

# 湿潤熱帯における持続可能な地域生態系の再構築

Toward Restructuring of Sustainable Regional Ecosystems in Humid Tropics

原科 幸爾\* 武内 和彦\* ハディ スシロ アリフィン\*\*  
*Koji HARASHINA Kazuhiko TAKEUCHI Hadi Susilo Arifin*

## 1. はじめに

東南アジアでは、高温多湿な気候に恵まれて植物生産性は高いが、一度自然が破壊され裸地になると土壌侵食により土地の荒廃が引き起こされることから、伝統的に自然生態系と調和した農林業が営まれてきた。アグロフォレストリーや水田は、農林業を営みつつ環境を保全する行為であり、持続可能性が保障されていた。

しかし、農業生産の拡大、急激な人口増加や都市化などの影響によって、こうした東南アジアにおける農業の持続可能性が危機に陥っている。農業の近代化を進めるための野菜や畜産の振興は農家経済の安定化に寄与したが、大量の化学肥料使用 ( $200\text{kg N ha}^{-1}\text{ year}^{-1}$  を超える窒素過多) や、大量の家畜し尿によって環境汚染が引き起こされている。また、水田地帯では都市化の進展により農地が減少するとともに、洪水被害が多発するなどの問題が生じている。

化学肥料を例にとると、アジアの人口は過去40年間に約2倍、穀物生産は約3倍になったが、肥料投入量は15倍を超えている (FAOSTAT<sup>1)</sup> による)。インドネシアの場合、同時期に人口は約2倍、穀物生産は約4倍、肥料投入量は約20倍になっている (FAOSTAT<sup>1)</sup> による)。そのため土壌や河川の汚染が問題となっている。また、不法な農地開発による山地の土壌侵食なども起こっており、とくに経済危機以降、森林における不法な耕作の拡大が土壌侵食を活発化させている。インドネシアのパジャジャラン大学生態学研究所の観測結果によると、不法耕作地の侵食量は  $200\text{ t ha}^{-1}\text{ year}^{-1}$  前後で、管理されたアグロフォレストリー方式の10倍以上に達する。

そこで、持続可能な農村社会を目指すには、伝統的な農林業システムの良さを再評価しながら、環境の変化を踏まえた現代社会にふさわしい循環型社会を構築する必要がある。とくに現在引き起こされている環境問題を解決しつつ農業生産の持続性を維持するには、より高次のレベルでの循環系の再構築が必要である。また肥料については、家畜、人間のし尿を有効に活用することが循環型社会の形成に貢

献すると考えられる。

そこで本論文では、東南アジアの湿潤熱帯の農村地域における生物資源の利用状況を、インドネシア西ジャワを対象に、集落スケールにおける物質フローに関する調査結果から明らかにするとともに、生物資源循環型の地域生態系再構築の可能性について検討することを目的とした。

## 2. 西ジャワ農村の変容

ジャワ島 (約13万 $\text{km}^2$ ) はインドネシア総面積 (約190万 $\text{km}^2$ ) のおよそ7%に満たないが、全人口の約6割が居住し、耕地化が高度に進んでいる。オランダ植民地時代に輸出向け一次産品生産国として開発されたインドネシアの農業は、輸出品を生産するエステート農業と、主として食糧を生産する農民農業という2部門から構成される。零細経営と土地なし世帯が特徴とされるジャワの農民農業は水稲栽培が中心であるが、農村経済の発達是非水稲作物の栽培、家屋敷の有効利用、諸種の農外就業など多彩な生産活動によっても支えられてきたといわれている<sup>2)</sup>。

零細農家や土地なし世帯の農家経済を支えてきたと考えられるものとして、西ジャワには伝統的な土地利用システムがみられる。代表的なものとしては、「プカランガン (Pekarangan)」と「クブーンタルンシステム (Kebun-Talun system)」がある<sup>3)</sup>。プカランガンと呼ばれる伝統的なホームガーデンは、家屋の周囲に野菜類や澱粉作物などの一年生作物と、果樹や材木など多年生作物を混植した土地利用で、場合によっては家畜や養魚池も含まれる<sup>4)</sup>。クブーンタルンシステムと呼ばれる土地利用システムでは、森林を伐採後、約2年間畑として利用してから、4~5年間の休閑期の中に森林に戻すというローテーションが行われている<sup>5)</sup>。いずれも数百年間、傾斜地においても地力の低下を引き起こさずに行われてきた土地利用であり、その持続性が再評価されている<sup>3)</sup>。

