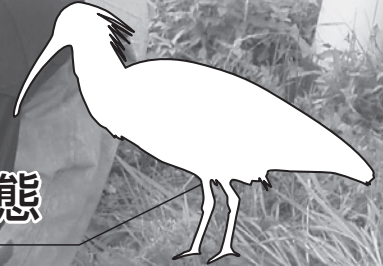


餌生物を増やすしくみと餌生物の生態



【概要】

トキの観察から得られた食性の情報をもとに、餌生物の確保のために必要な自然再生の手法と主な餌生物の生態を知る。主な餌生物として、ここではカエル類、ドジョウ、ミミズを取り上げる。

【ねらい】

トキと餌の関係から食物連鎖のしくみを知り、餌生物の確保のためには食物連鎖の再生が重要であることを理解させる。また、餌生物の多くは、季節を通じて、水田と水田を取り巻く環境を行き来して生活を営んでいることを知り、それらの環境をつなぐ生態系ネットワークの構築が、自然再生を実施する上で重要であることに気づかせる。

1. 自然条件下におけるトキの餌生物

トキが生息できる環境を整備するにあたり、餌場となる水田や河川、営巣場所となる森林の再生は自然再生の2つの大きな柱といえる。その具体的な再生手法は、トキの生態に関する科学的な知見に基づき組み立てられるべきであることはいうまでもない。しかしながら、放鳥以前においては、トキの生態情報が乏しかったこともあり、1900年代初頭にその生態を調べた佐藤の記録（佐藤，2002）や、野生個体群が存在する中国産トキの情報（丁，2007）に頼ることが多かった。2008年9月に飼育増殖されたトキが野生に放たれたことで、自然条件下におけるトキの基本的な生態情報が、現在急速に蓄積されつつあり、餌生物に関する情報も例外ではない。その結果、これまで考えられていたトキのイメージとは異なる特性も少しずつ明らかになりつつある。それらも含めて以下では、佐渡島の自然条件下で明

らかになりつつあるトキの餌生物について紹介しよう。

トキは、水田や水路など同じ水場を利用するサギ類とは異なり、くちばしの感覚を使って餌を探す特性をもつ。観察を行っていると、水田やその周辺の環境では、歩きながら水中や泥の中にくちばしをさしこみ、畦や畦際^{*1}のような環境ではしきりに土をつつき、餌を探索する様子が見て取れる。トキの餌生物としては、中国の記録や日本における絶滅前の記録から、ドジョウ、カエル、サワガニ、タニシ、ゲンゴロウなどが知られていた。佐渡で放鳥されたトキの観察から、トキが利用する採餌環境は、慣行水田、調整水田、湛水休耕田などの湿性環境のほか、畦や草地などの陸上でもしばしば採餌していることが明らかになってきた。図1は、2010年7月から2011年7月の1年間にわたる観察に基づき、

^{*1} 水田と畦が接している境界の、湿った環境。「クロ」ともいう。

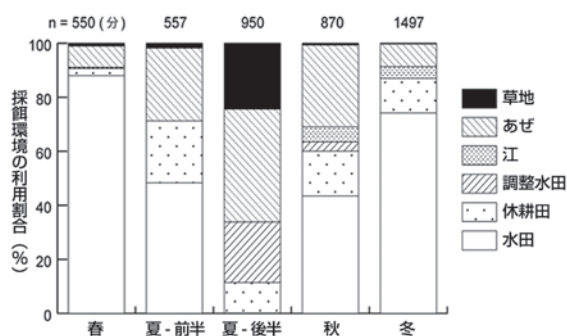


図1 観察時間にもとづく採餌環境の利用割合の季節変化
(遠藤ら, 未発表)

採餌における利用環境の割合を示したものである。農事暦を考慮して、一年を春（水入れから田植え前：3月～4月）、夏前半（田植え後から稲の成長期：5月～7月前半）、夏後半（中干し期から稲刈り前：7月後半～9月）、秋（稲刈り後：10月～11月）、冬（12月～2月）の5期に区分すると、年間を通じて水田は重要な採餌環境のひとつであるものの、夏後半は、草地や畦の利用割合が高くなることがわかった。これは、水稻が成長するにつれ、トキが水田内に入れなくなることによると推察されている。冬は、「江」とよばれる水田内の承水路の利用がみられ、積雪時には、江や湧水地など雪がとけてわずかに水のある環境が重要な採餌環境となることがうかがえる。また、稲の植えられていない調整水田や湛水休耕田も、年間を通じてトキの採餌環境として利用されていた。

採餌行動の観察から、採餌した回数のうち70%以上は、直接観察からは判別のできない小さな生物（多くは無脊椎動物）が占めていることも分かってきた。直接観察で確認できた主な餌生物は、ドジョウとミミズであった。ミミズは、既往の情報ではほとんど出現していなことから、現在の佐渡島の環境特性を反映したものなのかもしれない。その他に、ツチガエル、ウシガエル、メダカ、アメリカザリガニ、バッタ、ケラ、ガムシ（成虫）などを食べていたという観察例もある。図2は、図1と同時期の調査時にカウントした採餌回数とその内容の内訳によって、餌生物の割合の季節変化を示したものである。ドジョウとミミズ以外は、採餌した生物を、採餌した環境によって陸生生物もしくは水生生物に分類した。休耕田で採餌した生物については、明確に水生もしくは陸生の区別ができなかったため、両方に含めた。図2に示したように、夏前半には水生

