

谷津環境におけるカエル類の個体数密度と環境要因の関係

Relationships between Population Density of Frogs and Environmental Conditions in Yatsu-Habitat

東 淳樹* 武内和彦*

Atsuki AZUMA Kazuhiko TAKEUCHI

摘要：千葉県印旛沼流域の谷津環境に生息するカエル類について、種および個体数と生息地の環境要因の関係について調べた。調査は、1997、98年5月から7月にかけて行なった。蛙の上を歩き、目撃したカエルの数と、歩いた蛙の距離、周辺の環境要素などを同時に記録した。目撃種ごとの個体密度と環境要因との関係について分析した結果、個体密度に影響を与えた要因として、水田の暗渠排水施設の整備、斜面の土地利用、用水の取水方法、水路の配置などがあげられた。ニホンアカガエル・トウキョウダルマガエルの生息は圃場整備による乾田化によって負の影響を受けやすいが、ニホンアマガエルは乾田化の影響を受けにくいことが明らかとなった。

1. はじめに

谷津環境とは、谷津田とその周囲を取り囲む主に二次林からなる斜面林の総称で、多種のトンボ類(守山ら, 1992¹⁰⁾、カエル類・ヘビ類(長谷川, 1995a⁵⁾)の生息や農村環境のアンブレラ種であるサンバ *Butastur indicus* が繁殖する(東ら, 1998¹²⁾ 生物多様性の高い空間といえる。谷津田では大規模機械化農業を目的とした圃場整備事業の進行による乾田化の一方で、未整備地区では耕作放棄地が増加し、また斜面林では薪炭林利用の低下に伴い林相が変化し、谷津環境は大きく変化している。

長谷川(1995a⁵⁾)は、爬虫類のヘビ類、哺乳類のイタチ *Mustela itatsi*、タヌキ *Nyctereutes procyonoides*、鳥類のサギ類がカエル類を食物としていると述べている。サンバもまたカエル類を主要な食物としている(池野, 1993³⁾)。カエル類は、これらのいずれも谷津環境と関わりのある動物群の食物となり、生活史の中で谷津環境に特有の湿性湿地と乾性湿地のセットを必要とする種が多いことから谷津環境の指標的な小動物群(大澤・勝野, 1997¹³⁾; 1998¹⁴⁾)といえる。また小河原・有田(1996¹²⁾)は、千葉県西部における生態環境ポテンシャルマップの作成に、ニホンアカガエル *Rana japonica* を指標種として用いている。

本研究では谷津環境の小動物群であるカエル類に着目し、谷津環境のおもに水田の圃場整備における環境要因の違いがカエル類の生息に与える影響を明らかにし、カエル類にとって必要な谷津環境の環境要因について考察した。谷津環境における環境要因とカエル類の個体密度との関連性に関する分析には数量化I類を用いた。数量化I類は生息環境として質的要因に関する情報をもとにして、生息数のように量的に測定された外的基準を予測したり要因と外的基準との相関度をみる方法で、要因(説明変数)が質的な形で与えられた場合に適用される多変量解析の手法である(森林野生動物研究会, 1997¹⁵⁾)。この手法を用いた事例として、開発にともなう土地自然の潜在力をコナラの樹木活力度を指標に把握し、環境要因との関連性を示した研究(興水ら, 1997⁸⁾)や、ネズミ類の生息数を生息環境で解析した研究(森林野生動物研究会, 1997¹⁵⁾)などがあるように、数量化I類は、本研究のように量的に測定された外的基準である個体密度と質的要因である環境要因との相関度をみる方法として適した分析法であると考えられる。

2. 調査地および方法

(1) 調査対象地

調査対象地は、北緯 35° 40'~42' から東経 140° 11'~17' に位置し、千葉県千葉市から印旛郡にかけてひろがる下総台地の台地の平坦面を刻んで印旛沼に入る鹿島川および手繰川水系に含まれる谷津環境である。この地域の斜面林は、薪炭林や農用林として利用されてきたコナラの二次林とスギ植林が大部分をおおっている。台地面は関東ローム層でおおわれ、畑地として利用されている場合が多い。しかし近年、台地、低地とも宅地造成が進み、台地面では工業用地の進出が目立っており(千葉県, 1980²⁾)、一方谷津田では、近年、放棄水田が広がりつつある。