しかし、近年の人口増加、都市化、商品経済化などの影響により、いずれもその機能と形態が変容しつつあること

\*東京大学大学院農学生命科学研究科 \*\*ボゴール農科大学農学部

が指摘されている。具体的には、プカランガンの面積の減少、植生構造および植物相の単純化、自給的食料生産機能の喪失、生ごみ堆肥化率の低下などである<sup>6)7)8)</sup>。またクブントルンシステムにおいても、休閒期の短縮化や、資材投入などの集約化によって、その持続性が喪失しつつあることが危惧されている<sup>5)9)</sup>。

### 3. 研究対象地の概要

対象地域はインドネシア西ジャワ中央部に位置するCianjur川-Cisokan川流域とした。Cianjur川-Cisokan川流域は、ジャワ島最大の流域面積(約6,000km<sup>2</sup>)をもつチタルム川の中流域に位置し、グデ山(2,958m)の東側山腹から山麓にかけての地域である。対象地域は火山泥流(ラハール)起源の地形を持ち、標高約2,500mから200mの地域である(図-1)。

本地域は、ジャワ島に多く存在する火山山麓の典型的な農村景観を持ち、上述したエステート農業と農民農業の両者がみられる。エステート農業としては、火山山腹に大規模な茶畑が見られ、農民農業としては、斜面上部では畑作地帯が、斜面下部では稲作地帯が広がっている。また、対象地域の中央には人口約14万人のCianjur市があり、この地域の中核となっている。なお、本地域はジャカルタやバンドンなどの大都市近郊にあり、幹線道路も開通しているため、別荘地開発も行われ、近年の強い都市化の圧力に

さらされている典型的な事例でもある。

本研究では、対象地域内で農民農業が営まれている場所から典型的な農村景観を持つ集落を3ヶ所サンプルとして選定した(図-1)。すなわち、畑作地帯からはGaludra村(以下G村)、畑作と水田との移行帯からはMangunkerta(以下M村)、水田地帯からはSelajambe(以下S村)である。G村(標高約1,200m)およびM村(約950m)はラハール台地上に立地し(一部、侵食谷も含む)、S村(約300m)はラハール性氾濫原および自然堤防上に立地する。

G村とM村では、台地面上に集落および農地が立地し、侵食谷にはおもにタルン(Talun)と呼ばれる竹を主要構成種とする二次林が立地するほか、一部、農業的利用もみられる。S村では、ラハール性氾濫原に水田が立地し、自然堤防上には集落のほか、ゴム林、竹林などの土地利用もみられる。この他、M村やS村では果樹などの下層に野菜や澱粉作物などの一年生作物を植栽した「クブンチャンプラン」と呼ばれる伝統的な土地利用形態<sup>4)</sup>がクブンの一形態としてみられる。

### 4. 集落スケールにおける物質フローと生物資源の利用

上述した3つの集落において、物質フローと生物資源利用の現況評価を行うために、それぞれについて60世帯を対象として、農地面積や農業生産高とその用途、食料購入量、家畜保有頭数、肥料投入量などに関する聞き取りを中心とした調査を行った(手法の詳細については、Harashina *et al.*, 2001<sup>10)</sup>を参照)。

対象世帯の概要を表-1に示す。ここでの人口密度とは、対象世帯の人口を対象世帯で利用されている土地面積(借地を含む)で除したものである。また人口扶養力とは、一人あたり1日の必要熱量を2,000kcalと仮定して、対象世帯の土地(借地も含む)で生産される食料の熱量から計算した。なお、ここでは系外へ出される収穫物も算出の対象となっているが、農業賃労働による生産物は対象外とした。人口扶養力が人口密度を上回ったのはS村のみであったが、これは米の生産によるものであった。G村では9割近い世帯が農業に従事しており、ニンジン、ネギ、トウガラシなどを市場向けに栽培していた。M村とS村では、

