題となることは間違いない。

自然立地単位と土地利用単位を用いた土地評価は、つぎのようなプロセスでおこなわれる。すなわち、はじめに、自然立地単位と土地利用単位の過去および現在における対応関係を把握し、つぎに、自然立地単位と土地利用単位の現況の機能的関係に内在する問題点を抽出し、さらに、現況の機能的関係をふまえて今後の土地利用のあり方を検討する。この際、自然立地単位と土地利用単位の相互が流域単位内でいかに関係しあうかについて考慮することが必要である。また、農業開発にともなう土壌侵食の防止を目的とするような保全的視点からの土地評価では、評価結果として肯定的可能性よりも否定的限界性を示すことに重点がおかれる(YOUNG 1973)。

(3)の生態学的技術(eco-engineering, VANÍČEK 1977)については、緑地学的立場から、従来の緑化技術を超えた諸々の方法を検討する必要があることが指摘さ

れる。緑化の対象となる空間については、土地自然の性質に適した植栽方法を考えるとともに、植栽地が今後土地自然と土地利用の相互関係の中でどう機能するかについて、生態学的考察を加えておくことが必要になる。保護の対象となる空間については、植生管理手法が確立されなければならない。また、農地についても、保全的視点から、いかなる作目が適しているか、さらにまた、いかなる利用形態が適しているかを、生態学的に検討してゆく必要がある。いずれにしても、土壌侵食防止等に対して、工学的技術による対応だけではなく、土地利用のあり方（たとえば等高線栽培、マルチングなど）を含めた生態学的技術による対応を十分検討しておくことが必要となる。

以上のべた(1)(2)(3)のうち、(1)については、3次流域の保全系から5次流域・7次流域の保全系というように各流域単位の保全系を階層的に組み合わせることにより骨格が形成されるから、ひとり5次流域だけの問題ではない。また、(3)については、流域環境整備計画の実施段階で検討すべき内容を多く含んでおり、また、具体化に際しては、実証的に議論を展開してゆくことが必要である。したがって、本論では、事例考察の中で、とくに(2)の土地評価に重点をおいて、論を展開する。

### III 調査流域の概要と現存植生の特徴

調査流域である屋部川為又流域は、沖縄本島北部に位置する。為又流域を含む屋部川流域は、沖縄本島の中で最も土砂流出にともなう環境悪化の著しい地域のひとつである（名護市 1977）。とくに、為又流域は、1960年代以降のパイン畑やサトウキビ畑の造成に加えて、公共施設（県農業試験場等）の造成も1973年以降進行しており、土地自然の改変が著しい（門村・山本 1977）。為又流域を含めて名護市域では、こうした略奪的な土地利用の限界が指摘されており（名護市 1977）、また、屋部川流域については、今後の流域環境整備のあり方についての提言が求められている。

屋部川流域の地質は、西部で粘板岩や千枚岩が基盤となるのに対して、東部は礫層や砂礫層が分布する（国土庁 1974）。為又流域は、固結堆積物と未固結堆積物の分布の境界帯に位置し、屋部川流域全体の地質の特徴を兼ね備えているといえる。とくに、未固結堆

積物の分布域は、土地改変が容易であり、主として土壌侵食の問題をひきおこす地域となっている。また、屋部川流域にみられる主要な土壌は、沖縄諸島にひろくみられる亜熱帯赤・黄色土壌であり、また、低地には、褐色低地土壌やグライ土壌が分布する（黒島・小島 1969、国土庁 1974）。

調査流域は、地形的には丘陵地に含められ、少なくともパイン畑造成以前には、大規模な土地改変はなかったところが、1960年代前期以降の土地改変は、流域の生物的環境を一変させてしまった。筆者ら（武内・新里 1979）は、土地改変が現存植生にいかなる影響を与えたかを知るために、植物社会学的植生調査を実施したが、その結果を整理したものがTab.1の為又流域現存植生総合常任度表である。ここにみられる植生単位のいくつか（たとえばメヒシバーススキ群落やヒデリコ・ハイキビ群落）は、土地改変後新たに出現したものであり、土地改変が大規模におこなわれる以前の伝統的土地利用体系下の現存植生の状況とは大きくことなる。

こうした植生変化のプロセスをより理解しうるように模式的に表現したものが、Fig.1に示されている。これは、現存植生の各単位を代償系列下に位置付け、さらに、現存植生の変化の方向を土地利用行為との関係で示めたものである。ここで、現存植生の変化は、代償群落度の変化と、潜在自然植生（土地の生物潜在力）の変化に帰結することがわかる。

代償群落度の変化は、主に高いものへの変化であり、林地から農地・施設地への変更といった土地利用強度の強まりに影響されている。また、逆に、代償群落度の低いものへの変化は、放棄地にみられ、造成後買い占めにより放置された土地や水田放棄地など、土地利用強度が弱まったところにみられる。

一方、潜在自然植生の変化は、生物潜在力の変化であり、主に土地利用にともなう土地造成に影響されている。かつてのスダジイ林域（リュウキュウアオキースダジイ群集域）のかなりの部分は、パイン畑や施設地のための土地造成によって、貧化したリュウキュウマツ林域（テンニンカーリュウキュウマツ群落典型下位群落域）に変化していると推定される。また、湿地の植生域（シマイズセンリョウアカミズキ群落典型下位群落域やヒメガマーセイコノヨシ群落域）は、土砂堆積、盛土により、表土をもたない特殊な立地（ここでは仮りにアカメガシワ群落を推定）に変化している。こうした貧化した潜在自然植生域の出現は、赤土流出など流域環境の悪化をひきおこす原因ともなっている。



5 カタバミーオニタビラコ群落区分種

<i>Oxalis corniculata</i>	カタバミ	I <sup>+</sup>	V <sup>+~3</sup>
<i>Youngia japonica</i>	オニタビラコ		V <sup>+~1</sup>
<i>Solanum nigrum</i>	イヌホウズキ	I <sup>+</sup>	N <sup>+</sup>
<i>Blumea lacera</i> v. <i>blumei</i>	サケバコウゾリナ	I <sup>+</sup>	III <sup>+</sup>
<i>Cyperus rotundus</i>	ハマスゲ		III <sup>+~1</sup>

6 メヒシバーススキ群落とカタバミーオニタビラコ群落の共通種

<i>Digitaria adscendens</i>	メヒシバ		N <sup>+~1</sup>	V <sup>+~2</sup>
-----------------------------	------	--	------------------	------------------