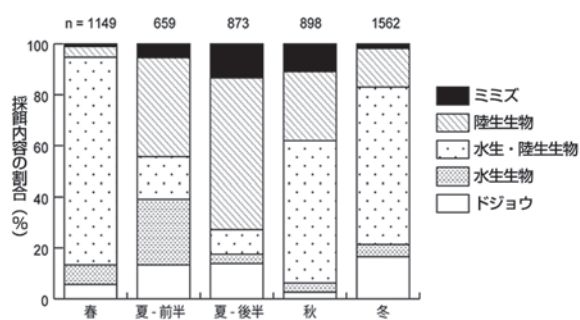


図2 採餌回数からみた餌の内訳の季節変化（遠藤ら, 未発表）

生物の割合が比較的高く、夏後半には陸生生物の割合が高くなる傾向がみられた。これはトキの採餌環境の利用割合を反映していると考えられるが、夏前半においては水生昆虫の出現ピークに、夏後半にはバッタ類の出現ピークに対応しており、餌場利用が生物量と密接に関連していることが伺える。トキの餌生物として、重量からみるとドジョウは大きな割合を占めるが、水生と陸生の無脊椎動物も数多く利用されており、水田生態系の多様な生物が重要な餌資源になっていることが明らかになってきた。

2. トキの餌生物を育む水田生態系 —水田食物網の特徴—

太陽からのエネルギーと空気中の炭酸ガス、土壌や水中の窒素、リンなどの栄養から植物体ができ（一次生産者）、それを食べる草食性の動物（一次消費者）、さらにその動物を食べる肉食の動物（二次消費者）といったように、食うものと食われるものの関係、すなわち栄養段階間の関係を食物連鎖といい、それが網目状につながった相互関係を食物網という。食物網は環境ごとに特異的なパターンを作り出し、水田にも水田生態系特有の食物網が形成されている。

先述したように、トキは肉食でドジョウやカエル類などを主要な餌として選好し、これらの餌動物が生息する水田を主な採餌環境として利用することが知られている（佐藤, 2002／丁, 2007）。トキの採餌環境を整備するにあたり、水田食物網を構成する一次生産者からトキに至る連鎖関係を理解することは、餌生物を効率的に増産する水田管理手法を考案する上で不可欠といえる。

一般に食物網は、食物網を構成する生物の既知の

食性情報に基づき、推測も含め描かれることが多い。昨今、天然物質に含まれる安定同位体を活用して、対象とする動物が直接摂取した餌だけでなく、その食物源を一次生産者にまで遡って解析することが可能となった(石樋・横山, 2008)。特に、炭素同位体比($\delta^{13}\text{C}$)は食物源の推定に有効であり、窒素同位体比($\delta^{15}\text{N}$)は栄養段階の推定に有効であるとされる。捕食者―被食者間の同位体比値の差を濃縮係数といい、一栄養段階あがると ^{13}C 濃縮係数は約1‰、 ^{15}N 濃縮係数は約3‰高まることが経験的に明らかになっている。

われわれは佐渡島の水田において、安定同位体比分析を用い、水田食物網の構造を明らかにした(図3)。その結果、水田内の食物網は、水中の懸濁態有機物(POM; 植物プランクトンを含む)と表泥上に堆積した有機物が一次生産者であり、ドジョウが最高次の消費者という構造であった(Ohishi *et al.* 投稿中)。この食物網構造は、水田、江、湛水休耕田で共通して見られた。一方、一部のコウチュウ目やトンボ目幼虫などの水生昆虫類は、上述の一次生産者とは異なる一次生産者を起点とする食物網に属していると考えられた。これらの結果から、水田の水生生物群集は、水田内の食物網に属する生物群と、水田外の食物網から水田内へ移動してきた生物群の両方から構成されることが示唆された。これらの結果から、水田における水生生物の種多様性を増加させ、トキの餌生物量を増産するためには、水田の立地特性を考慮した上で、通年湛水処理を施すことが重要であると考えられた。

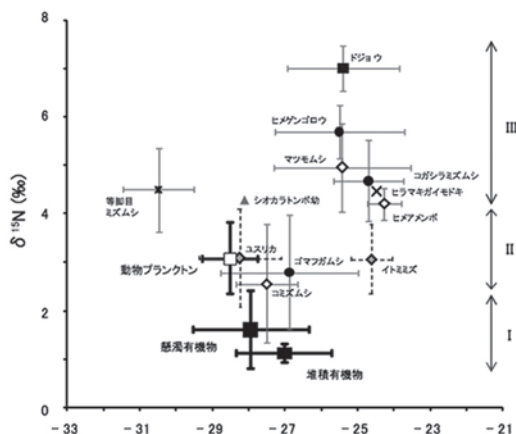


図3 安定同位体比分析により解析された水田食物網の構造。食物網の起点は、懸濁有機物と表泥に堆積した体積有機物と考えられる。(Ohishi *et al.* [投稿中] を改変)

3. 餌生物を増やす水田生態系の再生

トキは採餌環境として浅瀬の湿地環境を主に利用するといわれているが、土地改良が進み湖畔や河川敷に自然の浅瀬が少ない佐渡島では、水田が主な採餌環境の候補地になる。加えて、佐渡島では水田面積が島の総面積の約12%に相当するため、水田整備により餌生物量の増産を図ることが可能となれば、トキの野生復帰に大きく貢献できる。一方、全国各地で進められてきた担い手圃場整備事業による水田の基盤整備は、佐渡島でも水田生態系に甚大な影響を及ぼしており、結果として生物多様性の低い水田地帯を平野部中心に広域に生み出してきた。採餌環境の再生・維持は、個体群定着の成否ににぎる重要な要因であることから、トキの生息環境を整備するにあたり、水田生態系の再生は生息環境を確保する様々な方策の中で最も重要な課題といっても過言ではない。佐渡島では現在、水田再生の一環として、減農薬・減化学肥料や冬水たんぼの実践など環境保全型農法の取り組みが実践されており、佐渡市の後押しにより、その活動が急速に広がりを見せている。しかし、環境保全型農法を導入したからといって、必ずしも生物量が増加するとは限らないという調査結果も一方で得られており、その導入には立地環境なども考慮し慎重な対応が必要である。ここでは、以前にわれわれが実施した異なる5つの水田環境(慣行水田、冬期湛水有機水田、不耕起水田、調整水田、江(承水路))における生物量調査の結果(Ohishi *et al.* 投稿中)を踏まえ、自然再生の際に配慮すべき注意点について紹介しよう。