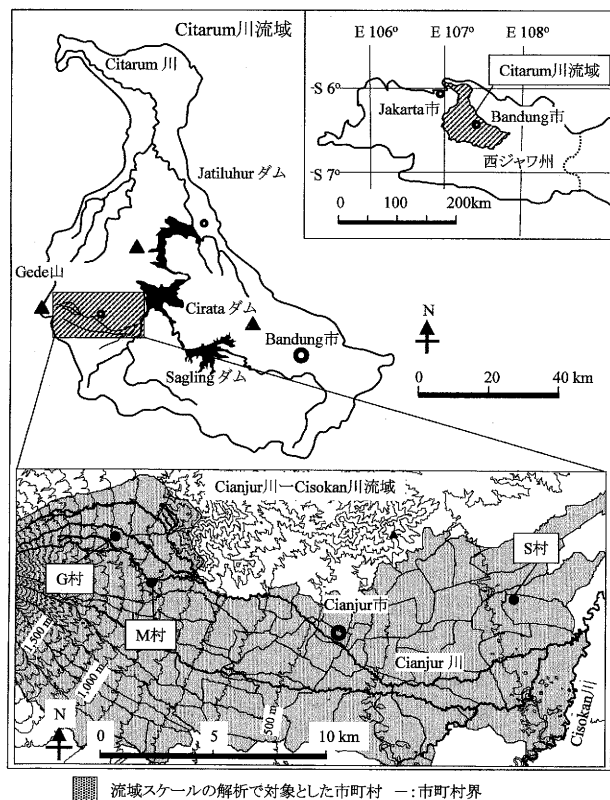


図-1 研究対象地の位置図

表-1 調査対象集落および対象世帯の概要

	G村	M村	S村
標高	約1,200m	約950m	約300m
優占する土地利用	畑	畑、水田	水田
人口密度 <sup>a)</sup> (ha <sup>-1</sup> )	15.1	78.1	21.6
人口扶養力 <sup>b)</sup> (ha <sup>-1</sup> )	7.9	6.3	40.7
主要な収入源	農業	農業賃労働 農外活動	農業賃労働 農外活動

<sup>a)</sup> 対象世帯の人口を対象世帯で利用している土地面積(借地も含む)で除したものである。

<sup>b)</sup> 一人あたり1日に必要な熱量を2,000kcalと仮定して、対象世帯の土地で収穫される作物の熱量から計算した。

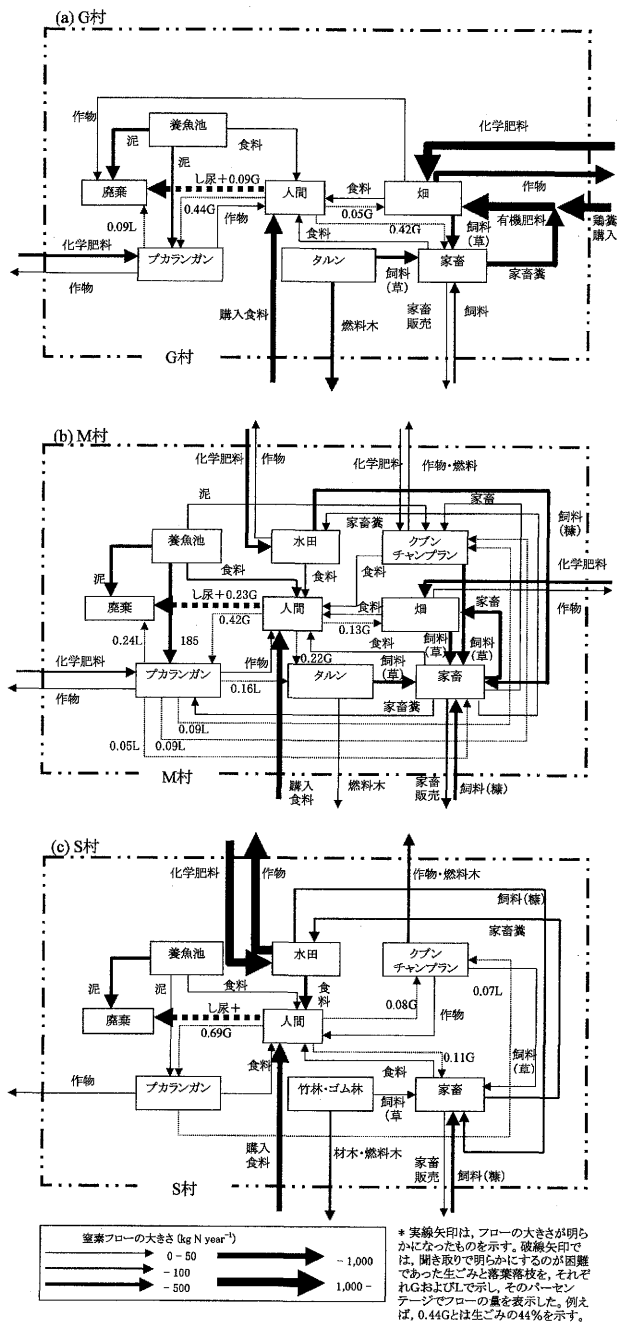


図-2 3集落における窒素フロー  
(Harashina et al., 2001<sup>10</sup>)を編集)