7 ミズスギーリュウキュウマツ群落区分種

<i>Lycopodium cernuum</i>	ミズスギ	I <sup>+</sup>	V <sup>+~3</sup>
<i>Sphenomeris chinensis</i>	ホラシノブ	I <sup>+</sup>	N <sup>+</sup>
<i>Pogonanthum crinitum</i>	イタチガヤ	I <sup>+</sup>	N <sup>+~1</sup>

8 テンニンカーリュウキュウマツ群落区分種

<i>Rhodomyrtus tomentosa</i>	テンニンカ		N <sup>+~1</sup>	III <sup>+</sup>
<i>Glochidion obovatum</i>	カンコノキ	I <sup>+</sup>	II <sup>+</sup>	III <sup>+</sup>
<i>Eurya japonica</i>	ヒサカキ	I <sup>+</sup>	V <sup>+~2</sup>	V <sup>+~1</sup>

9 リュウキュウマツ林要素

<i>Pinus luchuensis</i>	リュウキュウマツ		V <sup>+~4</sup>	V <sup>1~4</sup>	I <sup>+</sup>
<i>Dicranopteris dichotoma</i>	コシダ	II <sup>+</sup>	V <sup>+~2</sup>	V <sup>4~5</sup>	I <sup>+</sup>
<i>Melastoma candidum</i>	ノボタン	II <sup>+</sup>	N <sup>+~3</sup>	III <sup>+</sup>	I <sup>+</sup>
<i>Pteridium aquilinum</i> v. <i>latiusculum</i>	ワラビ	I <sup>+</sup>	I <sup>+</sup>	III <sup>+</sup>	

10 スダジイ林要素 (テンニンカーリュウキュウマツ群落ヒメユズリハ下位群落区分種)

<i>Daphniphyllum teijsmannii</i>	ヒメユズリハ		V <sup>+~3</sup>	N <sup>+~2</sup>	
<i>Syzygium buxifolium</i>	アデク	I <sup>+</sup>	V <sup>+~2</sup>	V <sup>+~2</sup>	I <sup>+</sup>
<i>Diospyros morrisiana</i>	トキワガキ		V <sup>+</sup>	N <sup>+~1</sup>	I <sup>+</sup>
<i>Antidesma japonicum</i>	ヤマヒハツ	I <sup>+</sup>	N <sup>+</sup>	V <sup>+</sup>	II <sup>+</sup>
<i>Myrsine seguinii</i>	タイミンタチバナ		III <sup>+</sup>	V <sup>+~2</sup>	
<i>Camellia sasanqua</i>	サザンカ		II <sup>+~1</sup>	II <sup>+</sup>	I <sup>+</sup>
<i>Myrica rubra</i>	ヤマモモ		III <sup>+~3</sup>	II <sup>+~2</sup>	I <sup>+</sup>
<i>Smilax nervo-marginata</i>	ササバサンキライ	I <sup>+</sup>	III <sup>+</sup>	N <sup>+</sup>	II <sup>+</sup>
<i>Lindsaea chienii</i>	エダウチホングウシダ		II <sup>+</sup>	V <sup>+</sup>	II <sup>+</sup>

11 リュウキュウアオキースダジイ群集標微種・区分種

<i>Castanopsis sieboldii</i>	スダジイ		I <sup>+</sup>	V <sup>4~5</sup>	I <sup>+</sup>
<i>Distylium racemosum</i>	イスノキ		N <sup>+~1</sup>	III <sup>+</sup>	I <sup>+</sup>
<i>Randia canthioides</i>	シマミサオノキ			III <sup>+</sup>	
<i>Lasianthus cyanocarpus</i>	タイワンルリミノキ		I <sup>+</sup>		