調査地として、カエル類の生息と谷津環境の環境要因との間に関連性がみられるように圃場整備の程度の異なる16カ所の谷津環境を選択した。調査地の面積を一定にするため、谷津環境で最高次捕食者の1種であるサンバが繁殖している一つのまとまりをもった谷津田の面積を各調査地の基準とした。実際にサンバが繁殖している地点を12カ所含め、繁殖していない4カ所も幅が50~100m、奥行き500~1000m程度の繁殖地と同等の面積の谷津田を選択した(図-1)。

(2) 変態直後の成体の個体数調査

1998年6月14日から6月21日まで延べ7日間、16カ所の谷津田でカエル類の変態直後の成体の個体数調査を行なった。調査対象としたカエル類は変態後上陸し、樹林地や畑、草原等をおもな生息環境とするニホンアカガエル・ニホンアマガエル *Hyla japonica* の2種とした。この時期は、この地域で両種の上陸する変態直後の成体の個体数をもっとも多い時期にあたる(Lane & Fujioka, 1998⁹⁾)。谷津田内の水田、休耕田および畑の畦1本を1サンプルとし、谷津田全域の畦を偏りのないように歩き、1サンプルごとに目撃されたカエル類の個体数、歩いた蛙の距離を記録した。また、耕作状況(稲作・休耕)、水田の暗渠排水施設(乾田・湿田; 暗渠排水施設が整備されているかどうかで、整備されている水田を乾田、整備されていない水田を湿田とした)、用水の取水方法(湧水導入・汲み上げ・湧水・汲み上げ・パイプライン方式)、排水路の形状(素掘水路・護岸水路)、畦の草丈高(~10cm未満・10cm以上~50cm未満・50cm以上)、畦の植被度(疎・中・密)、水路の配置(水田/水田・水田/農道・水田/斜面林・水田/休耕田・水田/畑・水田/住宅地; 水路がどの土地利用の

*東京大学大学院農学生命科学研究科

間を通っているのか)、畦の配置(水田/水田・水田/水路・水田/農道・水田/斜面林・水田/休耕田・水田/畑; 畦がどの土地利用の間にあるか)、農道整備(未舗装・舗装)、斜面の土地利用(スギ林・広葉樹林・スギ・広葉樹混交林・竹林・草地・コンクリート擁壁)を1サンプルごとに記録した。カエル類の個体密度は畦10mあたりの目撃個体数とした。変態直後の成体は、個体密度が高く、樹上性や地上性といったすみ場所の異なる複数種類を同時に把握し相対密度を比較できる利点がある。しかし変態後も水辺を離れないトウキョウダルマガエル *Rana porosa* (前田・松井, 1989¹⁰⁾) は、本調査では個体密度を算出することはできないので対象外とした。

(3) 変態後2年以上の成体の個体数調査

1997年5月23日から6月21日までの延べ11日、サンバの繁殖地で圃場整備の程度異なる5カ所の谷津田でカエル類の個体数調査を行った。調査の対象としたカエル類は、ニホンアカガエル・ニホンアマガエル・トウキョウダルマガエルの3種である。谷津田内の畦、休耕田、農道を任意に時速約2kmで歩き、カエル類の目撃個体数と歩いた時間を記録し、1時間あたりの目撃個体数を算出した。

3. 結果

(1) 変態直後の成体の個体密度と環境要因との関係

まず、調査したそれぞれの環境要因がカエル類の個体密度との関係を説明するのに適当かどうかを調べるために、環境要因に含まれる各カテゴリー(環境要素)間でカエル類の個体密度はすべ

て等しいという帰無仮説を Kruskal-Wallis 法で検定した。その際に各カテゴリーのサンプル数が5未満のものは、分析前にカテゴリーから削除した。ニホンアカガエルではすべてのカテゴリー間でカエル類の個体密度に有意な差がみられたが ($p < 0.001$)、ニホンアマガエルでは耕作状況、畦の植被度、農道整備の各カテゴリー間で有意な差がみられなかった。つぎに、それぞれの環境要因と個体密度との関連性を把握するために、先述した個体密度との関係を説明するのに適当であった環境要因を説明変数とし、ニホンアカガエル・ニホンアマガエルの個体密度を外的基準変数とし、数量化I類により多変量解析を行った。分析の精度を示す尺度として重相関係数を求めた。また環境要因と個体密度との関連性の強さをカテゴリー数量のレンジとして示した。レンジとは環境要因内の各カテゴリーに対するカテゴリー数量間の最大値と最小値の差のことで、この差が大きいくほどその環境要因は個体密度と関連性が強いと判断される値である。ニホンアカガエル・ニホンアマガエルの重相関係数はそれぞれ0.62, 0.36であった(表-1)。両種ともに高いレンジを示したのは、水田の暗渠排水施設、水路の配置、斜面の土地利用であり、いずれかの種でのみ高いレンジを示したのは、ニホンアカガエルの用水の取水方法、ニホンアマガエルの畦の草丈高であった(表-2)。