半数の世帯で農外収入をおもな収入源としていた。M村とS村において農業に従事している半数の世帯のうち、自作農はそれぞれ約2割、約4割と少なく、残りは農業賃労働によって生計を立てていた。

3集落における食料自給率と消費される食料のうち自給生産によるものの割合(以下、自給生産率)をカロリーベースで求めたところ、いずれの村でも両比率の違いが大きいことから、集落で生産されたものが商品化される割合が大きいことがわかった(表-2)。G村は高原野菜の生産地であり野菜の自給率が非常に高いが、自給生産率も比較的

表-2 集落の対象世帯における農産物の自給率<sup>a</sup>および自給生産率<sup>b</sup>

(Harashina et al., 2001<sup>10</sup>)を一部改変)

	G村	M村	S村
米	0% (0%)	7% (5%)	240% (43%)
野菜類	3376% (87%)	83% (49%)	1385% (43%)
果物類	48% (39%)	148% (54%)	106% (64%)
合計	61% (5%)	12% (6%)	242% (38%)

( )内が自給生産率

<sup>a</sup> 自給率=農産物の生産量/農産物の消費量(カロリーベース計算)

<sup>b</sup> 自給生産率=農産物の自給生産による消費量/農産物の消費量(カロリーベース計算)

表-3 3集落における現況および未利用資源を利用した場合の窒素収支

(kg N year<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>)

	G村	M村	S村	
現況	外部からのインプット	320	286	285
	外部へのアウトプット	53	46	199
窒素収支	267	239	87	
未利用資源を(a)泥の利用	259 (8) <sup>a</sup>	210 (29)	72 (15)	
利用した場合(b)し尿の利用	230 (38)	143 (96)	30 (57)	
の窒素収支(c)泥+し尿の利用	219 (49)	143 (96)	15 (71)	

<sup>a</sup>カッコ内の値は、窒素過多の減少分

表-4 3集落の対象世帯における家畜糞の利用率

	G村	M村	S村
ニワトリ	42.0%	65.1%	26.9%
ヒツジ	100.0%	78.5%	27.3%
ヤギ	-	94.3%	-
ウサギ	100.0%	74.5%	-

高いのに対して、S村では米の自給率が240%あるにもかかわらず、自給生産率は43%であった。このことは、S村での農業従事率の低さを反映したものであり、生産物の集落内流通が不十分であることを示唆している。

これらの世帯における物質フローを窒素に換算して模式化したものが図-2である。いずれも集落外とのフローが大きく、開放系となっているが、とくに化学肥料と購入食料によるものが大きかった。また、水田や畑地など様々な土地利用がみられるM村では、それに伴いフローも複雑となっていることがわかった。

また、対象世帯全体の窒素収支では、いずれもインプットの方が大きく、とくにG村では267kg N ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>もの窒素過多が発生していることがわかった(表-3)。なお、ここでの窒素収支とは人為的な物質フローによるものに限定して算出されたものであるが、実際には降雨による流出や溶脱、微生物による脱窒作用などによって、相当量の窒素が系外に流出しているものと考えられる。S村では最も窒素過多が少ないが、これは水田への窒素投入が畑よりも少ないことに加え、水田で栽培される米やダイズの持ち出しによるものが大きいことが理由と考えられた(図-2)。

これらのいずれの集落でも、化学肥料による窒素投入が大きいことが明らかになっているが(図-2)、有機肥料

も最大限に近く利用されていることがわかった。作物残渣は、籾殻を除くと全て農地に還元されており、放し飼いのニワトリを除くと、概して家畜糞の利用率も高いことがわかった(表-4)。このことは住民による有機肥料利用の意識が高いことを示しており、家畜導入などによって状況が改善される可能性を示唆している。なお、S村でヒツジ糞の利用率が低かったのは、S村ではヒツジが少なかったことから、データにばらつきが出たためと考えられる。