一般に、環境保全型農業に対するイメージから、無農薬・有機肥料の導入や冬水田んぼの実践など環境に配慮した取り組みが水質の変化を引き起こし、それにより動植物プランクトンや底棲ベントス類の増加を誘導することで、トキの餌生物となる栄養段階上位種の水生昆虫類、魚類、両生類を増やすというボトムアップ効果を期待しやすい。しかし、調査を進めるうち、予想に反する事実が少しずつ浮き彫りになってきた。栄養段階下位の生物に関しては、予測と一致して農法の影響を強く受け、有機水田や不耕起水田において窒素およびリンの量が多く、結果として、それらを栄養源とする植物プランクトンの増加、さらにはそれを餌とする動物プランクトン

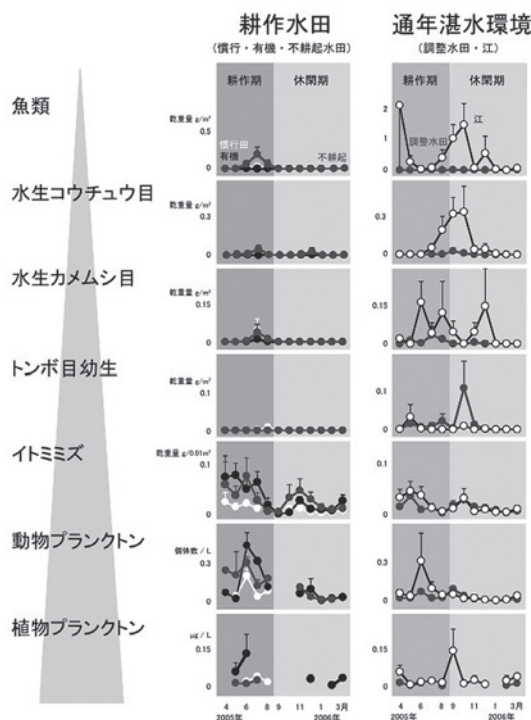


図4 耕作水田（慣行田、有機田、不耕起田）と通年湛水環境（調整水田、江）に出現した各生物のバイオマスの季節的推移。
（Ohishi et al. [投稿中] を改変）

の増加を引き起こしていた（図4）。一方、栄養段階の上位に位置し、トキの餌生物ともなる水生昆虫類、魚類、両生類の生物量は、必ずしも有機水田や不耕起水田で増加するとは限らず、ガムシ・ゲンゴロウなどの水生コウチュウ類やドジョウ・メダカなどの魚類は主に江において、またヤマアカガエルやクロサンショウウオなど両生類の幼生は江や調整水田で多いという結果が得られた（図4）。トキの餌生物を増やすために実践されてきたはずの環境保全型農法は、トキの餌生物という視点からは、期待されたほどの効果が現れていないという事実が見えてきた。なぜ、生態系に配慮した環境保全型農法の効果は栄養段階下位レベルにとどまり、栄養段階上位種にまでいたらなかったのだろうか？

多くの生物は、生活史を営む上で、成長段階に応じて異なる環境を要求することが知られている。特に、栄養段階上位の生物種は水田だけでは生活環を完結できず、森林、草地、河川など他の環境要素が必要となってくる。例えば、ヤマアカガエルやサンショウウオは水田を主な産卵場所とし、孵化した幼生は一定期間水中で暮らしたのち変態する。その後、幼体は陸上に上がり、繁殖に参加するようになるまでの間、周辺の森林などで過ごす（内山、2006）。

しかし、圃場整備による用排水路のパイプライン化や、水田周囲に配備された深いU字溝など障害物の存在は、水田と周辺環境との間を徘徊する生物の往来を著しく阻害し、上記のような一部の生物の生存に致命的なダメージを与える（藤岡、2004）。また、自然再生を実施する場所が、森林や草地など生物供給源となる環境と距離が離れていることも、生物の行き来をより困難にするという意味ではネットワークの遮断と同様の効果をもつ。そのため、環境保全型農法の取り組みにより栄養素の増加から始まるボトムアップ効果が生じたとしても、人工構造物の存在や立地環境によっては周辺環境からの生物の移入が生じにくいいため、その効果はトキの餌生物となる栄養段階上位種にまで達しない可能性が高い。実際、われわれが調査を行った環境保全型水田も、生物供給源となる周辺環境との間にU字溝が設置されていたり、生物供給源からの距離が遠いなど、生態系ネットワークの連続性に大きな問題を抱えていた。トキの採餌環境づくりには、水田管理方法の見直しという局所スケールの再生に加え、生態系ネットワークに配慮した景観スケールの検討が不可欠といえる。