圃場整備の程度の違いで構造的に異なる環境要因として、水田の暗渠排水施設、用水の取水方法、排水路があげられる。そこで各環境要因におけるカテゴリー間で両種の平均個体密度を比較した。圃場整備の程度が大きいパイプライン方式、護岸水路ではニホンアマガエルの個体密度が有意に高く (Mann Whitney U-test $z = -18.39, z = -22.13; p < 0.001$)、圃場整備の程度が小さいかもしくは未圃場整備の場合にみられる湧水導入、素堀水路ではニホンアカガエルの個体密度が有意に高かった (U-test $z = -6.196, z = -5.83; p < 0.001$) (図-2)。

畦に生えている雑草の平均草丈高を10cm未満、10cm以上~50

表-1 数量化I類によるカエル類の個体密度に対する環境要因のカテゴリーウェイト

環境要因	カテゴリー	ニホンアカガエル		ニホンアマガエル
		サンプル数	重相関係数	
耕作状況	稲作	955	0.62	955
	休耕	-	-	944
	レンジ	3.78	-	51
水田の暗渠排水施設	湿田	-	-	251
	乾田	-	-	744
	レンジ	16.24	4.98	-
用水の取水方法	湧水導入	10.22	-1.43	5
	汲み上げ	-0.19	-0.69	107
	湧水・汲み上げ	-2.29	2.08	248
	パイプライン	0.84	-0.68	635
	レンジ	12.52	3.51	-
排水路	素堀水路	2.22	-1.24	529
	護岸水路	-2.54	1.42	466
	レンジ	4.77	2.65	-
畦の草丈高	10cm未満	0.49	-0.97	701
	10cm以上~50cm未満	-1.26	2.25	266
	50cm以上	-0.48	3.21	28
	レンジ	1.75	4.18	-
畦の植被度	疎	-1.13	-	209
	中	0.58	-	467
	密	-0.10	-	319
	レンジ	1.71	-	-
水路の配置	水田/水田	-0.18	-0.47	437
	水田/農道	0.31	-2.19	87
	水田/林	3.02	0.40	310
	水田/休耕田	-8.41	2.33	113
	水田/畑	3.69	-1.84	16
	水田/住宅	0.99	-1.19	46
	レンジ	12.10	4.52	-
	畦の配置	0.34	0.04	484
農道整備	水田/水路	0.45	0.58	214
	水田/農道	-0.88	0.32	114
	水田/林	-1.07	1.04	32
	水田/休耕田	-1.03	-1.62	120
	水田/畑	-0.01	-0.97	18
	レンジ	1.52	2.67	-
	未舗装	-1.42	-	651
	舗装	1.77	-	444
斜面の土地利用	スギ林	3.19	-	54
	広葉樹林	0.28	-1.57	253
	スギ・広葉樹	-2.37	-0.35	522
	竹林	0.67	1.52	24
	草地	4.21	-0.97	15
	コンクリート擁壁	-1.21	-3.13	126
	レンジ	1.24	-4.27	-
レンジ	6.58	5.80	-	



図-1 調査対象地

1: サンバの繁殖地 2: サンバの非繁殖地

表-2 個体密度と関連のみられた環境要因とそのレンジ

	ニホンアカガエル	レンジ	ニホンアマガエル	レンジ
1	水田の圃場整備	16.24	斜面の土地利用	5.80
2	用水の取水方法	12.52	水田の圃場整備	4.98
3	水路の配置	12.10	水路の配置	4.52
4	斜面の土地利用	6.58	畦の草丈	4.18
5	排水路	4.77	用水の取水方法	3.51
6	耕作状況	3.94	畦の配置	2.67
7	農道の舗装	3.19	排水路	2.65
8	畦の草丈	1.75		
9	畦の植被度	1.71		
10	畦の配置	1.52		

cm未満, 50cm以上に分け, 両種の平均個体密度を比較した。ニホンアカガエルでは草丈高10cm以上~50cm未満が10cm未満に対し有意に平均個体密度が低かったが (U-test $z=-5.23$; $p<0.001$), 10cm以上~50cm未満と50cm以上の間では有意な差はみられなかった。一方ニホンアマガエルでは草丈高10cm以上~50cm未満が10cm未満に対し有意に平均個体密度が高かったが (U-test $z=-5.29$; $p<0.001$), 10cm以上~50cm未満と50cm以上の間では有意な差はみられなかった (図-3)。

