

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 8 日現在

機関番号：82111  
研究種目：若手研究(B)  
研究期間：2013～2015  
課題番号：25871098  
研究課題名(和文)ニホンアカガエルの卵塊調査を基にした生息環境と水田整備の影響の多角的な評価手法  
  
研究課題名(英文)Multiple evaluation methods of frog habitats based on egg-mass survey of *Rana japonica*  
  
研究代表者  
渡部 恵司(WATABE, Keiji)  
  
国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・農村工学研究部門水文学研究領域・主任研究員  
  
研究者番号：50527017  
交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：水田周辺におけるカエル類等の生物の生息環境や圃場整備等による影響の調査にはこれまで多大な労力を要してきた。そこで、この調査を省力的に行える方法の開発・提示に取り組んだ。ニホンアカガエルの卵塊の調査をもとに、個体数や卵塊の空間分布、産卵期間が圃場整備の影響の指標になること、卵の安定同位体比が地区外からの親個体の加入状況の指標になることを確認した。また、人工衛星画像の解析により水田の乾湿を広域的に推定する方法を提案し、越冬期に湿潤な地区にカエル3種が生息している傾向があることを確認した。

研究成果の概要(英文)：Toward development of saving survey methods of frog habitats and an effect of land consolidation projects on frogs in and around paddy fields, indicators obtained from egg-mass survey of the Japanese brown frog, *Rana japonica* were studied. The results are that population sizes, spatial distributions of egg-masses and ovipositing periods would indicate the effect of the projects, and that stable isotope of eggs may indicate migration of females from another habitat. The waterlogging index that is estimated from satellite image data was also proposed in order to evaluate hibernation environment for frogs.

研究分野：農村生態工学

キーワード：ニホンアカガエル 卵塊 農村生態系 圃場整備事業 モニタリング

## 1. 研究開始当初の背景

近年、水田や農業水路（以下、「水田域」とする）においてカエル類のモニタリング調査や生息場保全、増殖が取り組まれ始めた。これは、かつて普通種であったカエル類（アカガエル類やダルマガエル類など）までもが絶滅危惧種に指定されるようになったこと、また食物網の中で中間的な捕食者に位置するカエル類の存在がトキやコウノトリ、サギなどの大型捕食者の生存にも重要であることが背景にある。

圃場整備や水路整備といった農業農村整備事業が行われた後の水田域ではカエル類の生息個体数が少ないことや生息環境が悪化することが報告されている。カエル類の減少は、整備時の直接的なダメージ（表土の剥ぎ取りや水路の埋め戻しによる個体の大量死）、餌環境の変化、コンクリート水路などによる移動障害（水路を横断できず、生息場間を移動できない）、乾田化による繁殖環境の悪化（繁殖に利用できる水たまりが消失しやすい）などに起因すると考えられている。しかし、カエル類の生息環境や整備の影響の評価には膨大な調査労力を要するため、これまで研究は進んでおらず、省力的な調査方法の開発・提示が重要な課題であった。

本研究では、ニホンアカガエル *Rana japonica* の卵塊の調査（以下、「卵塊調査」とする）から生息環境や整備の影響の評価を効率的に行えると考えた。本種は、母親1個体が1年に1回、ひと塊の卵塊を産卵するため、これまでは個体数のモニタリングに卵塊調査が用いられてきた。本研究では個体数のモニタリングに加えて、卵の安定同位体比、卵塊の空間分布、産卵期間等を指標として、各指標と生息環境や圃場整備との関係把握を試みることにした。

## 2. 研究の目的

- (1) 卵の安定同位体比と親ガエルの安定同位体比の関係を分析し、卵の安定同位体比が親ガエルの餌環境を指標できることを確認する。
- (2) 卵塊の空間分布とコンクリート水路など移動障害物の配置との関係を解析し、卵塊の空間分布が移動障害を指標できることを確認する。
- (3) 整備状況等の異なる水田域において卵塊調査を行い、各指標と生息環境や圃場整備との関係を明らかにする。
- (4) 乾田化によるカエル類に与える影響の評価に向け、人工衛星の画像データから非灌漑期の圃場の乾湿を推定できるかどうかを確認するとともに、カエル類の分布との関連を明らかにする。