作物残渣と家畜糞以外に肥料として利用可能と考えられるものとして、養魚池に堆積する泥および人間のし尿をとりあげ、それらによる窒素投入で化学肥料(尿素肥料)の利用分を代替した場合に、全体の収支がどれくらい改善されるかを計算した結果、G村、M村、およびS村で、それぞれ49kg N ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>、96kg N ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>、71kg N ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>の窒素過多が緩和されることがわかった(表-3)。また、3集落での尿素肥料購入費用のうち、それぞれUS\$240、US\$110、US\$200(US\$1=10,000ルピア)を削減できることがわかった。しかし、G村では依然として窒素過多が大きく、根本的な施肥管理の改善が必要であることが示唆された。また、G村とS村では、畑と水田における窒素投入量を現況の状態で維持するには集落内の有機物では足りず、外部からの購入が必要であることがわかった。

家畜飼料については、ヒツジ、ヤギ、ウサギには集落や近隣で採集してきた草を利用しており、外部からの購入はされていない。またニワトリ、バリケン、アヒルなどの家禽類の飼料は糠と残飯であり、糠はほとんどが購入されていた。M村およびS村の水田からとれる糠の量をおよそ粳米重量の20%(対象地の精米所での聞き取りによる)として計算すると、それぞれ約1,200kg year<sup>-1</sup>、約14,000kg year<sup>-1</sup>となった。ニワトリ1羽あたりの年間平均消費量は聞き取りの結果、およそ30kgなので、それぞれ約40羽、約470羽分の飼料生産が可能であることがわかった。これを現況と比較すると、M村ではニワトリの飼料を自給することは難しいが、S村では自給が可能で、現況(268羽)よりも約200羽分の余剰が発生していることが明らかになった。

## 5. 流域スケールにおける生物資源循環の可能性

以上みてきたように3集落における物質フローは開放系であり、集落を単位とした閉鎖系に転換していくことは、困難である。そこで、より上位の空間単位、すなわち流域スケールでの生物資源循環構築の可能性を、食料、肥料、飼料について検討した。

対象範囲は、図-1のうち人口や家畜頭数の統計データが入手可能かつ、ほぼ全域が枠内に含まれる63市町村とした。なお、ここには地域の中核都市であるCianjur市

も含まれている。人口データは、市町村単位の統計データ(たとえばCentral Statistical Bureau of Cianjur Regency, 2000<sup>11)</sup>)を利用したが、村によって入手可能な年度にばらつきがあったので、それぞれについて入手可能なものうち最新のもの(1999年から2001年)を使用した。家畜頭数データについては、Cianjur県のAgency of Animal Husbandryによって市町村単位で行われた2001年のセンサスデータを用いた。

### (1) 食料

食料については、米を対象として評価をおこなった。農作物の生産量については、村あるいは郡単位で信頼のおける統計データがなかったため、土地利用面積と一年間のヘクタールあたりの生産量(年間単収)から推定を行った。土地利用データは、National Coordination Agency for Surveys and Mappingが1993年に撮影した1:50,000の空中写真判読によって作成した。対象地域の水田は、大部分が2期作であるため、米の年間単収は、FAOSTAT<sup>12)</sup>による過去3年間の平均単収を2倍して、8.6 t ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>とした。その結果、63市町村で、年間に約11万tの粳米が生産されると推定された。インドネシア人の一人当たりの粳米消費量は、227 kg year<sup>-1</sup>であるので(FAOSTAT<sup>12)</sup>の2000年データ)、約49万人分の米を供給可能と推定された。対象とした市町村の総人口は約46万人であるので、米については自給可能であり、年間約3万人分の余剰が発生することがわかった。

### (2) 肥料

肥料については、まず現状で用いられている家畜糞について着目した。家畜糞の量は、家畜頭数に家畜1頭(羽)の年間排出量(乾物重量および窒素量)を乗じることによって推定した。また、地域内肥料自給率は窒素をベースとして評価を行った。対象とした市町村で飼養されている家畜のうち対象としたのは、ヒツジ28,136頭、ヤギ4,581頭、乳牛138頭、肉牛229頭、水牛670頭、採卵鶏47,112羽、ブロイラー751,958羽である。これらのほか、放し飼いのニワトリ284,210羽、アヒル42,459羽も飼養されているが、いずれも糞の収集が困難であるため、ここでは除外した。原単位として、肉牛、乳牛、採卵鶏、ブロイラーについては松本・袴田(1994)<sup>13)</sup>によるデータを使用した。ヒツジとヤギの1頭あたりの年間排出乾物量については、Han *et al.* (1985)<sup>13)</sup>から引用し、これに糞の窒素含量を乗じることによって窒素量を求めた。水牛については、乳牛と肉牛の単純平均の値を与えた。ヒツジおよびヤギの窒素含量のデータは、集落スケールにおける物質フローの把握(Harashina *et al.*, 2001<sup>10)</sup>)で化学分析によって求められたヒツジおよびヤギ糞の窒素含量を用いた。

