

カエル類を対象とした都市の生物多様性に関する基礎的研究

金沢大学 人間社会学域 人間科学系
株式会社 日本海コンサルタント

1. 研究の背景

1.1 都市の生物多様性指標

水田生態系は平野部において失われた湿地生態系の代替環境として重要であり、多様な生物の生息場所として機能している。しかし、開発行為によって、水田の宅地化が進行し、水田生態系は消失している。このような自然環境の消失は、生態系サービス（温暖化の緩和、緑地の冷涼効果、文化的サービスの提供等）の質の低下を招き、将来的に都市問題として顕在化する可能性が考えられる。

このような生物多様性の現状を踏まえ、地方公共団体の都市の生物多様性確保に向けた取り組みを一層支援することを目的として、平成 25 年に「都市の生物多様性指標（素案）」（国土交通省都市局 公園緑地・景観課）が策定された。「都市の生物多様性指標（素案）」は、都市の規模や人口等を示す都市のプロフィールと、都市の生物多様性とその確保に向けた取組の状況を表す指標（指標 1～7）により構成される。

表-1 都市の生物多様性指標（素案）の構成

I. 都市の プロフィール	規模（行政区画面積、都市計画区域・市街化区域面積） 人口（総人口・都市計画区域人口、人口密度） 地勢（年間平均気温、年間降水量、標高）	
II. 指標項目	生態系・ ハビタットの 多様性	指標 1 緑地等の現況（都市における生物多様性確保のポテンシャルを有する緑地等の割合）
		指標 2 法令等に基づき確保されている緑地等の状況（都市における生物多様性 確保のポテンシャルを有する法令等による継続性のある緑地等の割合）
		指標 3 都市におけるエコジカルネットワークの状況
		指標 4 動植物種の状況（都市に生息・生育する動植物物種数の状況）
生態系 サービス	指標 5 生態系サービスの状況	
都市の取組	指標 6 行政の生物多様性取組状況（都市の行政計画における生物多様性の確保への配慮の状況）	
	指標 7 行政計画への住民等の参加状況（生物多様性の確保に関する都市の行政計画における住民・企業等の参加の状況）	

都市の生物多様性指標（素案）より抜粋

生物多様性指標（素案）のなかで、指標 4「動植物種の状況」は「都市に生息・生育する動植物物種数の経年変化」と定義されている。しかし、生物調査には莫大な労力と高い専門性を要するため、地方自治体が容易に行うことができないという課題がある。実際、「都市の生物多様性指標（素案）」の策定にあたり横浜市、名古屋市、朝霞市の 3 都市でケーススタディが行われたが、指標 4「動植物種の状況」については、名古屋市、朝霞市は情報不足により算定不可と判断されている。以上のことから、今後、都市の生物多様性指標を運用するにあたり、指標 4 の算定が課題となることが予想される。

一般に生物は各々の生息環境に合わせた独自の生態を

持ち、このような生物を利用して環境条件を評価する手法を生物指標と呼ぶ。都市においても高い環境指標性を持つ生物を調査することで、都市の生物多様性を評価することが可能であると考えられる。

1.2 カエル類について

カエル類を含む両生類はその生涯の中で水域と陸域という 2 つの全く異なる生息場所を巧みに使い分ける複雑な生活史を示す。カエル類は食物連鎖の中で水辺生態系における中間的捕食者であり、ヘビ類や猛禽類等の上位捕食者の餌であると同時に、無脊椎動物の捕食者として非常に重要な生態的地位を占める（平井、2005）。またカエル類は環境変化の影響を受けやすく、特に近代的な圃場整備が行われた水田において個体数の減少が報告されている（Fujioka & Lane, 1997）。このような特性から、カエル類は水辺生態系における環境の健全さを示す環境指標生物として活用されることが多い（矢部、2002）。

そこで本研究では、都市の生物多様性指標（素案）の運用に向け、カエル類を対象とした都市の生物多様性指標の開発を目指した。今回は基礎的データの収集を目的とし、地域の開発状況とカエル類の生息状況との関係性について調査し、カエル類が都市の生物多様性の指標となるのかを確認した。

2. 材料と方法

2.1 調査地

石川県金沢市と野々市市において調査を行った。なお、調査地は区画整理事業地区（金沢市）及び予定地区（野々市市）とした。調査地の位置を図-1 に示す。



図-1 調査地位置図（カシミール 3D より）

石川県金沢市戸板地区（36° 34' N、136° 37' E、標高約 6m）は金沢市中心市街地から西方約 5km に位置し、隣接する国道 8 号や北陸自動車道の整備、県庁の移転に伴い金沢副都心の機能の一端を担う新市街地として整備が