## 3. 研究の方法

### (1) 卵の安定同位体比の分析

カエル類の卵と親ガエルの安定同位体比の相関を確認するため、栃木県市貝町の水田域において、ニホンアカガエルを捕獲し、形態からメスと判断される個体をサンプルとして持ち帰った。また、種間による違いを明らかにするため、石川県においてトノサマガエル・ツチガエルを、栃木県においてトウキョウダルマガエル・ニホンアマガエル・シュレーゲルアオガエルを、茨城県においてヌマガエルを捕獲した。

各個体を解剖し、後肢の骨、筋肉、後ろ足の指、胃、卵（または卵巣）を採取し、60℃で乾燥した。質量分析器（サーモエレクトロン社製 DeltaV）を用いて、それぞれの炭素および窒素安定同位体比を測定し、部位間の相関を調べた。

### (2) 卵塊の空間分布の解析

北関東の A 地区において、2010 年に圃場整備事業が行われた区域を「地区内」、未整備の区域を「地区外」として設定した。卵塊調査では、2013～2014 年に、地区内と地区外のすべての畦畔を歩き、見つかった卵塊の数と位置を記録した。

研究代表者は、事業前の 2008 年から同地区で卵塊調査を継続している。そこで、2008～2012 年の調査データも解析対象に加えて、整備事業前後、地区内・外の卵塊数の密度を比較するとともに、卵塊の空間分布を比較した。

### (3) 水田域での卵塊調査

2009～2010 年に実施したカエル類の分布調査（後述）の結果をもとに、茨城県つくば市・土浦市を流れる桜川の中流域において 20 地区を選定した。このうち、2014 年は 9 地区、2015 年は 14 地区で調査を行った。調査では、各地区の畦畔上に 400～1,000m の調査ルートを設定した。ルートを歩きながら、新たに産みつけられた卵塊を区別できるように、卵塊の位置と数を地図に記録した。各卵塊から卵 10～20 個を採集して実験室に持ち帰り、無水エタノールで固定し、冷凍して保存した。調査は各地区で 1～2 週間おきに年 6～9 回行ない、産卵期間を調べた。

卵のサンプルは 60℃で乾燥し、質量分析器（サーモエレクトロン社製 DeltaV）を用いて、炭素・窒素安定同位体比を計測した。

### (4) 衛星画像データによる圃場の乾湿指標の解析

乾田化に伴う圃場の乾湿がカエル類に与える影響をより広域的に明らかにするため、人工衛星 Landsat 7 ETM+ の中間赤外バンドの反射強度（DN 値）から非灌漑期の圃場の乾湿を表す「湛水指数」（Waterlogging Index, WI 値）を求め、現地の状況およびカエル類

の分布との関連を解析した。

解析には、2009～2010年の衛星画像データおよびカエル類の調査データを用いた。桜川中流域を網羅するように、数枚の圃場からなる116地点(地点の平均面積0.5ha)を選んだ。

衛星画像データには、調査地域に雲が被っていない4日分(Data 1: 2009/12/19, 2: 2010/1/20, 3: 2/5, 4: 2/21)の幾何補正済みのデータを用いた。気象条件や太陽高度等の影響を除いて比較するため、原画像においてDN値が高く、地表面の水分が最も少ないと判断される霞ヶ浦駐屯地飛行場の値を $DN_d$ 、水分が最も多い霞ヶ浦の値を $DN_w$ として、式1によりWI値を計算した。

$$WI = (DN_w - DN) / (DN_w - DN_d) \times 100 \quad \text{式 1}$$

すなわち、湿潤な圃場ほど、DN値は低く、WI値は高い値を示す。各地点におけるDN値は、その地点の領域内にあるピクセル(平均ピクセル数10.9)のDN値を面積で重み付き平均した値を採用した。解析にはESRI社製ArcGIS10.2を用いた。