Tarennia gyokushinkwa

Microtropis japonica

Symplocos stellaris

Ardisia crenata

Dendropanax trifidus

12 シマイズセリョウアオカミズキ群落区分種

Maesa tenera

Mussaenda parviflora

Stephania japonica v. australis

Glochidion zeylanicum

Elaeagnus glabra

Ficus erecta

Lygodium japonicum

Mallotus japonicus

Wendlandia formosana

Elaeocarpus sylvestris

Scleria terrestris

13 リュウキウアオカミズキ群の構成種

Elaeocarpus japonicus

Ilex maximowicziana v. mutchagara

Ardisia quinquegona

Schefflera octophylla

Psychotria rubra

14 乾性タイプの森林要素

Vaccinium wrightii

Cinnamomum doederteinii

Symplocos lucida

Gardenia jasminoides f. grandiflora

Viburnum japonicum

15 ヤブツバキクラスの構成種

Psychotria serpens

Raphiolepis indica v. insularis

Smilax sebeana

Schima wallichii ssp. liukuensis

Machilus thunbergii

ギョクシンカ

モクレイシ

ヤンバルミミズバイ

マンリョウ

カクレミノ

シマイズセリョウ

コンロンカ

コバノハスノハカズラ

カキバカンコノキ

ツルグミ

イスビワ

カニクサ

アカメガシワ

アカミズキ

ホルトノキ

オオシンジュガヤ

コバンモチ

ムツチャガラ

シシアクサ

フカノキ

リュウキウアオキ

ギイマ

シバニッケイ

クロキ

クチナシ

ハクサンボク

シラタマガズラ

オキナワシヤリンバイ

ハマサルトリイバラ

イジュ

タブ

以下省略

I +

I +

I +

III +

III +

III +

III +

II +

V<sup>++2</sup>

III +

III +

III +

N<sup>++1</sup>

N<sup>++1</sup>

V<sup>++2</sup>

V +

V +

V<sup>++2</sup>

N<sup>++3</sup>

II<sup>2</sup>

III +

N<sup>++1</sup>

V<sup>++2</sup>

V<sup>++1</sup>

III +

II +

I +

II +

N<sup>++2</sup>

N<sup>++1</sup>

III +

N<sup>++2</sup>

N<sup>++1</sup>

III +

V<sup>++1</sup>

V<sup>++2</sup>

V +

V +

N<sup>++1</sup>

V<sup>++2</sup>

N<sup>++1</sup>

III +

N<sup>++2</sup>

N<sup>++1</sup>

III +

N<sup>++2</sup>

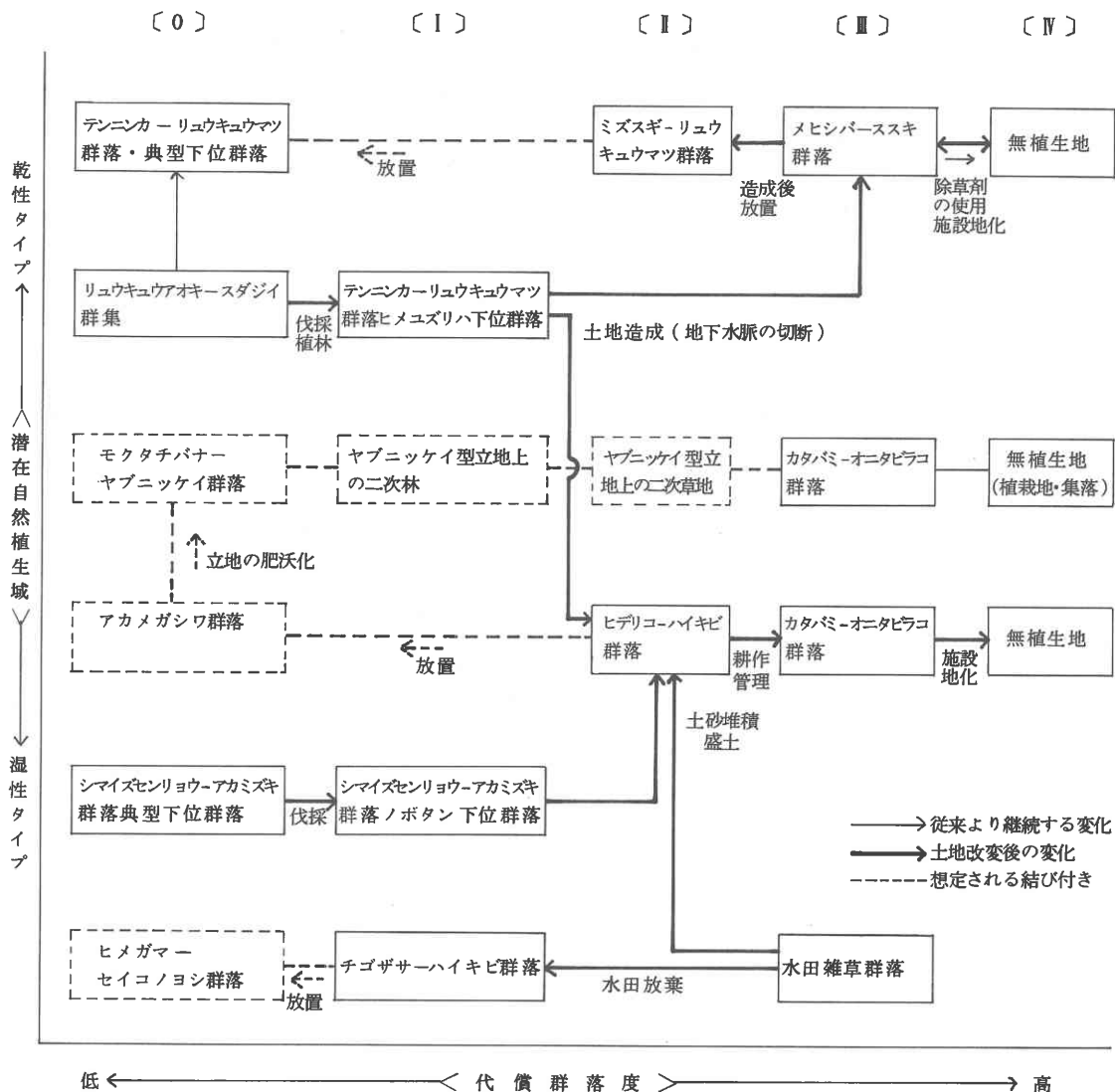


Fig. 1 代償系列下における植生単位的位置と伝統的土地利用体系以降の現存植生の変化

Ordination of vegetation units on the substitution series and the change of actual vegetation since the traditional land use system has broken down

以上のべてきたように、流域環境の変化は、土地自然と土地利用の相互の変化としてとらえられる。そこで、本論では、さらに、潜在自然植生と地形、代償群落度と土地利用形態の類型化をはかり、土地自然と土地利用の相互関係を、自然立地単位と土地利用単位の相互関係としてとらえなおしたうえで、生態学的土地評価の事例的検討をすすめてゆくこととする。

#### IV 自然立地単位と土地利用単位

まずTab.2に自然立地単位の性質がまとめられているここでは、自然立地単位の類型化の指標である現在の潜在自然植生と地形のほか、土地改変が大規模におこなわれる以前の潜在自然植生と地形、また、自然立地単位をささえる表層地質や土壌の性質、地形の人工改変により

Tab. 2 自然立地単位の性質

Characteristics of bio-physical land units

自然立地 単位番号	土地改変前の 潜在自然植生	土地改変前の 地 形	現 在 の 潜在自然植生	現在の 地 形	主たる 表層地質	主たる <sup>1)</sup> 土 壤	土壌の <sup>2)</sup> 乾 湿	土壌 <sup>3)</sup> P H	地形の人工改変に より発生した問題
1	リュウキュウアオキ スダジイ群集	丘陵地 斜面	リュウキュウアオキ スダジイ群集	自然急斜面	粘板岩～ 千枚岩	黄色土壌	弱乾～潤	強酸性	
2			リュウキュウマツ 群落	人工緩斜面	礫層～ 砂礫層	表層剝離 赤色土壌	乾	強酸性 ～ 弱酸性	布状・リル・ガリ 侵食の発生
3			リュウキュウマツ 群落	人工平坦地	礫 層	表層剝離 赤色土壌	乾	強酸性	著 しい ガリ 侵食の発生
4			アカメガシワ群落	人工平坦地	礫 層	表層剝離 赤色土壌	弱 湿	強酸性	水脈の切断による 表流水の停滞
5	モクダチバナ ヤブニッケイ群落	段 丘 面	モクダチバナ ヤブニッケイ群落	(自然) 段 丘 面	沖積砂礫層	褐色低地 土 壤	潤	弱アルカリ性	
6	シマズセンリョウ アカミズキ群落 典型下位群落	扇状地性 谷底面	シマズセンリョウ アカミズキ群落	(自然) 扇状地性 谷底面	各種地層	崩積土壌	湿	強酸性 ～ 弱アルカリ性	
7			アカメガシワ群落	人工盛土地	沖積砂礫層	人為未熟 土 壤	弱湿～湿	弱アルカリ性	上流部からの 土砂の堆積
8	ヒメガマ セイコノヨシ群落	谷底低地	ヒメガマ セイコノヨシ群落	(自然) 谷底低地	沖積砂礫層	グライ 土 壤	多 湿	弱アルカリ性	周辺の地盤高の 上昇による過湿化