進められてきた。金沢市戸板地区の調査地は広大な水田地帯であったが、区画整理事業に伴う水田の宅地化・孤立化が進行している。一般的に都市域の水田は、建物等の都市的土地利用に囲まれ、他の水域との連続性を失っていることが多い（今西、2011）とされ、金沢市戸板地区は都市化の進行した水田環境の代表として調査地として選択した。なお、区画整理事業は2015年に完工している。

2.1.2 野々市市蓮花寺地区

野々市市蓮花寺地区（36° 31′ N、136° 35′ E、標高約25m）は金沢市戸板地区から約7km離れている。野々市市蓮花寺地区は、調査地の大部分を水田が占め、調査地の中央から北部にかけて住宅地が密集している。調査地内を流れる水路はコンクリートと土水路が混在している。調査地では区画整理事業が計画されており、将来的には調査地内の水田の大部分が失われる予定である。

2.2 野外調査

各調査地における詳細なカエル類の生息状況を把握するために、カエル類の鳴き声を基に生息状況の確認を行った。調査は日没後に行い、各調査地を2時間程度かけて踏査した。カエル類の鳴き声が確認された際は、確認されたカエル類の種名と確認地点を地図上に記録した。この調査は各調査地とも平成27年の6月から8月まで、月1回の頻度で計3回行った。なお、調査の際は耕作活動に配慮し、水田内には侵入しなかった。なお、金沢市戸板地区では、調査地内の小学校及び商業施設内では調査を行わなかった。また、カエル類の生息環境を把握するために各調査地を踏査し土地利用状況の確認を行った。土地利用状況は水田、休耕田、畑、宅地の4種類とした。なお、踏査の際、水田内の畦畔の有無、及び水路構造（土水路・コンクリート水路）を確認した。各調査地における面積・水路延長等の計測にはAutoCAD LT2014を使用した。

2.3 統計解析

カエル類の生息状況と生息環境との関係を明らかにするため、両者の関係性を重回帰分析で解析した。解析を行うにあたり、道路（農道を含む）に囲まれた区画の集合体（画地）を解析の最小単位とした。目的変数はカエル類の鳴き声が確認された区画数、説明変数は画地毎の各土地利用の面積、及び水田内の畦畔、コンクリート擁壁の延長とした。野々市市蓮花寺地区では上記に加え、コンクリート水路の延長、土水路の延長を加えた。統計処理にはエクセル統計2015を使用した。

表-2 金沢市戸板地区の土地利用構成

	土地利用	
	面積 (m ²)	割合 (%)
水田	19,133	7.4
休耕田	20,056	7.8
畑	68,675	26.6
宅地	150,599	58.3
計	258,463	100.0