各地点の代表的な1圃場において、圃場の湛水状況を目視にて5段階(湛水部分なし～全面が湛水)で記録した。調査は2010年3～4月に行なった。

ニホンアカガエルの分布は、2010年に調査した結果を用いた。3～5月に各地点の水田畦畔を踏査して卵塊数を数えた。踏査は2回行い、卵塊が確認された地点は種が生息していると判断した。また、調査地域の主な生息種であるトウキョウダルマガエル *Pelophylax porosus porosus* およびシュレーゲルアオガエル *Rhacophorus schlegelii* を解析対象に加えた。2009、2010年に、両種の繁殖期である5～7月に計3回、各地点において5～10分間の鳴き声の聞き取りを行った。それぞれの種について、3回の調査のうち鳴き声が1回以上確認された地点は、種が生息していると判断した。

#### 4. 研究成果

##### (1) 卵の安定同位体比の分析

卵塊および親個体の各部位の安定同位体比を計測し、各2者間のPearson相関係数を計算すると、炭素安定同位体比 $\delta^{13}C$ については $R=0.45 \sim 0.97$ 、窒素安定同位体比 $\delta^{15}N$ については $R=0.85 \sim 0.99$ となった。親ガエルの移動等に伴い餌環境が時間的に変化する場合には、回転速度の違いにより同じ個体であっても部位ごとに安定同位体比の値が異なることが知られている。今回の分析結果では、卵の安定同位体比は、筋肉の値との相関が比較的高かったことから、卵の安定同位体比の計測により、親ガエル、特に筋肉の安定同位体比を推量できることが示唆された。

##### (2) 卵塊の空間分布の解析

2008年～2014年のニホンアカガエルの卵塊数の推移は、未整備の地区外でも年によって大きく変動したが、地区内では、事業後の2011年に顕著に減少した(図1)。ただし、2011年以降、徐々に増加する傾向も確認されている。年による違い(2.6～4.5倍)、地区内・地区外の違い(1.9倍)を除去すると、事業後の卵塊数は事業前の0.09倍と推定された。

地区内における卵塊の分布を事業前後で比較すると、事業前には区域の西側にも卵塊が多く確認されていた一方で、事業後には、新設された排水路(コンクリート柵渠)の近くには卵塊が少なくなった(図2)。本種は繁殖のために樹林から水田に移動する生態を持つ。事業前は地区の両脇の樹林から移動して産卵していたのに対し、事業後は西側の排水路を横断できていないため、卵塊が減少したと考えられる。

##### (3) 卵塊調査から得られる指標の特徴

各調査地区において、年6～9回の卵塊調査を実施し、卵塊は1,232個が確認された。圃場整備済みの区域と未整備の区域を含む調査地区では、整備済みの区域よりも未整備の区域の方が卵塊数の密度は高いことなど、整備事業の実施状況間で卵塊の確認状況に違いが見られた。

産卵期間について、圃場整備済みの区域と

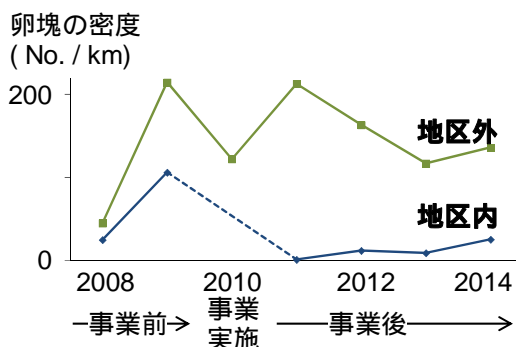


図1 圃場整備事業前後の卵塊数の推移

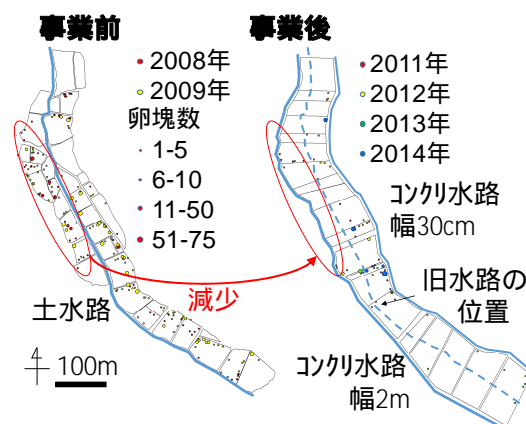


図2 圃場整備事業前後の卵塊の分布変化

未整備の区域を比べると、未整備の区域は整備済みの区域よりも産卵開始が総じて早かった。また、卵塊が高密度の区域ほど産卵開始日が早く、産卵期間が長かった。整備済みの区域では、ため池などの産卵適地がある場合には産卵開始が早かったものの、多くの地区では水田の灌漑開始とともに産卵が行われていた。これは、整備済みの地区では、灌漑が始まる前には産卵可能な水辺が存在しにくいことに起因すると考えられる。