4. 代表的な餌生物の生態

1 カエル類の生態

新潟大学では、かつてトキが生息していた中山間部のキセン城地域で試験的な水場を復元し、その周辺に生息する生物の反応を明らかにするモニタリングを現在実施している。この地域は、かつて山間部に棚田が散在し、トキの格好の餌場を提供していたとされる。そのため、棚田の復元により、餌生物がかつてのように戻るかどうかに関心が注がれている（写真1）。2002年の8月から開始した復元棚田はその後ビオトープとして機能し、多くの水生植物や水生動物の生息が確認されてきたが、ここではトキの主要な餌生物である両生類について、はじめにキセン城における出現種と発消消長を紹介する。次に、主要な両生類の生息密度決定要因と全島的な潜在分布について述べる。



写真1 キセン城地区の冬期の復元棚田（2005年12月）。雪に閉ざされていても、棚田の水面には水を張っている様子がわかる。

■ 1-1 キセン城において出現した両生類

佐渡島には、第一部で紹介したように9種類の両生類が分布するが（うち2種類は移入種）、キセン城では、ヤマアカガエル、ニホンアマガエル、モリアオガエル、ツチガエルの無尾目4種と、クロサンショウウオ、アカハライモリの有尾目2種、計6種の両生類の生息と繁殖が確認された（関谷，未発表）。外来種であるウシガエルとアズマヒキガエル、加えて新種と見られる *Rana sp.* は、当該地域では今のと

ころ見つかっていない。モリアオガエル、クロサンショウウオ、アカハライモリの3種は、新潟県の準絶滅危惧種に登録されている種である。

■ 1-2 両生類の生活史

アカハライモリは個体数が少なく、目撃数も多くなかったため、本種を除く5種について生活史の概要を紹介する。図5に、卵から幼生（オタマジャクシ）・亜成体（変態直後から成熟前まで）を経て、成体にいたるまでの出現期間を推定も含めて示した。

カエル類の中で最も早く越冬個体が出現し産卵を行うのは、ヤマアカガエルである。キセン城では、3月の終わりにから4月にかけて産卵が行われ、オタマジャクシは8月頃まで水辺で見られる。陸に上がった亜成体は、その後、水辺から周辺の森林に分散していく。成体は、晩秋に森林から水田周辺に集まりはじめ、翌年の繁殖に備え水田周辺の土中で越冬する。

次に、ヤマアカガエルに続いて、ニホンアマガエルとモリアオガエルの卵のうが6月頃に見られる。モリアオガエルの卵は、よく知られているように液状の卵のうに包まれ、棚田の上の木の枝や、畦の草

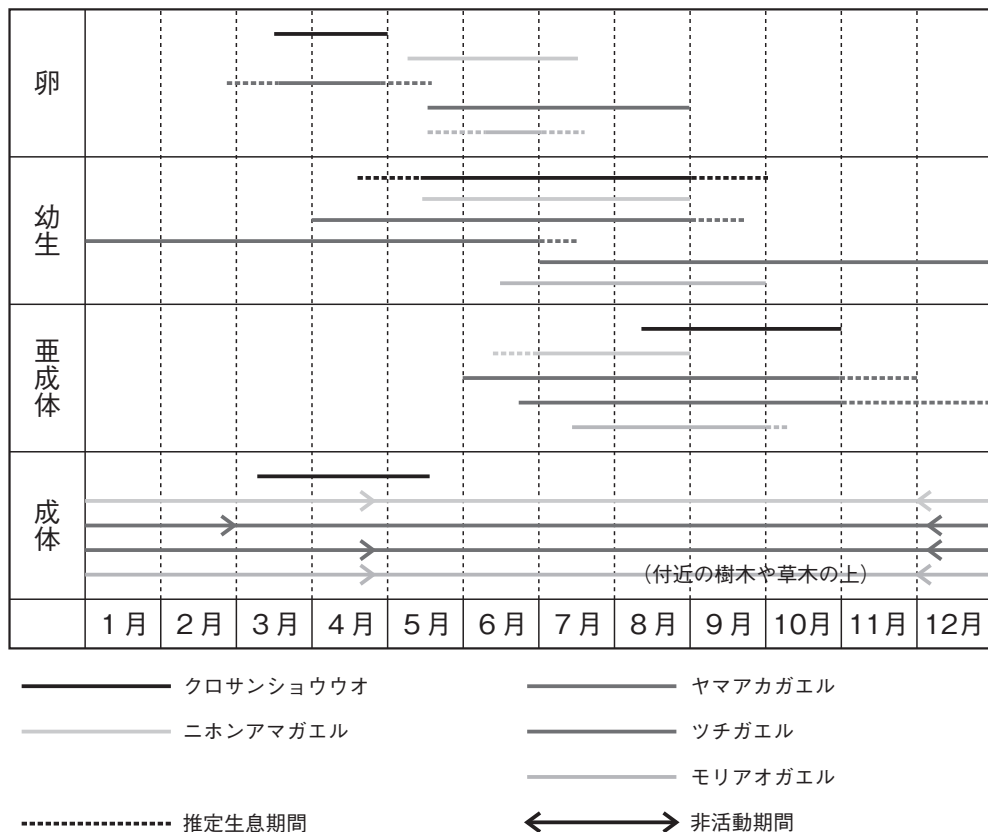


図5 キセン城復元棚田における両生類の出現状況

（関谷ら，未発表）

の根本に産みつけられる。幼生の出現期間は2種でほぼ同様であり、6月から9月頃まで見られる。幼体は、その後、水辺周辺の草地や森林に分散し、生育および越冬を行う。

最も特徴的な生活史を持つのはツチガエルである。卵は6～8月に産まれるため、他のカエル類と違って、その年に変態することがなく、幼生の状態で越冬する。キセン城では、ツチガエルは変態に1年を要すると推察される。変態した後も、水田などの水場に依存する性質が強い。写真1のように、棚田の水面が冬にも露出している場合、トキの冬期餌動物として、本種の幼生が貴重な存在になるかもしれない。