注) 1) 多賀俊介調査による(名護市(1977)付属資料)。

2) 府本礼司調査による(名護市(1977)付属資料)。

3) 名護市農林課(1978)調査資料による。1部推定。

発生した問題が整理されている。ここでは、土地改変前のスダジイ＝丘陵地斜面がいくつかの自然立地単位に分解され、また、かつての自然立地単位域をまたがって新たな自然立地単位(アカメガシワ＝人工盛土地)の成立したことが注目される。自然立地単位の分布は、Fig. 2の自然立地単位図に示めされている。

また Tab. 3 には、土地利用単位の性質がまとめられている。ここでは、土地利用単位の類型化の指標となる代償群落度と現在の土地利用形態のほか、1960年代までの土地利用形態、また土地利用単位内に分布する主要な現存植生、土地利用単位成立の背景と問題点が整理されている。この表では、とくに、かつての林地が、さまざまな土地利用単位に分解されたことが注目される。また、パイン畑や公共施設地で2つの代償群落度がまとめられているのは、除草剤の使用により代償群落度が容易に変化しているからである。こうした土地利用単位の分布は、Fig. 3の土地利用単位図に示めされている。なお、本論では、以後土地利用単位の略称として、土地利用形態の名称を便宜的に用いて説明をつづける。

さて、つぎに、自然立地単位と土地利用単位の対応関係について考察してみる。考察に先だって、1960年代以前の伝統的土地利用体系下における土地自然と土地利用の関係は簡単にまとめておく。その時点での両者の関係は、きわめて一義的なものであったと推定される。すなわち、林地(自然林および二次林)は、スダジイ＝丘陵地斜面やアカミズキ＝扇状地性谷底面に分布し、畑地や集落地はヤブニッケイ＝段丘面に限られていた。また、水田は、セイコノヨシ＝谷底低地にひろがっていた。この時点では、土地利用は、土地自然の提供する潜在力の許容範囲内でいとなまれ、赤土流出等の環境問題はほとんどなかったとみてよいであろう。

それに対して、現在(調査のおこなわれた1975年現在)では、土地自然と土地利用の関係はきわめて多様化している。自然立地単位図と土地利用単位図の重ね合わせにより、Tab. 4のような対応関係が得られた。強い対応関係をしめす特化度(武内 1976)が1以上にしぼって自然立地単位と土地利用単位の対応関係をみると、まず、自然林、二次林は、スダジイ＝自然急斜面、アカミ



ズキ＝扇状地性谷底面に限定されている。また、荒蕪地、パイン畑は、リュウキュウマツ＝人工緩斜面に分布する。それに対して、キビ・ミカン畑は、リュウキュウマツ＝人工緩斜面、アカメガシワ＝人工盛土地、ヤブニッケイ＝段丘面にまたがっている。集落地は、ヤブニッケイ＝段丘面に分布するほか、アカメガシワ＝人工盛土地にもみられる。公共施設地は、リュウキュウマツ＝人工平坦地とアカメガシワ＝人工平坦地にまたがって分布する。さらに、水田放棄地は、セイコノヨシ＝谷底低地に限られる。

自然立地単位と土地利用単位の対応関係の特徴をまとめると、まず、土地改変を受けていない立地に代償群落度の低い（自然性の高い）土地利用が成立していること、また逆に、代償群落度の高い土地利用単位は集落地をのぞいて土地改変のす

すんだ自然立地単位（人工系の立地）上に成立していること、さらに、荒蕪地のような強度の低い土地利用は特定の自然立地単位とむすびついていることが指摘できる。すなわち、1960年代以降急速にすすめられてきた代償群落度を高めるかたちでの土地利用行為は、土地改変による自然立地単位の変化（自然潜在力の貧化）をひきおこし、また、特定の立地が、土地の買占めや放棄の対象となってきたのである。これに対して、代償群落度の低い土地利用単位や代償群落度は高くとも伝統的に維持されてきた集落地は、土地改変を受けずに残存する自然立地単位上に成立している。