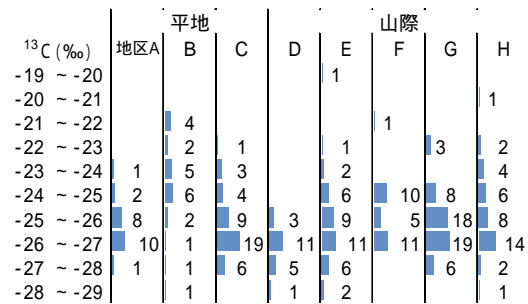
卵の安定同位体比のうち、炭素安定同位体比  $\delta^{13}\text{C}$  は最小-28.9 ~ 最大-19.7‰の値をとり、各地区の平均値は-26.7 ~ -23.3‰で推移した。平地と山際（谷津）の地区間、あるいは整備済みと未整備の区域間で顕著な差はみられなかった。

地区ごとに  $\delta^{13}\text{C}$  の頻度分布を調べると、山際の地区の中には、外れ値のように高い  $\delta^{13}\text{C}$  を持つ卵塊が含まれた（**図3**の矢印部）。このことは、親ガエルが地区の平均的な餌環境とは異なる空間、すなわち別の生息地から移入してきた可能性を示しており、卵塊の安定同位体比から親ガエルの移動状況が把握できることを再確認する結果といえる。ただし、このような卵塊の割合は各地区の卵塊数の3~6%程度であったことから、移動状況の把握には数十個程度の卵塊をサンプルとして収集する必要があるだろう。

#### (4) 衛星画像データによる水田の乾湿指標の解析

WI 値の平均等を表1に示す。データ1、2および平均値では、WI 値と環境調査に基づく湛水状況のランクには有意な負の相関がみられた（**表1**）。すなわち、圃場の湛水部分が多いほど、相対的に WI 値が高い傾向が確認された。データ3、4については、3~4日前に降雨があったことから（**表1**）、一時的に水たまりが生じて全体的に WI 値が高くなり、環境調査の結果とも傾向が異なると推測される。

カエルの分布調査では、トウキョウダルマガエルは32地点（全116地点の28%）、シュレーゲルアオガエルは45地点（39%）、ニホンアカガエルは52地点（45%）で確認された。それぞれの種の生息地点と非生息地点でデータ1~4の平均 WI 値を比較した結果、トウキョウダルマガエルでは、生息地点は非生息地点よりも WI 値が高く（ $p < 0.05$ ）、他の2種でも同様の傾向があった（**図4**）。すなわち、越冬期に乾燥する圃場では3種が生息しにくいことが示唆された。以上から、WI 値は圃場の乾湿の相対的な指標として利用できること、圃場の乾湿がカエル3種の分布に影響することが確認された。



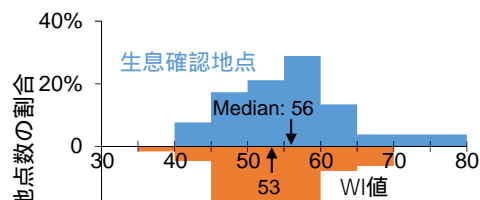
**図3** 炭素安定同位体比の頻度分布（代表的な地区のみ示した。数字は卵塊数）

**表1** WI 値と現地の湛水状況の関係

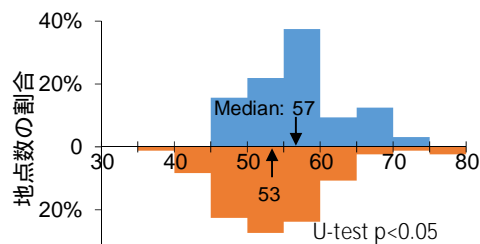
衛星データ	撮影日	相関係数 <sup>(1)</sup>	WI値		直前の降雨
			平均	最小-最大(差)	
1	'09/12/19	+0.326**	50	28-79 (51)	27.5mm, 7-8日前
2	'10/1/20	+0.358**	47	26-77 (51)	11mm, 7-8日前
3	'10/2/5	-0.059	61	42-78 (36)	18mm, 3-4日前
4	'10/2/21	+0.019	61	42-82 (40)	16mm, 6日前 3mm, 3日前
平均		+0.226*	55	26-82 (56)	