(2) 変態後2年以上の成体の個体密度と環境要因との関係
圃場整備の程度の違いで構造的に異なる環境要因である水田の暗渠排水施設, 用水の取水方法, 排水路の各カテゴリーを組み合わせ, 圃場整備の程度の小さい順に5つの谷津環境をつぎの4つの水田タイプに分類した。

- タイプ1) 湿田-湧水・汲み上げ-素掘水路
- タイプ2) 乾田-湧水・汲み上げ-素掘水路
- タイプ3) 乾田-パイプライン方式-素掘水路
- タイプ4) 乾田-パイプライン方式-護岸水路

そこで各水田タイプにおけるニホンアカガエル・ニホンアマガエル・トウキョウダルマガエルの変態後2年以上の成体の平均個体数を比較した。ニホンアカガエル・トウキョウダルマガエルの2種は, 圃場整備の程度が大きくなるにつれて平均個体数が減少する傾向がみられた。ニホンアマガエルはどの谷津環境でも目撃個体数が少なく, 圃場整備の程度と個体数との傾向がみられなかった。ニホンアカガエルでは, タイプ2で平均個体数が16.00であったのが, タイプ3で0.94へと下がった。トウキョウダルマガエルでは, タイプ3で15.94であったのが, タイプ4で2.24へと下がった (図-4)。

4. 考察

谷津環境においてカエル類3種間で個体密度と環境要因とに差がみられた理由についてそれらの生活史特性から説明を試みた。さらに谷津環境におけるカエル類3種の生息のために求められる保全と管理手法について考察した。

ニホンアカガエルは, 千葉市で2月上旬頃に湿田で産卵し, 変

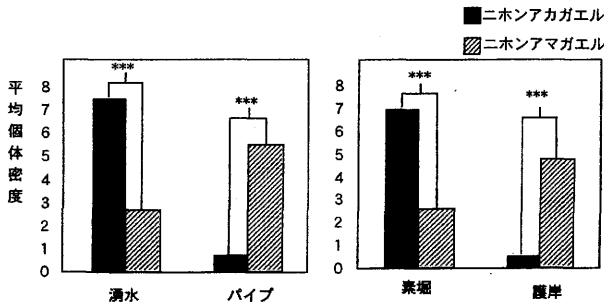


図-2 用水の取水方法, 排水路の違いにおけるカエル2種の平均個体密度の比較

*** Mann-Whitney U-test $p<0.001$

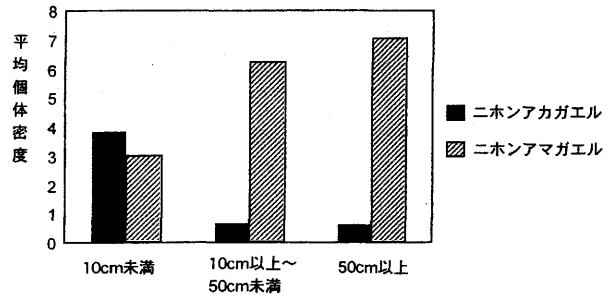


図-3 畦の草丈高におけるカエル2種の平均個体密度

態した子ガエルは周辺の斜面林などに移動する (長谷川, 1995a⁵⁾; 1995b⁶⁾)。また圃場整備が行なわれた水田にはニホンアカガエルの産卵が確認されなかった (長谷川, 1995a⁵⁾) ように, 本種の生息には産卵期である冬期間に水田内に水が残っていることが必要であることが考えられる。これらは個体密度が水田の暗渠排水施設 (レンジ=16.24), 用水の取水方法 (レンジ=12.52) と関連性が強くみられたことや, 水田タイプにおける用水の取水方法が湧水・汲み上げからパイプラインへ移行したことで, 平均個体数が大きく低下したことから示唆される。これはパイプライン化により冬期間に谷津田内に水が入らず, 谷津田での産卵が妨げられたためと推察される。また水路の配置 (レンジ=12.10) や斜面の土地利用 (レンジ=6.58) も個体密度と関連性が強くみられたことから, 水路の周辺や斜面の土地利用も本種の生息に重要であると示唆される。畦の草丈が高いほど本種の個体密度が低かった理由として, 本種は脚に吸盤がないため空間を立体的に利用することができず, したがって高い草丈は地面を移動するさいの障害になるからではないかと考えられる。すなわち谷津環境における本種の生息には湿田であることがもっとも適しているが, 乾田の場合でも産卵期である冬期間に水田内に水が残っていることが重要であると考えられる。