赤土流出のような環境問題をひきおこしているのは、とくに、代償群落度の高い土地利用単位と自然潜在力の

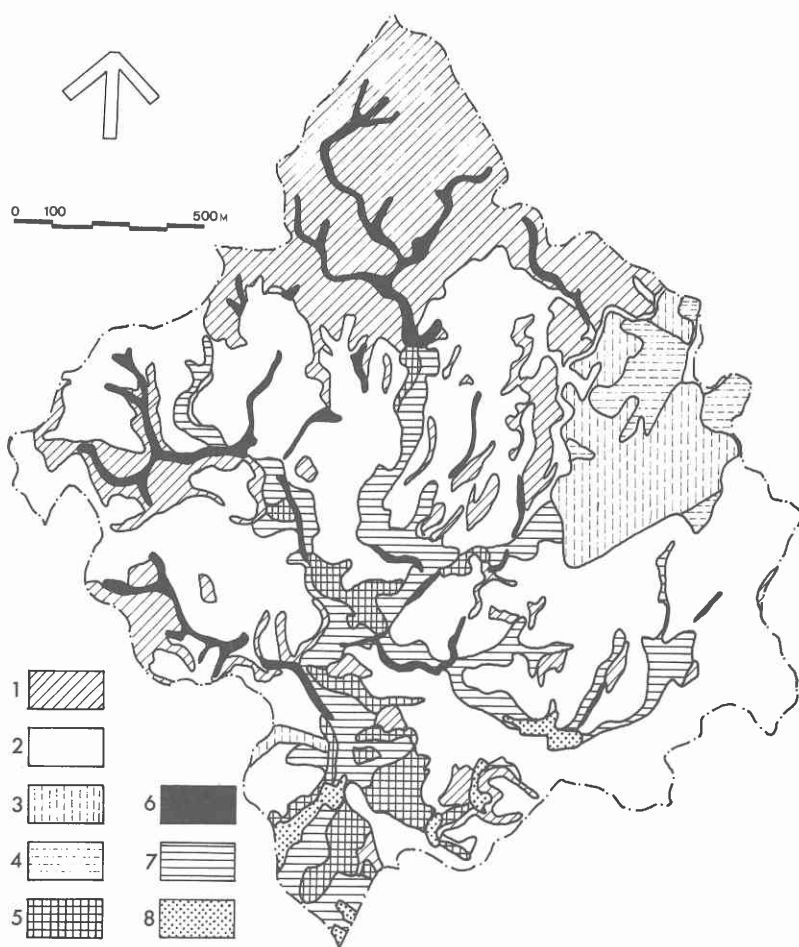


Fig. 2 為又流域の自然立地単位図（凡例は、Tab. 2 参照）

Map of the bio-physical land units in Bimata basin

貧化した自然立地単位の重なる空間部分であり、逆に、水源かん養・土砂流出防止等の保全機能をもつのは、代償群落度の低い土地利用単位と自然潜在力がそのまま維持されてきた自然立地単位の重なる空間部分である。こうした関係を十分考慮しながら、流域環境整備のための土地評価をつぎに試みる。

## V 流域環境整備の方向

伝統的土地利用体系下では、土地自然の性質に加えて、流域システムに対応した土地利用がいとなまっていた。

Tab. 3 土地利用単位の性質

Characteristics of landuse units

土地利用 単 位	1960年代までの 土地利用形態	代 償 群落度	現在の土地 利 用 形 態	主要な現存植生	土地利用単位成立の背景と問題点
1	林 地	O	自 然 林	リュウキュウアオキ スダジイ群集 テンニンカー リュウキュウマツ群落 典型下位群落 シマイズセンリョウ アカミズキ群落 典型下位群落	集落および農地に対しての簡易水道の水 源を確保するための水源かん養林として 残されてきた。一部伐採を受けているも のもみられる。
2		I	二 次 林	テンニンカー リュウキュウマツ群落 ヒメズリハ下位群落 シマイズセンリョウ アカミズキ群落 ノボタン下位群落	かつて燃料・用材のための薪炭林として 利用されたが、今日では土地利用上積極 的な意義が認められていない。
3		II	荒 蕪 地	ミズスギ リュウキュウマツ群落 ヒデリコーハイキビ群落	土地造成がされたがその後土地買占め等 によりそのまま放棄され荒蕪地となった。
4		III ↔ IV	パ イ ン 畑	メヒンバーススキ群落 無植生地	1959年に特惠措置がとられ、また、公有 地の払い下げ等があったため急速に拡大 した。ブルドーザーによる土地造成・除 草剤の使用が著しい。
5		III ↔ IV	公共施設地	メヒンバーススキ群落 ヒデリコーハイキビ群落 無植生地	名護市街地の拡大に伴い農業試験場の移 転が計画され 1974年より土地造成がは じまった。土砂流出が著しく地盤は不安 定である。
6	畑 地	III	キビミカン畑	カタバミー オニタビラコ群落	1959年の特惠措置により拡大した。かつ ての水田域では流出土砂を利用した盛土 上に成立した。ミカン畑は篤農家により はじめられた。
7	水 田	I	水田放棄地	チゴザサーハイキビ群落	かつての水田で他の土地利用へ転換され ないまま放棄され湿性草地化した。
8	集 落 地	IV	集 落 地	無植生地 (建ぺい地および植栽地)	為又の集落は開拓により発生したもので あるが、集落の分布域は現在に至るまで 大きく変化していない。

すなわち、上流域の丘陵地(スダジイ＝丘陵地斜面)には林地が分布し、一部薪炭林としての利用をはかるとともに、農地・集落地の水源として機能していた。また、土壌の肥沃な地盤の安定した立地(ヤブニッケイ＝段丘面)には集落や畑地(キビ・イモ畑・そ菜畑)が分布し、生活や生産をささえていた。また、下流域の低湿地(セイコノヨシ＝谷底低地)には水田が分布し、農業生産をささえるとともに、流域の中で遊水池の機能をはたしていた。さらに、水路沿い(アカミズキ＝扇状地性谷底面)には林地が分布し、水を浄化する機能をはたしていた。

ところが、現在の土地利用は流域システムの特性とは

無関係におこなわれているために、かえって環境問題が流域システムをとうして派生している。その最大の原因は、米作中心の農業から、パイン・キビ作中心の農業に変わったことである。薪炭林や水源かん養林として機能していた林地も、薪炭材の利用がなくなり、また水利に必要な水田が減少してから急速に土地利用上の意義をうしない、逆に、パイン畑の造成予定地として開墾の対象となった。

現在林地は、粘板岩や千枚岩を基礎とする開墾の困難な立地単位(スダジイ＝自然急斜面)上に限られており、簡易水道の水源地として機能しているのみである。パイ

ン畑の開墾と更新は、ブルドーザーによる土地造成をとめない、とくに土壌侵食をひきおこす原因となっている。また、近年みられる公共施設地造成の場合は、地形そのものを大きく変えてしまうために、より以上に土壌侵食をひきおこしている。

屋部川流域における土壌侵食による土砂流出量については、門村・山本（1978）が、観測値をもとに推定した結果をまとめている。この結果では、自然林下の丘陵地では土砂流出量が  $50 \text{ m}^3 / \text{km}^2 \cdot \text{yr}$  をこえることはないと思われるのに対して、パイン畑の場合は  $10,000 \sim 50,000 \text{ m}^3 / \text{km}^2 \cdot \text{yr}$  という大量の土砂の流出することがあり、また、公共施設地（大規模谷埋め改変地）では  $100,000 \text{ m}^3 / \text{km}^2 \cdot \text{yr}$  のオーダーに達するものと推定されている。すなわち、自然地形上の林地に比して、人工改変地形上のパイン畑では  $10^3$  倍、公共施設地では  $10^4$  倍程度の土砂流出がひきおこされているのである。

一方、これらを主要な発生源とする土砂は、下流域におよび、低地や河川ひいては海浜にいたるまで堆積している。名護市（1977）では、観測結果から、河床勾配が緩かで湿地を含む低地が広い場合には、洪水がそこに流入すると流送土砂が拡散・沈澱して減少することが報告されている。しかしこうした遊水池的機能をもっていたかつての水田の立地（セイコノヨシ＝谷底低地）は、大部分が土砂の堆積や盛土により特殊な立地（アカメガンワ＝人工盛土地）に変化している。また水路沿いの林地もいたるところ分断され、かつての立地（アカミズキ＝扇状地性谷底面）のかなりの部分は特殊な立地（アカメ

