

令和元年6月21日現在

機関番号：82111

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K07949

研究課題名(和文) 衛星画像データから水田域の水生生物の生息場を評価する手法の開発

研究課題名(英文) Development of methods to evaluate habitats for aquatic organisms in paddy field areas from satellite image data

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・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) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：水田域に棲む生物の生息環境の広域的な評価に向けて、衛星画像データから計算可能で、水田の湛水状況を指標する「湛水指数」を提案するとともに、現地の水田の湛水状況との比較から衛星画像による湛水状況の推定精度を検証した。また、非灌漑期間の水田の乾湿がトウキョウダルマガエルの越冬やニホンアカガエルの産卵に影響することを飼育試験や現地調査により明らかにするとともに、地域で越冬するカモ類等の数と冬期湛水田の面積との関係を解析した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

水田における冬期湛水や江(水田内に設けられた通年で水のある深み)の創出といった環境に配慮した管理方法は、環境保全型農業直接支払の地域特認の取組みとして支援対象となっている。本研究は、水田に棲む生物の生態や行動を明らかにすることで、生物の生息環境を保全する観点から、水田におけるより効果的な管理方法の確立に寄与する。また、水田の冬期湛水の取組みが地域の生物多様性に及ぼす効果の定量的な評価につながる。

研究成果の概要(英文)：Toward evaluation of regional habitats for organisms inhabiting paddy fields, a "waterlogging index", which is calculated from satellite image data and indicates the waterlogging condition of paddy fields, was proposed. The estimation accuracy of the waterlogging condition by satellite image data was verified from the comparison with observed waterlogging condition. In addition, it is clarified that waterlogging condition of paddy fields on non-irrigation period affects overwintering of the Tokyo Daruma Pond Frog and spawning of the Japanese Brown Frog. The relationship between area of winter-flooding paddy fields and wintering water birds was also analyzed.

研究分野：農村生態工学

キーワード：カエル類 水鳥 生物多様性 環境保全型農業 リモートセンシング GIS

様式 C - 19 , F - 19 - 1 , Z - 19 , CK - 19 ( 共通 )

### 1 . 研究開始当初の背景

近年、水田や農業水路（以下、水田域）において、魚類やカエル類、鳥類といった様々な生物を対象として、その生息環境の評価や個体の増殖、生息環境の保全などの取り組みが行われている。これは、かつて普通種であったドジョウやカエルまでもが、その個体数の減少等により環境省や都道府県版のレッドデータブックに記載されるようになったこと、また農林水産省による環境保全型農業直接支払や多面的機能支払等の交付金により水田域で環境配慮の活動を行いやすくなっていることが背景になる。一方で、水田域をどのような環境にすればよいかは未だ明らかでなく、これらの生物にとって好ましい生息環境を明らかにし、保全手法を確立することは重要な課題である。

水田の土中で越冬、あるいは早春期の水田で産卵するカエル類にとって、また水田で採食あるいは休息するカモ等の渡り鳥にとって、非灌漑期の水田における乾湿や湛水の状態は重要な環境因子である。しかし従来、このデータを得るには現地の水田を1枚ずつ確認してまわるしかなく、労力や費用の制約から広域的なデータの取得は難しく、広域での解析が課題であった。

### 2 . 研究の目的

本研究では、( 1 ) 衛星画像データの解析に基づき、水田の湛水状態を表す「湛水指数」を提案し、現地水田の湛水状況と湛水指数の値の比較から、湛水指数の推定精度を検証する。( 2 ) 飼育試験や現地調査により水田の乾湿がカエル類の越冬や産卵に与える影響を明らかにする。( 3 ) 広域で推定した水田の湛水状況とカエル類や鳥類等の生物の生息分布との関連を解析する。

### 3 . 研究の方法

#### ( 1 ) 衛星画像データに基づく「湛水指数」の精度検証

衛星画像データから水田の乾湿・湛水状況を推定するため、現地調査とデータ解析を実施した。石川県大野地区を対象とし、2016年12月に205枚の水田を踏査し、それぞれの湛水状況を記録した。同じ時期のランドサット8衛星のバンド6画像（波長1.56～1.66μmの中間赤外領域、空間解像度30m）をもとに、湛水指数WI値（0：乾燥～100：湿潤を表す）を計算した（図1）。各水田における現地での湛水状況とWI値を比較した。