クロサンショウウオの産卵も早春に行われ、ヤマアカガエルとほぼ同じ時期に卵塊が見られる。クロサンショウウオの卵のうは、江など比較的深水のところに産み付けられる傾向にある。水を含むとアケビ型となり見つけやすい。幼生は変態後に上陸して、倒木の下や土の中で生活するようになり、なかなか見つけられなくなる。

放鳥されたトキの観察や既往の文献によれば、カエル類はトキの餌種として重要とされる。カエル類の幼生や成体の出現時期に応じて、一年を通し、トキの餌として役立っていることが最近の観察から明らかになりつつある。

■1-3 両生類の生物量を決定する要因

佐渡全島における両生類の分布を知ることは、トキの野生復帰に向けた自然再生を効率的に進める上

で重要な情報になる。Kato *et al.* (2010) は、佐渡島に生息するヤマアカガエル、モリアオガエル、ツチガエルの生息密度決定要因について統計モデルを用いて解析し、ヤマアカガエルとモリアオガエルでは、産卵期の水田の水深や水路サイズ、さらには周辺の森林面積率が重要であり、ツチガエルでは冬場の水深が規定要因として重要であることを明らかにした。解析の結果から得られた統計モデルを用いて、佐渡島全域のヤマアカガエルとモリアオガエルの密度分布を予測したところ、ヤマアカガエルは平野部と山地が隣接する山際や谷戸地形に位置する水田全体に多い傾向があり、モリアオガエルは、ヤマアカガエルよりも山間部の水田の方に多く、ヤマアカガエルに比べ生息適地は少なく、谷戸地形の中では最奥部に分布が限定されることが明らかとなった（図6）。

2 ドジョウの生態

コイ目ドジョウ科のドジョウは、日本では北海道から琉球列島に至るまで広く分布する純淡水性の魚類である。体長は、雄で約120mm、雌で約180mm程度である。体は細長く筒型をしており、10本の口ひげをもつ。個体の中には、体背測部に不明瞭な斑紋を持つものも存在する。同じ科に、アユモドキ、シマドジョウ、フクドジョウ、ホトケドジョウなどがいるが、ひげの数、尾びれの形状、縞模様の有無などで区別できる。生息環境は、河川の中流域から下流域にかけて、またこれにつながる用水路、水田、

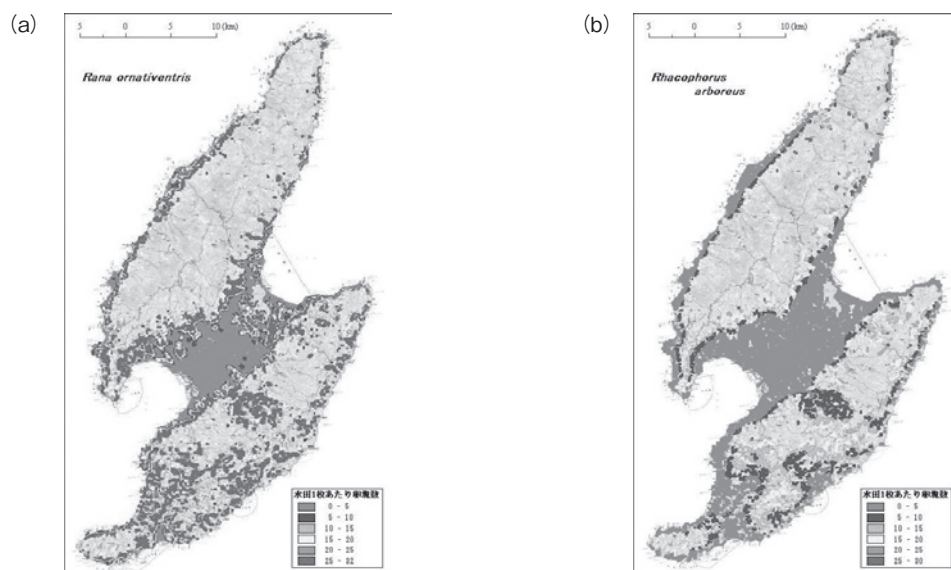


図6 統計モデルによって推定されたヤマアカガエル (a) とモリアオガエル (b) の密度分布（宮下ら、未発表）

湿地などであるが、その中でも水田は産卵の場として特に重要である。先述したように、水田食物網の栄養段階において本種は最上位に位置している。

■2-1 ドジョウの生活史

ドジョウは水産有用種として、最適生息水温、食性、成熟条件、種苗生産法などが調べられているが、野外における生態については不明な点が多い。われわれは、佐渡島におけるドジョウの生活史の理解がトキの餌場づくりに反映される必要性を感じ、2008～2009年の2年間にわたり、それぞれの行き来が可能な河川、水路、休耕田の3つの環境タイプで、ドジョウの個体数、年齢構成、繁殖状態を明らかにした（斉藤ら、投稿中）。

ドジョウの出現個体数は、水路では年間を通じて大きな変化が見られなかったのに対し、休耕田では5～7月に著しい増加が見られた後、9月以降に減少する傾向が見られた。一方、河川における個体数は、5～6月に一旦減少した後、8月以降に増加した（図7）。生殖腺重量比指数の季節的推移によると5～7月が雌雄ともにピークとなっており、この時期がドジョウの産卵期と推定される（図8）。また、