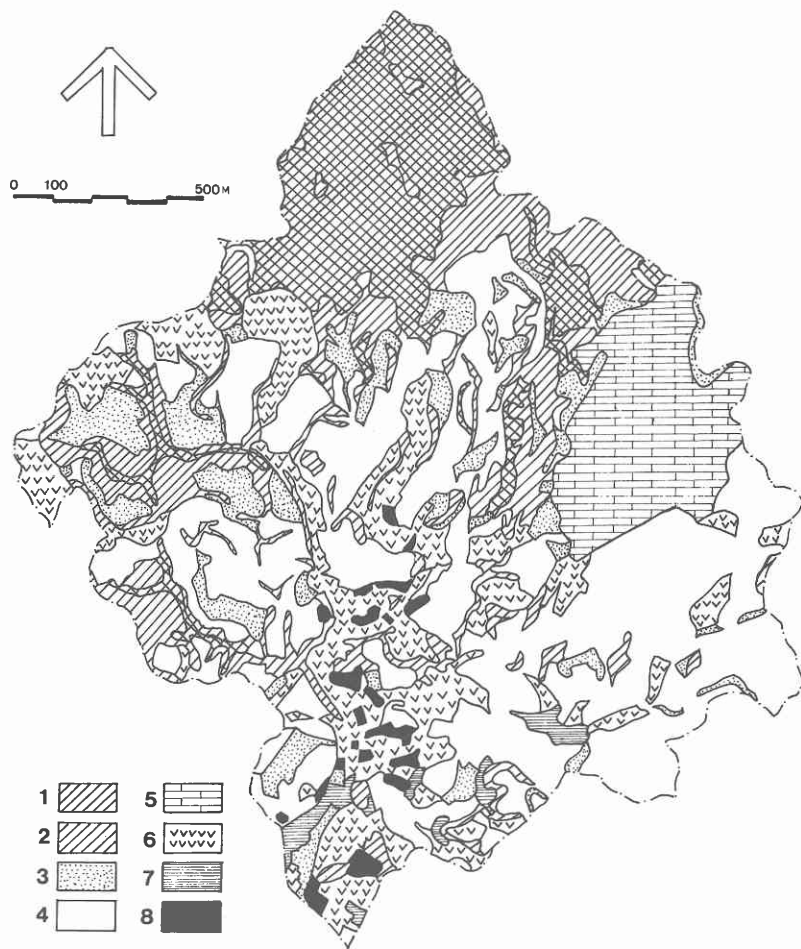


Fig. 3 為又流域の土地利用単位図（1975年現在、凡例はTab. 3 参照）  
Map of the land use units in Bimata basin

ガンワ＝人工盛土地）に変化し、水の浄化機能はうすれている。現在遊水池的機能をもつ部分（セイコノヨシ＝谷底低地）はごくわずかに残されているが、土砂の堆積がすすめば遠からず消滅するであろう。

以上のべた調査流域における問題点をまとめ、自然立地単位と土地利用単位の現況の機能的関係の問題点を抽出し、さらに今後の土地利用のあり方をまとめたものがTab. 5 にしめされている。今後の土地利用を考える場合、基本となるのは、流域環境保全のうえで重要な機能をはたしている空間については、さらにその機能を深め、また、流域環境悪化をひきおこしている空間については、問題の解決をはかるための土地利用や緑化のあり方を考えるということである。

Tab. 4 自然立地単位と土地利用単位の対応 (アンダーラインは特化度が1以上を示す。)

Relation between land units and landuse units

土地利用単位 自然立地単位		1	2	3	4	6	8	5	7	計 ha (%)
		自 然 林	二 次 林	荒 蕪 地	パ イ ン 畑	キ ビ ミ カ ン 畑	集 落 地	公 共 施 設 地	水 田 放 棄 地	
1	スダジイ 自然急斜面	27.0 (10.4)	30.8 (11.8)	1.3 (0.5)	0.8 (0.3)	0.3 (0.1)				60.0 (23.0)
6	アカミズキ 扇状地性谷底面	9.5 (3.6)	2.0 (1.2)			0.8 (0.3)				13.3 (5.1)
2	リュウキュウマツ 人工緩斜面	1.3 (0.5)	2.8 (1.1)	19.8 (7.6)	70.5 (27.1)	29.3 (11.2)	0.3 (0.1)	1.5 (0.6)		125.3 (48.1)
7	アカメガシワ 人工盛土地	0.5 (0.2)	1.0 (0.4)	1.5 (0.6)	4.5 (1.7)	16.8 (6.4)	0.5 (0.2)			24.8 (9.5)
5	ヤブニッケイ 段丘面			0.5 (0.2)	3.0 (1.2)	3.8 (1.5)	3.8 (1.5)			11.0 (4.2)
3	リュウキュウマツ 人工平坦地			0.5 (0.2)				16.8 (6.4)		17.3 (6.6)
4	アカメガシワ 人工平坦地							6.0 (2.3)		6.0 (2.3)
8	セイコノヨシ 谷底低地		0.3 (0.1)						2.8 (1.1)	3.0 (1.1)
計 ha (%)		38.3 (14.7)	37.8 (14.5)	23.5 (9.0)	78.8 (30.2)	50.8 (19.5)	4.5 (1.7)	24.3 (9.3)	2.8 (1.1)	260.5 (100.0)

Tab. 5 生態学的土地評価と今後の土地利用の方向

Ecological land evaluation and desired direction of the use of land in the future

土地利用単位 自然立地単位		1	2	3	4	6	8	5	7	土地利用の今後の方向 (土地利用の基本方向については、 名護市農業振興計画(1974)に 基づく)
		自 然 林	二 次 林	荒 蕪 地	パ イ ン 畑	キ ビ ミ カ ン 畑	集 落 地	公 共 施 設 地	水 田 放 棄 地	
1	スダジイ 自然急斜面	** ++	* ++							水源の確保・自然林の保護 二次林の自然林化
6	アカミズキ 扇状地性谷底面	* ++	++							自然林の保護 二次林の自然林化
2	リュウキュウマツ 人工緩斜面	(+)		-	-	-				耕畜結合方式による輪作体系の確立 果樹・工芸作物への一部転換
7	アカメガシワ 人工盛土地	(+)				+				土地利用の集約化 そ業への一部転換
5	ヤブニッケイ 段丘面									土地利用の集約化 そ業への転換
3	リュウキュウマツ 人工平坦地	(+)						---		土壌侵食の防止 大規模緑化復元
4	アカメガシワ 人工平坦地	(+)						---		大規模緑化復元 排水設備の完備
8	セイコノヨシ 谷底低地								++	調整池の機能をもつ湿地の確保