以上の方法により求められた家畜糞総量は、乾物重量で約19,000 t year<sup>-1</sup>、窒素重量で約780 t N year<sup>-1</sup>となっ

た。現況における G 村の畑および S 村の水田の平均窒素投入量は、それぞれ約  $320\text{kg N ha}^{-1}\text{ year}^{-1}$ 、約  $300\text{kg N ha}^{-1}\text{ year}^{-1}$  であることが聞き取り調査で確認されたので、これを代表値として試算すると、対象市町村全体で、合計約  $4,400\text{ t N year}^{-1}$  の窒素投入量となる。従って、家畜糞を全て投入したとしても、現況の 18% しか供給できないと推定された。

そこで、現況ではほぼ未利用と考えられる生ごみおよびし尿による窒素供給量についても試算を行った。生ごみおよびし尿の窒素量は、人口に 1 人当たりの排出量を乗じることによって推定した。生ごみおよびし尿の原単位は、松本・袴田 (1994)<sup>12)</sup> によって日本の平均的な値が与えられている。生ごみについては、このデータをそのまま用い、し尿については、インドネシア人 (一人あたり  $50\text{ g da}^{-1}$ )<sup>14)</sup> と日本人 (一人あたり  $80\text{ g day}^{-1}$ )<sup>15)</sup> の平均的な蛋白質摂取量の比から、上記データの 62% であるとして計算した。その結果、生ごみからは約  $180\text{ t N year}^{-1}$ 、し尿からは約  $1,000\text{ t N year}^{-1}$  の窒素が供給可能であると推定された。家畜糞にこれをあわせると、現況の 46% まで供給可能であることがわかった。

### (3) 飼料

飼料については、家禽類の一般的な飼料である糠について試算を行った。ヒツジ、ヤギなどは、集落やその周辺で採集された草を与えており、購入飼料は利用されていないので、飼料は全て自給によるとみなすことができる。家禽類の飼料は残飯や糠であるが、糠についてはほとんど購入されている。糠の量を籾米生産量の 20% として計算した結果、約  $22,000\text{ t year}^{-1}$  と試算された。従って、前節と同様の試算により、集落内で放し飼いにされているニワトリについては、74 万羽飼養可能で、45 万羽分の余剰が推定された。一方、養鶏場で飼養されている産卵鶏とブロイラーについても飼料消費量を同様に仮定した場合、余剰分を用いても必要量の 57% しか供給できないことがわかった。

## 6. 生物資源循環系構築の考え方

集落単位でみると、現地調査を行ったいずれの集落でもすでに商品経済に依存した開放系となっており、生物資源の現存量からも集落を単位とした閉鎖系を構築することは困難であると考えられる。しかし、これをより上位の空間スケール、すなわち流域スケール (ここでは 63 市町村) で考えると、食料および飼料については、養鶏場などの一部を除くと自給可能であることがわかった。肥料については家畜糞だけでは難しいが、Cianjur 市をも含めて、生ごみおよびし尿の利用も考えると、ある程度は自給が可能であることが示唆された。本研究における結果はあくまでも現存量の試算であるが、生物資源を適切に分配・流通させ

れば、ある程度自律性をもった系を再構築することが可能であることを示している。実際には、それを実現させるための社会システムの整備が課題となる。肥料、とりわけ生ごみやし尿の利用については、収集システムのほか堆肥化プラントなどの技術的な課題も多い。生ごみ堆肥化の例としては、日本では山形市長井市のレインボープランなどがあるが、途上国では大規模プラントなど費用のかかる施設を建設することは困難である。また、ODA などによって建設されたとしても、その後の維持・管理が十分でなく、放棄されてしまう例も多い。むしろ地域住民によって建設・維持・管理が可能な規模の施設を考えていくべきであろう。その際に、文化的な受け入れやすさなども考慮することも重要である。