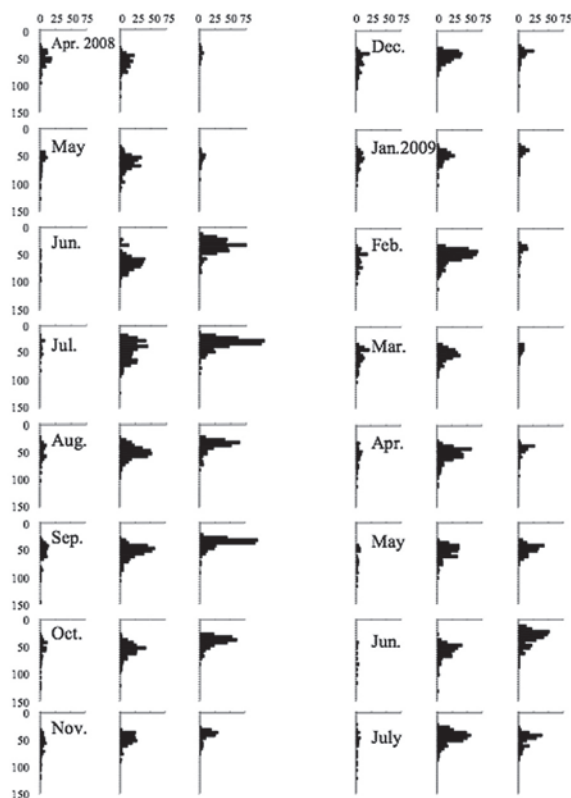


図7 2008年4月から2009年7月にかけて河川、水路、休耕田で捕獲されたドジョウの体長分布の推移（斉藤ら、未発表）

同時期に子稚魚サイズに相当する50mm以下の個体が休耕田で多数採集されたことも、5～7月が繁殖期であることを支持している。これらの結果から、佐渡島における本種の主要な繁殖場所は休耕田（もしくは水田）であり、5～7月に水路や河川に生息する個体が休耕田に遡上・産卵するとともに、孵化した個体は成長に伴い水路や河川に降下して成長し、冬期にそれらの環境で越冬すると考えられた。

■2-2 水系ネットワークの重要性

昭和30年代までは、ドジョウは日本全国に数多く生息しており、農村においては夏場のタンパク源になっていたといわれる。しかし、40年代以降、その生息数を減らし、農家の食卓にのぼることも殆どなくなってしまった。生息数の減少には、農薬の使用とともに、生息環境の変化があげられている。

一般に、ドジョウは恒久的水域と一時的水域を移動しながら生活史を営んでいるといわれている。恒久的水域とは、河川や湖沼のように水が涸れることのない水域をさし、一時的水域とは水田や承水路、あるいは増水したときに河川敷にできる水たまりなどのように、一時的に水域が形成される場所のことをさす。先述したように、ドジョウは秋から冬にかけて河川・水路などの恒久的水域や一時的水域の土中で越冬し、春になると水田に代表される一時的水域を産卵・生育の場として利用する（斉藤ら、1988）

この恒久的水域と一時的水域の連続性が昭和40年代以降に進められてきた担い手圃場整備により分断されてしまったことが、ドジョウの生息数減少の

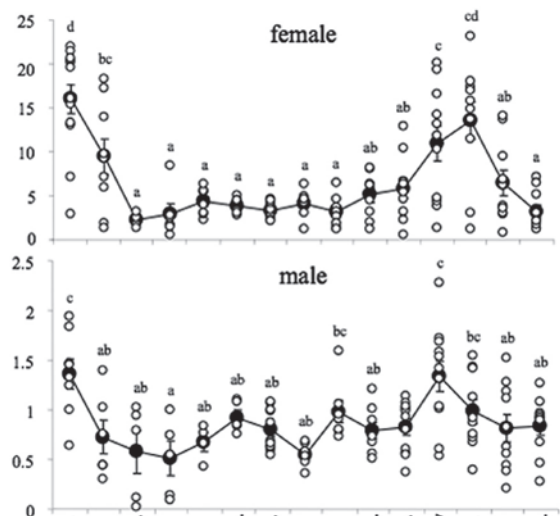


図8 ドジョウの生殖腺重量比指数の季節的推移

（斉藤ら、未発表）

大きな原因になっているといわれている（自然環境センター，2003）。ドジョウにとって、水田は絶好の繁殖・生育の場である。理由として、水田は栄養分が多く水温も容易に上昇することから、餌であるミジンコなどの動物プランクトンが発生しやすいこと、しかも代掻きで土が泥状になっていることから、ドジョウが好む泥隠れが容易にできることなどがあげられる。また、水田から一時的に水がなくなっても、ドジョウは腸呼吸ができることから、土が湿っていれば土中で生息しつづけることができる特性をもつ。担い手圃場整備実施前のドジョウの多くは、水田で繁殖し、稚魚の多くが水路・河川に降下し生育・越冬するという生活史を持ち、一部の個体では水田に残り続けることで生活史を全うしていたと考えられる。

しかし、圃場整備は水田と水路間の連続性を遮断し、ドジョウだけでなく、水田を産卵の場とする多くの魚類の遡上を不可能にしたといわれる。その結果、圃場整備後は恒久的水域である河川・水路から一時的水域である水田への移動がほぼ絶たれ、ドジョウにとって格好の繁殖の場が利用できなくなってしまった。また、水田で生活史を全うしていた一部のドジョウにとっても、作業効率が優先された農法の導入により、強度の中干しや冬期の落水が実施されたことで生存の可能性がほぼ絶たれた。このような経過をたどり、ドジョウは全国各地の水田から急速に姿を消していった。新潟市亀田周辺は、かつてはドジョウ列車が出たほどのドジョウの一大産地だったが、大規模な圃場整備が実施されたことで、今では小さい水路に細々と生息しているにすぎない。