\* 水源かん養機能

+ 土砂流出防止機能

- 土壌侵食の発生

(数の多いものほど顕著にみられる)

自然林や二次林を成立させている立地（スダジイ＝自然急斜面やアカミズキ＝扇状地性谷底面）では、水源かん養機能や土砂流出防止機能をさらに高めるために、自然林としての保護・育成が必要となる。また、水田放棄地となっている立地（セイコノヨシ＝谷底低地）は、下流域に土砂流出をおよぼさないための重要な空間であり、さらに調整池的機能をもつ湿地として整備してゆく必要がある。

農地の土地利用の基本方向については、名護市（1974）による農業振興計画において、耕畜結合方式による輪作体系の確立、果樹、工芸作物（茶など）、そ菜への転換等がうたわれている。これらの農業形態は、現在の粗放的農業に比して集約的であるとともに、表土を必要とし裸地を生みださないものであるから、土壌侵食の発生は急激に減少することが期待される。とくに、丘陵地の人工改変地（リュウキュウマツ＝人工緩斜面）では、その効果は著しいものと予想される。また、輪作体系が確立された場合には、流域の上流部から下流部にわたって、新しい土地利用体系が構築される可能性も生まれる。しかし、こうしたことを現実化するには、表土の復元をふくめ農業をささえる生態学的技術のあり方についての十分な検討が必要となろう。

公共施設地の成立する立地（リュウキュウマツ＝人工平坦地やアカメガシワ＝人工平坦地）は、農地以上の土地改変をうけており、工学的技術による土壌侵食の防止、排

水設備の完備とともに、大規模な緑化復元をはかるべきである。具体的には、樹林帯の造成などが考えられるが、生物潜在力の低い立地に適した樹種の選択や、土壌改良などの技術的対応をはかることが必要である。そして、今後は、こうした土地利用行為そのものをやめる方向で検討してゆく必要がある。

以上で、土地評価・生態学的技術にかかわる流域環境整備の方向を検討してきたが、ここでは最後に、保全系の問題についてまとめておく。保全系の骨格として、分

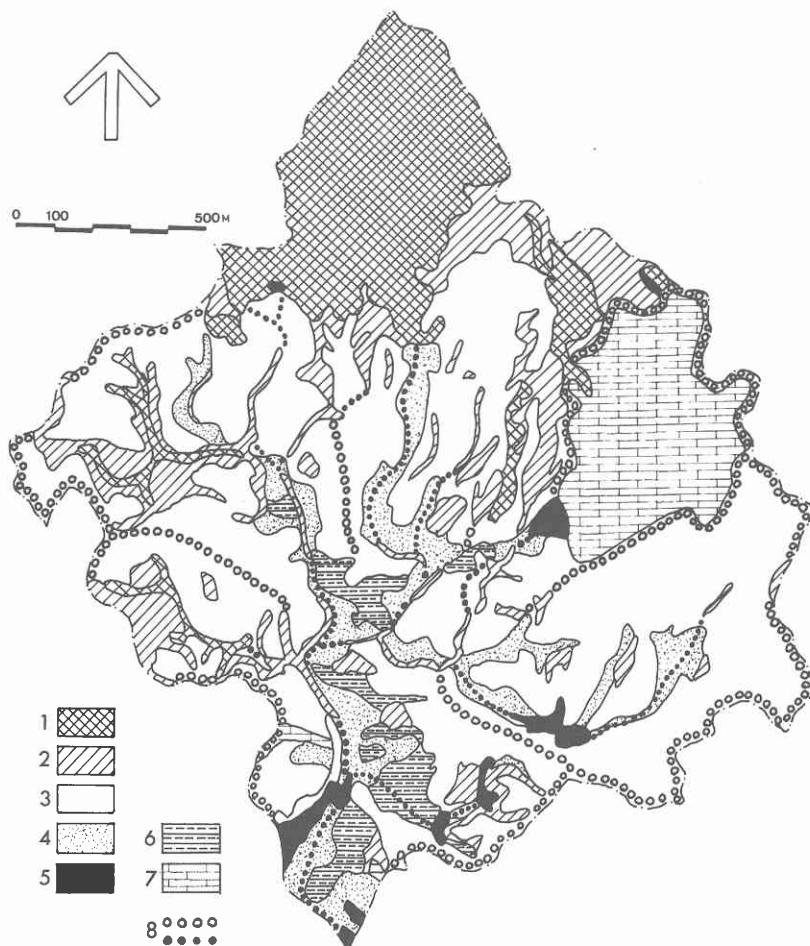


Fig. 4 為又流域の土地利用構想図

Zoning map of the landuses in Bimata basin

1. 自然林保護域
2. 二次林保護域（自然林化をはかる）
3. パイン＋草地あるいはミカン・茶畑
4. サトウキビ＋そ菜畑
5. 湿性草地（調整池を含む）
6. 集落＋そ菜畑
7. 大規模緑化復元地区
8. 耕地林育成帯（白：分水界沿、黒：水路沿）

水界と水路付近が重要であることはすでに指摘したが、現状では分水界付近でいたるところ土地造成がおこなわれ、また水路付近の林地は下流域でいたるところ分断されている。そこで、ここでは、流域の骨格をなす4次と5次流域の分水界と水路付近について、林地が破壊されてしまった空間についての耕地林の育成を考えてみる。そして、さらに上記の土地評価・生態学的技術にかかわる整備の方向とあわせ、調査流域の土地利用構想をまとめたものが、Fig. 4 にしめされている。

## VI 今後の課題

本論では、流域環境整備の生態学的方法について、とくに赤土流出の著しい沖縄島北部屋部川為又流域を事例とした考察をすすめてきた。すでに本文中でものべたように、土地利用単位設定や生態学的技術の適用については、今後に残された問題が多い。とくに、本論で展開した土地利用単位は、いわば生態学的にみた土地利用の類型単位であり、土地利用単位設定についての方法的考察と事例的考察をさらに深めてゆくとともに、土地利用を生態学的に論じてゆくことの有効性と限界をふまえてゆくことが、今後、重要であると考えられる。また、保全系の問題のように、より高次の流域単位との関係で議論すべき課題も残されている。