<sup>(1)</sup> WI値と現地で記録した湛水ランク間のSpearmanの順位相関係数。\*  $p < 0.05$  \*\*  $p < 0.01$ 。

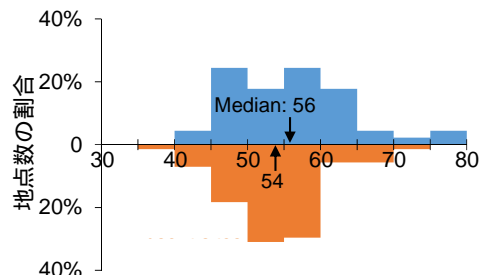
#### ニホンアカガエル



#### トウキョウダルマガエル



#### シュレーゲルアオガエル



**図4** カエルの確認・非確認地点別の WI 値の分布

5. 主な発表論文等  
(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計5件)

渡部恵司、「研究のいま」の共有、農業農村工学会誌、査読無、83(11)、2015、64-66  
渡部恵司、森 淳、小出水規行、竹村武士、農村生態系におけるカエル類の保全、農業および園芸、査読無、90(3)、2015、372-380  
渡部恵司、森 淳、小出水規行、竹村武士、農業水路の生態系配慮施設における魚類相の多様性評価、農工研技報、査読有、217、2015、29-37  
渡部恵司、森 淳、小出水規行、竹村武士、西田一也、圃場整備事業前後のニホンアカガエルの卵塊数の比較、農業農村工学会論文集、査読有、289、2014、53-54  
渡部恵司、森 淳、小出水規行、竹村武士、西田一也、カエル類のコンクリート水路への転落と脱出工の現状と課題、農業農村工学会誌、査読有、81(11)、2013、887-891

[学会発表](計6件)

渡部恵司、森 淳、小出水規行、竹村武士、瑞慶村知佳、衛星データに基づく越冬期の水田圃場の乾湿とカエル類の分布との関連、平成27年度農業農村工学会大会講演会、2015年9月2日、岡山大学(岡山県岡山市)  
Watabe K., Mori A., Koizumi N., Takemura T., Zukemura C., Application of satellite image data to evaluate frog habitats in paddy fields of Japan, PAWEES-INWEPF Joint International Conference 2015, 2015年8月20日、クアラルンプール市(マレーシア)  
渡部恵司、森 淳、小出水規行、竹村武士、魚類相の多様性を指標とした農業水路の生態系配慮施設の評価、第15回自然環境復元学会、2015年2月9日、東京農工大学(東京都府中市)  
Watabe K., Mori A., Koizumi N., Takemura T., Distribution of egg-masses for the Japanese Brown Frog (*Rana japonica*) in rice paddy fields after land consolidation projects in Japan, PAWEES 2014 International Conference on Sustainable Water and Environmental Management in Monsoon Asia, 2014年10月30日、高雄市(台湾)  
Watabe K., Mori A., Koizumi N., Takemura T., Nishida K., Decrease of Egg-masses for the Japanese Brown Frog (*Rana japonica*) after Land Consolidation Project in Paddy Field Area, Japan, PAWEES 2013 (12th) International Conference on Agricultural water and Rural Environment for the Future, 2013年10月30日、清州市(大韓民国)  
渡部恵司、森 淳、小出水規行、竹村武士、西田一也、土地改良事業前後のニホンアカガエルの卵塊数の比較、農業農村工学会大

会講演会講演要旨集、2013年9月3日、東京農業大学(東京都世田谷区)

6. 研究組織

(1)研究代表者

渡部 恵司 (WATABE, Keiji)  
国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・農村工学研究部門水利工学研究領域・主任研究員  
研究者番号：50527017