12-3 ドジョウの生息密度を決定する要因

両生類と同様、トキの主要な餌生物であるドジョウの分布を知ることは、自然再生の効率化を図る上で欠かせない。斉藤ら（未発表）は、春の営農田 338 地点と休耕田 30 地点のドジョウ調査を行い、生息密度を推定する統計モデルを作成した上で、全島的な生息密度マップを作成した。ドジョウの生息密度には、水田周辺に流域面積の広い河川があることや、平坦地にあり湿田あることが正の効果をもち、暗渠システムの導入や区画整備されていることが負の効果を示した。解析の結果から得られた統計モデルを用いて、佐渡島全域におけるドジョウの潜在的な生息密度分布を作成したところ、国仲平野を流れる

国府川中下流域の水田地帯、国仲平野と小佐渡もしくは大佐渡の山際部、さらには、圃場整備が進められていない加茂湖周辺などが、生息密度が高い環境として抽出された（図 9 [166 ページ]）。

2-4 佐渡島におけるドジョウの集団構造

トキの放鳥計画が具体化した 2000 年代初めから、佐渡島では採餌環境整備の一環として、水田やビオトープにドジョウの放流が実施されてきた。しかし、ドジョウの遺伝的背景が考慮された放流ではなかったため、それらの取り組みは一方で、佐渡島のドジョウ個体群に対する遺伝的攪乱を引き起こす可能性があった。そこで、Kano *et al.* (2011) は、佐渡島全域からドジョウを採集し、ミトコンドリア DNA を用いた集団構造の解析を実施することで、放流の影響評価を試みた。その結果、佐渡島としてまとまった特異的な系統群は確認されず、多くのハプロタイプは本土における既知のハプロタイプと一致もしくは近縁であり、佐渡島固有のタイプは存在しないことが明らかとなった。地史的にも、佐渡島は本土や大陸と陸続きになったことはなく、佐渡島のドジョウは歴史的に見ると、人為移入によるところが大きいと推察された。また、ドジョウの放流がなされているところはハプロタイプの多様性が高いことから（図 10 [166 ページ]）、少なからず、放流による遺伝的攪乱が生じているといえる。

3 ミミズの生態

世界にミミズは約 3000 種いるとされているが、その分類は容易ではなく、日本産ミミズについても見解が分かれており、未記載種や新種が多く含まれるといわれている。日本産の陸生貧毛類大型ミミズの主な科としては、フトミミズ科 (Megascleidae)、ツリミミズ科 (Lumbricidae)、ジュズイミミズ科 (Moniligastridae) の三科である。ミミズは森林や畑、牧草地などで落葉の分解者として、また土壌の攪拌機能に関して注目されているが、水田環境のミミズについては研究が進んでいない。一方、水田に隣接する畦や畦際に生息するミミズは、背丈以上に伸びた稲株の中に入れないトキにとって、夏場の餌不足を支える重要な餌生物であることが最近の研究から明らかになりつつある。

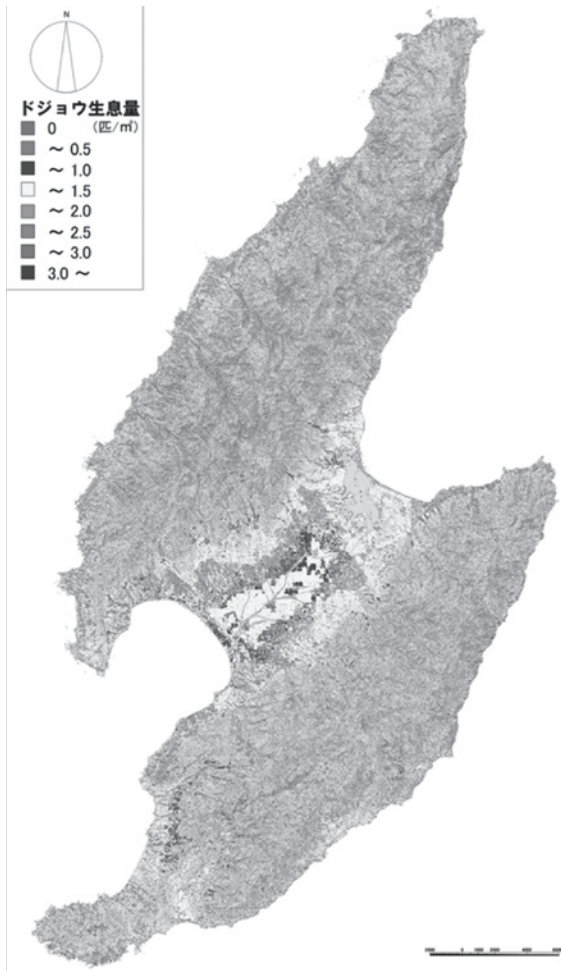


図9 統計モデルによって推定されたドジョウの密度分布
(斉藤ら, 未発表)

■3-1 佐渡のミミズ

トキが利用した畦と畦際で採集されたミミズは、フトミミズ科のヒトツモンミミズ *Amyntas hilgendorfi*、ヘンイセイミミズ *A. heteropodus*、フキノクミミズ *A. tokioensis*、フトスジミミズ *A. vittata*、ツリミミズ科のサクラミミズ sp、ジュズイミミズ科のジュズイミミズ sp と同定された。これらは秋に採集されたもので、トキが食べていると思われるミミズの候補種である。佐渡のミミズ相については、既知の情報がないことから、今後、佐渡全域で、水田を含め様々な環境で調査を実施することにより、未記載種や新種が出現する可能性が十分にある。