本研究では、生物資源循環という観点から人為的な窒素フローのみについて取り上げたが、農地からの溶脱、脱窒などの自然のプロセスも重要である。本対象流域では、集落スケールの物質フロー評価から明らかになったように、G 村に代表される上流部の畑作地帯での窒素過多による水質汚濁が下流域に及ぼす負荷なども危惧される。さらに、本対象流域の上流部では大規模な茶畑が合計約  $1,400\text{ ha}$  分布している。そのうちのひとつである国営のグデティープランテーションで行った予備的な聞き取り調査の結果、平均で約  $310\text{kg N ha}^{-1}\text{ year}^{-1}$  の窒素が投入されており、畑作地帯と同様に下流域への影響を及ぼすと考えられる。日本では、農山村地域における水質の自然浄化機能が注目されているが<sup>16)</sup>、本対象流域ではとくに対象流域の 52% を占める下流部の水田による窒素除去機能<sup>17)</sup> が大きいと考えられる。

また、地形作目連鎖系のもつ水質浄化機能として、茶畑-水田連鎖系<sup>18)</sup>、畑地-林地-谷津田連鎖系<sup>19)</sup>、畑地-河畔林連鎖系<sup>20)</sup> などが報告されている。それらに相当するものとして、本対象流域では、G 村と M 村における畑地 (ラハール台地)-タルン (侵食谷)、および M 村における畑地 (ラハール台地)-タルン (侵食谷ただし麓部斜面は除く)-水田 (侵食谷麓部斜面) の地形作目連鎖系<sup>21)</sup> が考えられる。このほか、対象地域には茶畑-水田連鎖系もわずかながら存在している。このような場所の林地や水田は、とくに保全に配慮することが重要であるが、茶畑に隣接した水田などは、自然立地性も考慮しながら積極的に導入していくことも効果的であると考えられる。窒素過多が危惧される上流域では、個々の土地利用における施肥管理が第一に重要であるが、このような土地利用間の機能的関係にも注目した、適正な配置に基づいた土地利用計画を策定していくことも重要である。また、汚濁量が浄化容量を超えないためには、林地や水田の浄化容量と連鎖系内の養水分動態をいかに定量的に評価していくかが課題である。

さらに、個々の土地利用や地形作目連鎖系における物質

フローの是正だけで解決できない問題については、何らかの形で下流から上流への物質の流れを形成し、流域スケールでの物質循環を正常化していくことも視野に入れていく必要があると考えられる。例えば、本対象地域下流部に位置するダム湖に堆積した土砂を上流へ還元することなどが考えられる。このほか、下流域の農作物や農業副産物などの生物資源の上流への輸送を通して、下流から上流への物質の流れを形成することも考えられる。今後は、それらの妥当性、実現可能性を検討するためにも、流域スケール

における物質フローの定量的、実証的な研究を行っていく必要がある。また、現実的な問題としては輸送コストなどが障害になると考えられるが、何らかの形で経済的付加価値を付与することや、それをサポートするための社会システムの整備などを通して、いかに対処していくかが課題である。