トウキョウダルマガエルはもっぱら水田で繁殖し, 変態後も水田を離れず (前田・松井, 1989¹⁰⁾), 繁殖時期はほかの2種よりも遅い (Fujioka & Lane, 1997¹¹⁾)。したがって本種の生息は乾田化による冬期間の谷津田内の水量にあまり影響を受けず, むしろイネが成長し水田から水を抜くときに移動して定着できる水路の状態に影響を受けることが予想される。これは水田タイプにおける排水路が素掘から護岸へ移行したことで, 平均個体数が大きく低下したことから推察される。谷津環境におけるトウキョウダルマガエルの生息には排水路が護岸されていないことが重要であると考えられる。

ニホンアマガエルの重相関係数は0.36と低い値であったように本種の個体密度は環境要因と関連性が弱いことが示された。すなわち本種の生息は環境要因に影響を受けにくいことが示唆される。個体密度と水田の暗渠排水施設 (レンジ=4.98) や排水路

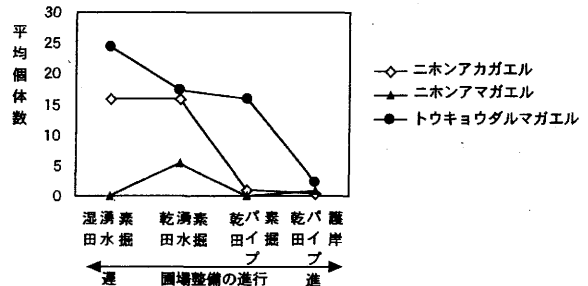


図-4 圃場整備の程度によって分けられた4タイプの水田におけるカエル類の平均個体数

(レンジ=2.65)との間に関連性が弱かったことから、本種はニホンアカガエルとは異なり、乾田化の影響を受けにくい種であると考えられる。また本種の現存量は6月下旬では湿田より乾田が高く、7月上旬で等しくなり、7月下旬では湿田のほうが高くなった(Lane & Fujioka, 1998⁹⁾)ように、本種は時季により乾田と湿田を使い分けていると示唆される。さらに吸盤のある脚をもっていることで(前田・松井, 1989¹⁰⁾、水路が護岸されたり、畦の草丈が高くて空間を立体的に利用できるため、こうした条件が生息に影響を与えにくいと考えられる。この種が千葉市内のほとんどすべての水田に生息しているものと推察される(長谷川, 1997⁷⁾)原因もこうした点にあると思われる。したがって本種は他の2種と比べて生息に求められる環境選好性の幅が広いといえる。

谷津環境におけるニホンアカガエル・ニホンアマガエル・トウキョウダルマガエルの個体密度と環境要因との関係から、それぞれの種の環境選好性を推察することができた。谷津環境においてカエル類3種の生息を保证するためには、環境選好性の幅が狭いと考えられるニホンアカガエル、トウキョウダルマガエル、ニホンアマガエルの順でそれぞれに求められる環境要因を考慮し保全することが必要である。ニホンアカガエル・トウキョウダルマガエルにとっては水田の暗渠排水施設が未整備である湿田がもっとも適していると考えられる。しかし今日暗渠排水施設が整備されていないいわゆる湿田は極めて少ない。乾田であっても産卵期の

冬期間に水田内に水を残すことや排水路を素掘のまま維持することでニホンアカガエルやトウキョウダルマガエルの生息を有利にすることができる。斜面の土地利用はニホンアカガエル・ニホンアマガエルの生息に影響を与える環境要因であり、スギ・広葉樹の混交林や竹林が両種の生息に適している。また畦の草丈高は両種の個体密度に与える影響が正反対であったが、両種の保全を考慮した場合、環境選好性の幅が狭いと考えられるニホンアカガエルに焦点を合わせ、畦の雑草の草丈を低い状態に維持するための草刈りなどの畦畔管理が本種の生息に効果があると考えられる。