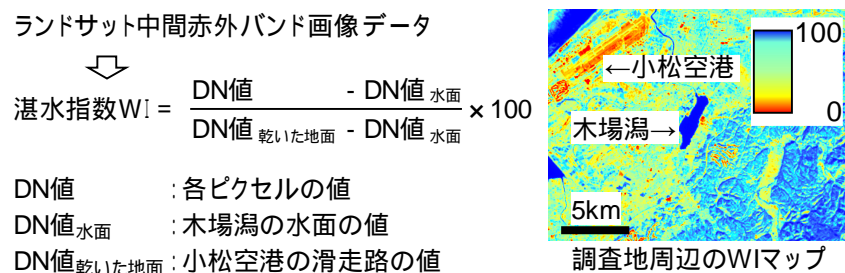


図1 湛水指数WIの概要

#### ( 2 ) 水田の乾湿によるトウキョウダルマガエルへの影響評価

水田の乾湿がカエル類に与える影響のうち、水田や畑地などの土中で越冬するトウキョウダルマガエルへの影響とその影響を受ける期間を明らかにするため、行動観察実験を実施した。農研機構農村工学研究部門構内（茨城県つくば市）の屋外に、縦40cm×横40cm×高さ60cmの亚克力水槽を設置し、水槽に構内の実験圃場の土を約10cmの厚さで敷いた。栃木県内で採集したトウキョウダルマガエル（頭胴長4～7cm）8個体を、2016年10月26日に水槽へ一斉に放した。水槽内の様子は、真上に設置したデジタルカメラにより1時間間隔で自動撮影した。撮影した画像から個体の行動パターンを期別に解析した。

#### ( 3 ) 水田の乾湿によるニホンアカガエルへの影響評価

水田の乾湿がカエル類に与える影響のうち、早春期に水田で産卵するニホンアカガエルへの影響を明らかにするため、現地調査データの解析を実施した。ニホンアカガエルは、早春期（茨城県では2～5月）に産卵する。メスの親個体は1年に1回、1塊の卵塊を産むため、卵塊の数を数えることで、周辺に棲む個体の概数を把握することができる。

現地データには、茨城県桜川流域（つくば市・土浦市）の26地区において2014～2015年に実施したニホンアカガエルの卵塊調査データを用いた。この調査では、各地区の水田の畦畔に100～1,000mの調査ルートを設け、両年2～5月にそれぞれ6～9回、調査ルートを歩きながらニホンアカガエルの卵塊の位置と数を記録した。この調査結果から、水田に水たまりができやすい未整備地区とできにくい整備済み地区で、卵塊の数と産卵の期間を比較した。

#### (4) 水田の湛水状況と生物の生息分布との関連解析

水田の湛水状況と生物の生息分布との関連についての解析結果のうち、ここでは冬期湛水田の面積の年変動を推定し、その面積とガンカモ・ハクチョウ類の飛来数との関連を解析した結果を報告する。石川県加賀市・小松市内の水田がまとまっている9地区を対象とし、2013～2017年の各年の冬期湛水田を推定し、その面積を集計した。衛星画像には、ランドサット8衛星のバンド6画像およびセンチネル2衛星のバンド11画像（波長の中央値1.61μmの中間赤外領域、空間解像度20m）を用いた。当地域では12月～翌年2月頃に冬期湛水を実施している水田が多いこと、後述の鳥類の調査が1月に実施されていることから、解析対象は2013～2017年の12月～翌年2月とした。

一方、鳥類については、環境省による「ガンカモ類の生息調査」のデータを用いた。この調査では全国9,000以上の定点で、ガンカモ・ハクチョウ類などの飛来数が調べられている。解析には、前述の9地区に隣接する柴山潟および片野鴨池における2013～2016年のデータを用いた。

### 4. 研究成果

#### (1) 衛星画像データによる水田の湛水状況の推定

現地水田の湛水状況と衛星データから得たWI値を比較すると、WI値が67以上の水田を「冬期湛水」と判定すると、最も正解率が高く、その時の正解率は85%であった。

この値を基準として、石川県西部および福井県東部の冬期湛水田を推定した結果、解析地域の水田面積の7.6% (52.9km<sup>2</sup>) が冬期湛水田と推定された。ただし、ここで推定された冬期湛水田には、環境保全型農業の一貫で人為的に湛水している水田だけでなく、降水により一時的に湛水した水田、あるいはハス田も含まれる。植物の有無を指標する植生指数や灌漑期の衛星画像などを利用して、乾湿だけでなく、ハス等の栽培や耕耘等の状況を推定することが広域的な解析に向けた今後の課題である。