なお本研究は、日本学術振興会拠点大学交流事業（応用生物科学分野）の共同研究課題「持続的生物資源管理システムに関する地域生態学的研究」による成果の一部である。

#### 参考文献

- 1) FAO: FAOSTAT (statistic data base URL: <http://apps.fao.org>)
- 2) 加納啓良 (1988): インドネシア農村経済論: 勁草書房, 316pp
- 3) Christanty, L., Abdoellah, O. S., Marten, G. G., and Iskandar, J. (1985): Traditional agroforestry in West Java: The Pekarangan (Homegarden) and Kebun-Talun (Annual-perennial rotation cropping systems): Proceedings of the First International Workshop on Tropical Homegarden: Homegarden Sourcebook, Institute of Ecology, Padjadjaran University, Bandung, 1-42
- 4) Karyono (1990): Home gardens in Java: Their structure and function: In: Landauer, K. and Brazil, M. (Eds.) *Tropical Home Gardens*, The United Nations University Press, Tokyo, 138-146
- 5) Christanty, L., Kimmins, J. P., and Mailly, D. (1997): 'Without bamboo the land dies': a conceptual model of the biogeochemical role of bamboo in an Indonesian agroforestry system: *Forest Ecology and Management* 91, 83-91
- 6) Arifin, H. S., Sakamoto, K., and Chiba, K. (1997): Effects of the fragmentation and the change of the social and economical aspects on the vegetation structure in the rural home gardens of West Java Indonesia: *JILA* 60, 489-494
- 7) Arifin, H. S., Sakamoto, K., and Chiba, K. (1998a): Effects of urbanization on the performance of the home gardens in West Java Indonesia: *JILA* 61, 325-333
- 8) Arifin, H. S., Sakamoto, K., and Chiba, K. (1998b): Effects of urbanization on the vegetation structure of home gardens in West Java Indonesia: *Japanese Journal of Tropical Agriculture* 42, 94-102
- 9) Christanty, L., Mailly, D., and Kimmins, J. P. (1996): "Without bamboo the land dies": Biomass, litterfall, and soil organic dynamics of a Javanese bamboo talun-kubun system: *Forest Ecology and Management* 87, 75-88
- 10) Harashina, K., Takeuchi, K., Tsunekawa, A., and Arifin, H. S. (2001): Estimation of material flow due to human activities in three rural hamlets in the Cianjur-Cisokan watershed, West Java, Indonesia: Proceedings of the 1st Seminar: Toward Harmonization between Development and Environmental Conservation in Biological Production, The University of Tokyo, 109-118
- 11) Central Statistical Bureau of Cianjur Regency (2000): *Kecamatan Cugenang dalam angka* (Numerical statement of Cugenang county): Central Statistical Bureau of Cianjur Regency, Cianjur, 97pp (In Indonesian)
- 12) 松本成夫・袴田共之 (1994): 農村地域における有機物フロー推定のためのデータベースの構築 1. 農作物副産物畜産廃棄物食生活廃棄物の産出量の整理: 資源・生態管理科研究集録 10, 35-42
- 13) Han, C., Golley, F., and Mou, Z. (1985): Energy analysis of advanced collective farms in north China: *Agriculture, Ecosystem and Environment* 13, 217-240
- 14) Latief, D., Atmarita, Minarto, Basuni, A., and Tilden, R. (2000): *Konsumsi pangan tingkat rumah tangga sebelum dan selama krisis ekonomi* (Food consumption of households before and during economic crisis): *Prosiding Widyakarya Nasional Pangan dan Gizi VII* (Proceedings of national seminar on food and nutrition VII), The Indonesian Institute of Science, Jakarta, 159-178 (In Indonesian)
- 15) 香川綾監 (1995): 四訂食品成分表: 女子栄養大学出版部, 東京, 544pp
- 16) 尾崎保夫・近藤正 (1995): 自然浄化機能を活用した農山村地域の水質改善: 用水と排水 37, 32-38
- 17) 田淵俊雄 (1994): 農地における自然浄化機能の強化策: 植田哲也編 自然の浄化機能の強化と制御: 技報堂, 53-69
- 18) 長谷川清善 (1992): 水田における窒素の動態と環境への影響評価に関する研究: 滋賀農試特別研究報告 17, 1-147
- 19) 尾崎保夫 (1993): 農耕地における肥料成分の動態と制御 (2) - 農業生産における地形作目連鎖系の活用 - : 農業および園芸 68, 657-662
- 20) Anbumozhi, V. and Yamaji, E. (2001): Riparian land use and management of nonpoint pollution in a rural watershed: *Transactions of Rural Planning* 3, 55-57
- 21) 原科幸爾・武内和彦 (2002): 西ジャワ農村地域における自然地域区分と土地利用: 2002年度農村計画学会学術研究発表会要旨集, 19-20

**Summary :** Traditional recycling societies of the rural humid tropics have been changing due to the influence of rapid population growth and urbanization. This study examined the feasibility of recycling-oriented society based on local bio-resource utilization at watershed-scale, following the results of surveys at hamlet-scale representing that rural ecosystem in the study area had already become an open system in terms of material flow. Estimation of amount of potential bio-resource supply and consumption, based on the data of land use, population, number of livestock, suggested that local bio-resources could support the consumption of food and fodder in the study watershed area except consumption of fodder in poultry farms. Potential supply of organic fertilizers from livestock dung accounted for 18% of current total nitrogen input to the agricultural lands in the watershed area. Taking account of nitrogen supply from compost of garbage and human excrement, nitrogen supply via organic fertilizer could reach 46 % of current total nitrogen input. Estimation of nitrogen input to the upland fields and tea plantation in the upper stream area suggested that the input had the high potential for causing nitrogen loading in the lower stream area. Land use planning taking account of nitrogen removal function of paddy fields and catenary sequence of landform and land use can be one of the options to solve the nitrogen loading problem. (2002.8.15 受付, 2002.9.11 受理)