謝辞

東京農業大学短期学部造園環境学科の竹内将俊氏には、野外調査および調査員の確保の面でたいへんお世話になった。また、東京農業大学短期学部生、東京大学大学院生、東京大学農学部生、東邦大学理学部生、鈴木奈美子氏、大坪瑞樹氏には野外調査を手伝っていただいた。我孫子市鳥の博物館主任学芸員の時田賢一氏、里山自然環境研究会の内田聖氏、東京大学大学院農学生命科学科野生動物学研究室の森下英美子氏には野外調査のみならず終始懇切な助言を頂いた。千葉県立中央博物館学芸員の長谷川雅美博士には適切な助言を頂いた。分析にあたっては、科学技術庁特別研究員の大久保悟博士にご協力頂いた。以上の方にお礼申し上げます。

引用文献

- 1) 東淳樹・武内和彦・恒川篤史 (1998) : 谷津環境におけるサシバの行動と生息条件 : 環境情報科学論文集 12, 239-244
- 2) 千葉県 (1980) : 土地分類基本調査「佐倉」図幅 : 千葉県企画部企画課
- 3) 池野進 (1993) : 茨城の現状とその未来—穴塚大池のサシバを中心として— : サシバサミット資料集, 穴塚の自然と歴史の会, 11-12
- 4) Fujioka M. and S. J. Lane (1997) : The impact of changes in irrigation practices in rice fields on frog populations of the Kanto Plane, central Japan : *Ecological Research* 12, 101-108
- 5) 長谷川雅美 (1995a) : 環境影響評価における両生類、爬虫類調査の位置づけ : 自然環境への影響予測—結果と調査法マニュアル— (沼田真編) : 千葉県環境部環境調査課, 147-160
- 6) 長谷川雅美 (1995b) : 谷津田の自然

- とニホンアカガエル 大沢雅彦・大原隆 (編) : 生物-地球環境の科学 : 朝倉書店, 105-112
- 7) 長谷川雅美 (1997) : 湾岸都市千葉市の両生類・爬虫類—谷津田の形状と開発程度が生息種に与える影響— : 湾岸都市の生態系と自然保護—千葉市野生動物物の生息状況及び生態系調査報告— (沼田真監修) : 信山社サイテック, 505-521
 - 8) 興水肇・武内和彦・位寄和久・安立植 (1987) : 樹木活力度を指標とした多摩丘陵の土地自然特性と開発インパクトの総合評価 : 造園雑誌 50(5), 131-136
 - 9) Lane, J.S. and M. Fujioka (1998) : The impact of changes in irrigation practices on the distribution of foraging egrets and herons (Ardeidae) in the rice fields of central Japan : *Biological Conservation* 83, 221-230
 - 10) 前田憲男・松井正文 (1989) : 日本カ

- エル図鑑 : 文一総合出版, 198pp
- 11) 守山弘・飯島博・白木彩子・長田光世 (1992) : 谷津田環境の配置がもつトンボの種供給機能 : 環境情報科学 21(2), 84-88
 - 12) 小河原孝生・有田一郎 (1996) : 千葉県西部における生物多様性ポテンシャル調査 ニホンアカガエルと鳥類による評価手法の検討 : 生態計画研究所年報 4, 1-22
 - 13) 大澤啓示・勝野武彦 (1997) : カエル類を用いた都市域谷戸田の環境分析・評価 : 環境情報科学論文集 11, 237-242
 - 14) 大澤啓示・勝野武彦 (1998) : 流域単位からみた谷戸の特性とカエル類保全に関する考察 : ランドスケープ研究 61(5), 529-534
 - 15) 森林野生動物研究会 (1997) : フィールド必携 森林野生動物の調査—生息数推定法と環境解析— : 共立出版株式会社, 128pp

Summary : The research on the relationship between the environmental conditions of the habitat and the species and the individual number was made in respect to the frogs which inhabiting in the Kashima and Tegri River, watershed of Inba Marsh, Chiba Prefecture. The field-survey was carried out from May to July in 1997 and 1998. Walking on the paddy field ridge, the number of the frogs, the walking distance and the environmental factors of the surrounding area were recorded. Then the relationship between the individual density of each species and the environmental conditions was analyzed by means of Hayashi's quantification theory I.

As a result, the major factors which would affect the individual density were clarified: The underdrainage of the paddy field, the landuse of the slope, the irrigation system and the arrangements of the canal. Another fact was also revealed that the reformation into well-drained paddy field which is promoted by the farmland consolidatuin tends to have the negative impact on the inhabiting of the Japanese brown frog while it does not have much affect on that of the Japanese tree frog.