#### (2) 水田の乾湿によるトウキョウダルマガエルへの影響評価

自動撮影した画像からトウキョウダルマガエルの行動を確認した結果、個体が地上を動き回る、土中に潜る、土中から這い出る行動や、個体が出た後に一時的に穴が残る様子等が観察された。個体の土中への出入りのパターンから、試験期間はだまかに期間1～5（期間1：出入りを繰り返す、期間2：降雨時のみ地上に出る、期間3：地中に潜り続ける、期間4：降雨時のみ地上に出る、期間5：出入りを繰り返す）に分類された（図2）。農村工学研究部門構内で観測した時間降水量（mm）および地上高0.2mの気温（℃）と個体の行動との関連を解析した結果、期間1では気温が高い時に、期間2および4では降雨時に地上にいる個体が多くなった。一方、期間5では気温・降雨にかかわらず、概して夜間に地上に出て、日中は地中に潜る行動を繰り返した。

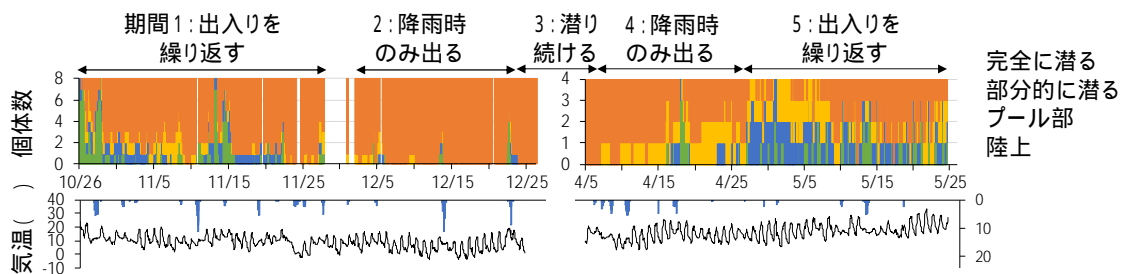


図2 個体の行動パターンおよび気象環境の変化

関連する栃木県下でのフィールド調査では、冬眠から目覚めて地上へ出る際に残る「這い出し穴」を計数した結果、越冬は4月中旬～5月下旬に終了すること、日最低地温が14.5℃以上で、降雨量が多い場合に地上に出てくる個体が多いことが明らかになった（中島ら2018）。また、補足的な行動観察実験では、期間4において、地下水位が高い方が地上に出てくる個体は多い傾向があった。これらの結果から、期間2～4（12～4月）は水田の水分状態がトウキョウダルマガエルの越冬の成否に関わること、また期間4における降雨に伴う土壌水分の上昇が這い出し行動に関わる要因と考えられた。

なお、期間1、4および5では日中よりも夜間の方が地上にいる個体が多かった。日中に地上にいる個体数の割合を各期間について平均すると、期間2～4では1割以下であった。この期間には、ほとんどの個体が地中に潜っているため、トラクターでの耕耘により死傷する個体が多いと予想され、耕耘を避けることが越冬個体への影響の軽減につながると推察された。

#### (3) 水田の乾湿によるニホンアカガエルへの影響評価

卵塊調査データには1,232個の卵塊が記録されていた。地区ごとに調査ルート1kmあたりの卵塊数を整理すると、その中央値は未整備地区で112、整備済み地区で12であった。また、



初めて卵塊が確認された日の中央値は、未整備地区では3月14日、整備済み地区では4月9日であり、約4週間の差があった。産卵期間の中央値は、未整備地区では25日間、整備済み地区では9日間であった。これらの違いは、非灌漑期における水田の水たまりのできやすさに起因すると考えられる。すなわち、桜川流域の水田では毎年4月下旬に灌漑が始まるが、未整備地区では、その前から水田の「わだち」に水たまりができやすいため、産卵の開始が早く、その期間が長い。一方、整備済み地区では、中には灌漑が始まる前に産卵が始まる地区はあるものの、多くの地区では灌漑の開始後に短期間に産卵が行われていた。産卵期間が短い方が環境変化に脆弱と予想され、他の要因（例えばコンクリート水路に落ちたカエルが脱出できずに溺れるなど）とも併せて、整備済み地区では1kmあたりの個体数が少ない結果につながっていると推察される。