■3-2 ミミズの生息密度

トキが食べていたと考えられるミミズの生活史は今のところ不明であるが、一般に多くのミミズは1年以上生存し、成体や幼体で越冬することが知られており、年間を通じてミミズはトキの潜在的な餌として利用可能である。しかし、土に潜る深さが種によって異なること、その深さにも季節変化があ

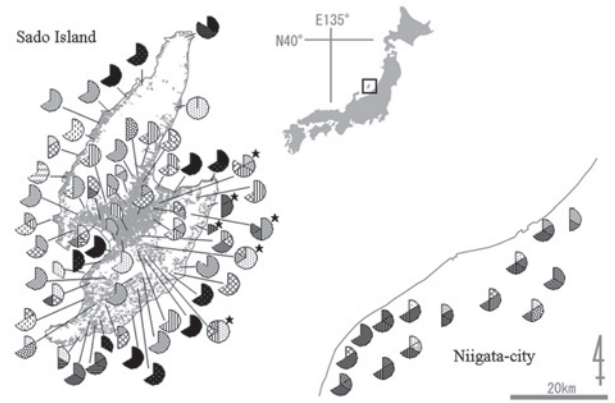


図10 佐渡島と新潟市周辺におけるドジョウの遺伝子地図。60度の扇型で1個体を、全円で6個体を示す。配色のパターンは、各ハプロタイプを示す。★印は養殖ドジョウの大量放流のあった地点を示す。放流地点は明らかにハプロタイプの多様度が高い。
(Kano et al. [2011] を改変)

ることなどから、実際にトキが利用できるのは、比較的地上に近いところに生息する表層性のミミズということになろう。冬は積雪もあり、またミミズも土壌深くに潜る傾向があることから、トキにとっては、冬のミミズの探索は容易ではないことが推測される。水田の畦と畦際にコドラートを設置し、2011年7月と9月および2010年11月に、ミミズの採集調査を実施した(図11)。この時期は、トキの採餌内容の季節分類でいうと夏前半、夏後半、秋に相当し、トキがミミズを比較的良好に利用する季節である。種の判別は行っていないものの、湿重量を測定し単位面積あたりに換算した上で、生息密度 (g / m^2) を求めた。いずれの季節も、畦より畦際のミミズの密度が高く、畦・畦際ともに、夏前半と夏後半が秋よりも密度が高いという傾向がみられた。畦際は畦と水田の境界の細長いエコトーン帯(環境が連続的に変化する移行部分のこと)であるが、トキがしばしば採餌する環境であり、水田に水があるときは、

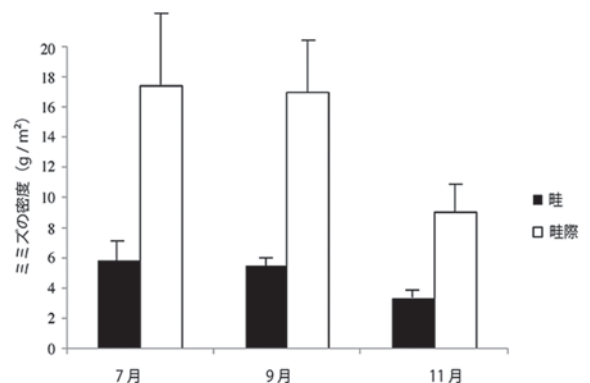


図11 畦と畦際の単位面積あたりのミミズの湿重量
(遠藤ら, 未発表)

水面と接して常に湿った環境が維持され、特有の生物群集が形成されている。ミミズに関しても、畦よりも密度が高く、トキにとって好適な環境になっていると推察される。

ミミズの好む環境を理解し、生息可能な環境を水田周辺に創出することは、一年を通した餌の安定供給を考える上で欠かせないことが最近認識されつつある。ミミズの分布を決める要因は、土壌成分、水分や硬度、植生、畦の管理法などが考えられるが、今のところ詳細はよく分かっていない。早急に、ミミズの生息分布に関する情報や、ミミズに好適な環境を解明していく必要がある。

— 引用文献 —

- 1) 藤岡正博 2004 サギが警告する田んぼの危機「水辺環境の保全—生物群集の視点から—」(江崎保男・田中哲夫編) 朝倉書店、34-52.
- 2) 石樋由香・横山寿 2008 濃縮係数の変動性—魚類を例として「安定同位体スコープで覗く海洋生物の生態」(富永修・高井則之編)、恒星社厚生閣、31-45.
- 3) Kano Y., Watanabe K., Nishida S., Kakioka R., Wood C., Shimatani Y. and Kawaguchi Y. 2010. Population genetic structure, diversity and stocking effect of the oriental weatherloach (*Misgurnus anguillicaudatus*) in an isolated island. *Environ. Biol. Fish.* 90:211-222.
- 4) Kato N., Yoshio M., Kobayashi R. and Miyashita T. 2010. Differential Responses of Two Anuran Species Breeding in Rice Fields to Landscape Composition and Spatial Scale. *Wetlands*, 30 (6):1171-1179.
- 5) 齊藤憲治ほか 1988 淡水魚の水田周辺における一時的な水域への侵入と産卵、日本生態学会誌、38 : 35-47.
- 6) 佐藤春夫 2002 野生のトキの思い出、「トキ永遠なる飛翔—野生絶滅から生態・人口増殖までのすべて—」(近辻宏樹総監修)、ニュートン、58-81.
- 7) 自然環境研究センター 2003 平成14年度共生と循環の地域社会づくりモデル事業(佐渡地域)、自然環境センター.
- 8) 丁長青 2007 トキの研究(山岸哲監修)、新樹社.
- 9) 内山りゅう 2006 田んぼの生き物図鑑. 山と溪谷社.