また、本論で事例的に展開した議論が、他地域について適用可能かどうかを検討してゆく必要性が指摘される。とくに丘陵地の土地改変については、住宅団地等の都市的土地利用を含めて全国各地でさまざまな環境問題をひきおこしている。今後は、こうした地域についても、流域環境整備の問題としてみてゆく必要がある。

本論をすすめるにあたっては、名護市・屋部川流域調査グループの諸氏から、資料提供等の協力をうけた。また、本研究の一部に、文部省科学研究費（奨励研究（A）、課題番号 476027）を使用した。

## 文 献

- 1 COATES, D. R. ed.: *Environmental Geomorphology* 262pp. State Univ. of New York, Binghamton NY 1971
- 2 COOKE, R. U. and J. C. DOORNKAMP: *Geomorphology in Environmental Management* 413pp. Clarendon Press, Oxford 1974
- 3 DUNNE, T. and L. B. LEOPOLD: *Water in Environmental Planning* 818pp. W. H. Freeman and Comp., San Francisco 1978
- 4 EARLE, T. R., BROWNLEA, A. A. and C. W. ROSE: *Information for Landscape Modelling: A Catchment Case Study, Landscape Plann.* 5(4) 281-309 1979
- 5 FISH, E. B., ACKERSON, V. B. and P. A. FULLER: *An Evaluation for Landscape Units for Watershed Similarity Analysis, Landscape Plann.* 5(4) 311-326 1979
- 6 HAILS, J. R. ed.: *Applied Geomorphology* 9-50 Elsevier Sci. Pub. Comp. 1977
- 7 井手久登・武内和彦: 景域単位区分の手法に関する考察 造園雑誌 38(3) 2-15 1974
- 8 門村 浩・山本 博: 土地改変に伴う加速的侵食 地学雑誌 87(1) 1-15 1978
- 9 国土庁土地局: 土地分類基本調査 地形・表層地質・土壌・土壌名護一国土庁 1974
- 10 黒島 忠・小島俊郎: 沖縄の森林土壌概説 日林誌 51(8) 227-230 1969
- 11 日下雅義: アメリカ合衆国における環境地形学について 立命館文学 396・397 501-510 1978
- 12 前門 晃: 沖縄島北部・西屋部川流域における土砂流出機構 日本地理学会予稿集 14 72-73 1978
- 13 MOSS, R. P.: Land use, vegetation and soil factors in south-west Nigeria-A new approach, *Pacific Viewpoint* 9 107-127 1968
- 14 ———: The appraisal of land resources in tropical Africa-A critique of some concepts, *Pacific Viewpoint* 10 18-27 1969
- 15 名護市: 農業振興計画 第1次産業振興計画 30-96 あしたの名護市 2 1974
- 16 ———: 流域環境整備の課題と方法—とくに屋部川流域について—あしたの名護市 14 96pp.
- 17 STRAHLER: Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography, *Bull. Geol. Soc. Am.* 63 1117-1142 1952
- 18 武内和彦: 景域生態学的土地評価の方法 応植研究 5 1-60 1976

- 19 TAKEUCHI, K. and H. YAMAMOTO : Landscape evaluation for the rehabilitation of an eroded drainage basin in the northern part of Okinawa Island, southwest Japan, *Geogr. Rep. of Tokyo Met. Univ.* 12 127-141 1977
- 20 武内和彦：沖縄・伊是名島における土地自然の類型化と生態学的土地評価 地学雑誌 88 (4) 22-35 1979
- 21 ———・新里孝和：沖縄島北部小流域の植生破壊 Tuxen教授 80才記念論文集 (印刷中)
- 22 TUXEN, R. : Die heutige potentielle natürliche Vegetation als Gegenstand der Vegetationskartierung *Angew. Pflanzensoz.* 13 4-62
- 23 VANICEK, V. : Eco-engineering-an ecological approach of land reclamation and improvement to landscape environment, *Landscape Plann.* 4 73-84 1977
- 24 WATSON, J. R. : Conservation problems, policies and the origins of the Mlalo basin rehabilitation scheme, Usambara mountains Tanzania, *Gogr. Ann.* 54A 221-226 1972
- 25 山本 博・前門 晃：沖縄島の人工改変裸地にみられる微地形と流出土砂量 日本地理学会予稿集 12 42-43 1977
- 26 YOUNG, A. : Rural land evaluation, Dawson and Doornkamp ed, by, Evaluating the Human Environment 5-33 Edward Arnold Press 1973

## Summary

Drainage basin should be useful not only as a geomorphological unit which is formed by the divide and the channel networks but also as a fundamental unit for the environmental management. The most important character of drainage basin as a spatial unit is that it contains functional unity and spatial hierarchy as drainage system, which means the significance of it to connect with the functional relationships among environmental factors mostly classified as homogeneous spatial units.

Drainage basin is strongly useful as a base

for environmental management if environmental problems have occurred structurally through drainage systems. In this article-small drainage basin named Bimata basin in the Yabu River basin located in the northern part of Okinawa Island is selected as a typical case to discuss, because in this basin serious reddish soil erosion through dynamic processes has occurred by strong human intervention such as artificial land reformation for agricultural landuse.

As a methodological background for the environmental management three points were suggested; (1) framework for the conservation of the basin (conservation systems), (2) better uses of land from the view point of the land potentiality (land evaluation), (3) technical measures for the rehabilitation of the basin (eco-engineering), second point of which was gone into details.

For land evaluation actual vegetation seems to be important factor to mediate dynamic functional relationships between land and landuse since the actual vegetation is affected by both land and landuse. In this article land is classified as potential natural vegetation and landform type (bio-physical land unit) and landuse is classified as vegetational substitution degree and landuse form type (landuse unit), both of which can be connected with each other through the character of actual vegetation.

Contemporary functional relationships between land units and landuse units are basic part for ecological land evaluation. Relationships of them in the study basin were examined by drawing land units map and landuse units map, and the problems of functional relationships, especially accelerated soil erosion, through drainage systems were considered and evaluated. As a result, desired direction of the uses of land in the future was suggested on the landuse zoning map in addition to the considerations of other points.