#### (4) 水田の湛水状況と冬鳥の飛来数との関連解析

解析対象とした9地区のいずれについても、冬期湛水田面積の年による変動が大きかった。総じて2014年と2017年は冬期湛水田が多かった一方で、2013年と2016年は少なかった。しかし、2013年と2016年についても、同じ生産者が水管理を行っているためと推測されるが、まとまった冬期湛水田が散らばって存在した(図3)。

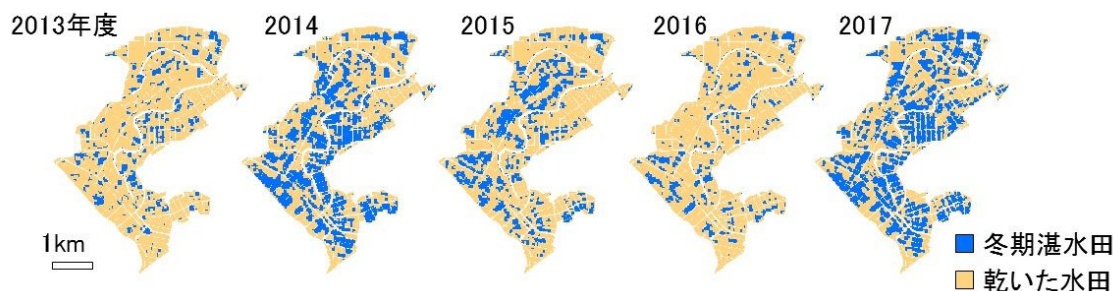


図3 解析対象地における冬期湛水田の分布の年変動(結果の一部を表示)

鳥類のデータについては、柴山潟および片野鴨池で2013~2016年に記録されたガンカモ・ハクチョウ類を集計した結果、19種48,418個体であった。毎年の種別の個体数と冬期湛水田面積との関係を解析した結果、N=4のため参考値ではあるが、ヨシガモとトモエガモは冬期湛水田面積と正の相関が認められた。多くの種については冬期湛水田の面積と正の相関を示さなかったが、対象地は冬期湛水田が盛んに行われている地域であり、その面積が小さい年でもまとまった冬期湛水田が存在したため、鳥類の飛来に対する影響が小さかったと推測される。今後、まとまった冬期湛水田がどのくらいの面積あれば、さらにどのような植生や耕耘の状態であれば、これらの鳥類の採食・休息に有効であるかを明らかにし、地域や流域規模で水田の冬期湛水に取り組むことの効果の評価につなげていくことが、後継の研究テーマとして想定される。

#### <引用文献>

中島直久、野田康太郎、守山拓弥、森晃、渡部恵司、田村孝浩(2018): 畑地で越冬したトウキョウダルマガエルの這い出し条件に関する事例的研究、農業農村工学会論文集、86(2)、pp1225-1234.

#### 5. 主な発表論文等

##### [雑誌論文](計1件)

渡部恵司(2018): 生態系配慮の基礎知識 水田・農業水利施設の両生類相とその保全、農業農村工学会誌、査読有、86(3)、pp243-246.

##### [学会発表](計6件)

渡部恵司、小出水規行、大河原恭祐、八尾充睦(2018): Estimation of winter-flooded paddy fields from satellite image data to evaluate habitats for water birds、Proceedings of PAWEES-INWEPF 2018 International Conference、pp1029-1034.

渡部恵司、小出水規行、嶺田拓也(2018): 水田地域におけるカエル類の保全対策、平成30年度農業農村工学会大会講演会講演要旨集、pp56-57.

渡部恵司(2017): ほ場整備後の水田域におけるカエル類の生息場の保全について、応用生

態工学会第 21 回大会 .

渡部恵司、小出水規行、瑞慶村知佳 (2017): Estimation of winter-flooded paddy fields from satellite image data、Proceedings of PAWEES 2017 International Conference、p80 .

渡部恵司、小出水規行、嶺田拓也 (2017): 非かんがい期の生息場保全に向けたトウキョウダルマガエルの越冬試験、第 8 回琵琶湖地域の水田生物研究会要旨集、p17 .

渡部恵司、森淳、小出水規行、竹村武士、嶺田拓也、山岡 賢 (2016): Influence of land consolidation projects on oviposition periods of Japanese brown frog in paddy field areas、Proceedings of PAWEES 2016 International Conference、p8 .

## 6 . 研究組織

### (1)研究分担者

なし

### (2)研究協力者

なし

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。