図-2 戸板地区におけるニホンアマガエルの確認状況

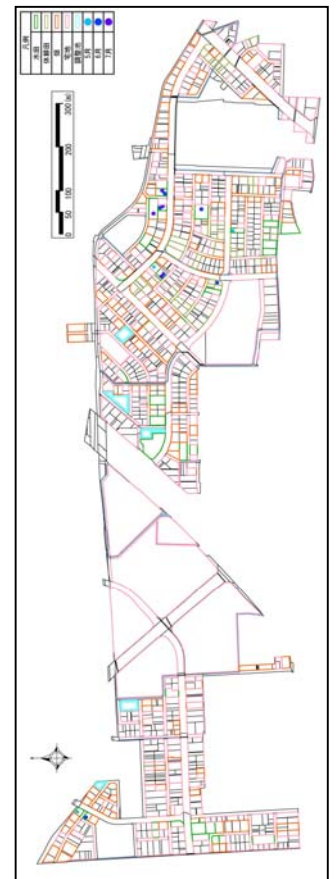


図-3 戸板地区におけるトノサマガエルの確認状況



図-4 戸板地区の土地利用状況

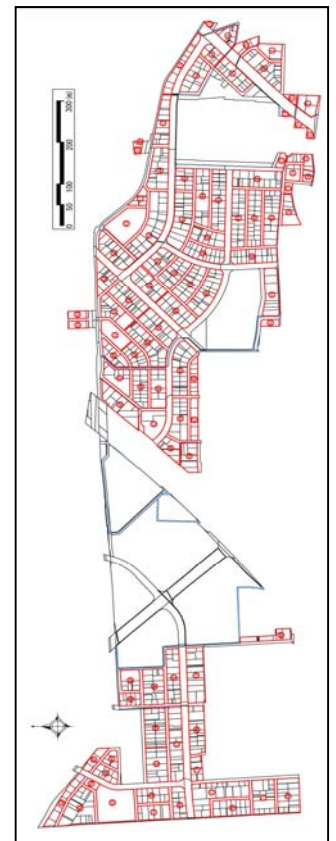


図-5 戸板地区の画地設定



図-6 蓮花寺地区のニホンアマガエルの確認状況



図-7 蓮花寺地区のツチガエルの確認状況



図-8 蓮花寺地区のトノサマガエルの確認状況



図-9 蓮花寺地区の土地利用状況



図-10 蓮花寺地区の水路の配置状況



図-11 蓮花寺地区の画地設定

表-3 野々市市蓮花寺地区の土地利用構成

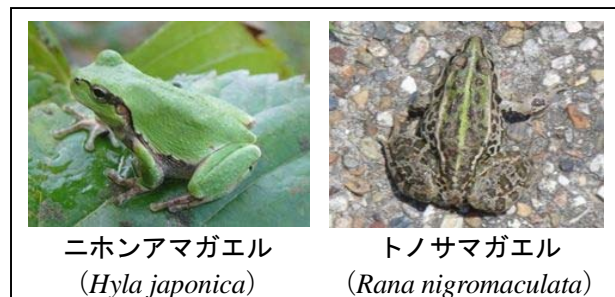
	土地利用	
	面積(m ²)	割合(%)
水田	145,690	80.6
休耕田	1,164	0.6
畑	11,745	6.5
宅地	22,222	12.3
計	180,821	100.0

3. 結果

3.1 金沢市戸板地区

3.1.1 確認されたカエル類

金沢市戸板地区では、ニホンアマガエル (*Hyla japonica*) とトノサマガエル (*Rana nigromaculata*) の2種が確認された。



ニホンアマガエル
(*Hyla japonica*)

トノサマガエル
(*Rana nigromaculata*)

図-12 金沢市戸板地区で確認されたカエル類

両種とも石川県では広く生息する普通種である。金沢市戸板地区における両種の確認状況を図-2～3に示す。ニホンアマガエルの鳴き声は調査地の水田において広く確認された(図-2)。一方、トノサマガエルの鳴き声は河川沿いの水田で確認されることが多く、ニホンアマガエルに比べると確認箇所は限定的であった(図-3)。

3.1.2 土地利用状況

金沢市戸板地区における土地利用状況を図-4、表-2に示す。現況調査の結果、調査地には35枚の水田が確認された。調査地における主要な土地利用は宅地であり、調査地の約58%を占めた(表-2)。一方、カエル類の主な生息場所である水田は調査地の約7%を占めているに過ぎなかった(表-2)。なお、金沢市戸板地区の調査地では、水路として用排水兼用の自由勾配側溝が整備されており、土水路は確認されなかった。

3.1.3 統計解析

金沢市戸板地区の調査地を道路、水路の配置状況に基づいて92画地に分割した(図-5)。ニホンアマガエルとトノサマガエルの鳴き声が確認された区画数を目的変数とし、各画地の水田、休耕田、畑、宅地の面積、及び水田の畦畔、コンクリート擁壁の延長を説明変数として重回帰分析を行った。解析の結果、ニホンアマガエルで有意な重回帰式が得られた($R^2=0.62$ $P<0.001$)。説明変数として水田面積($P<0.01$)、畑面積($P=0.11$)、コンクリート擁壁延長($P<0.01$)が選択された。なお、トノサマガエルについては、重回帰式は得られたが($P<0.01$)、寄与率が低かった($R^2=0.21$)。

3.2 野々市市蓮花寺地区

3.2.1 確認されたカエル類

野々市市蓮花寺地区では、ニホンアマガエル (*Hyla japonica*)、トノサマガエル (*Rana nigromaculata*) に加え、ツチガエル (*Rana rugosa*) の生息が確認された。



ツチガエル (*Rana rugosa*)

図-13 野々市市蓮花寺地区で確認されたツチガエル

野々市市蓮花寺地区における各種の確認状況を図-11～13に示す。ニホンアマガエル、ツチガエルの鳴き声は調査地の水田で広く確認された(図-6～7)。一方、トノサマガエルの鳴き声は5月に調査地北部の水田で確認された2例のみであった(図-8)。

3.2.2 土地利用状況

野々市市蓮花寺地区における土地利用状況、及び水路の配置状況を図-9、表-3、図-10に示す。現況調査の結果、調査地内には241枚の水田が確認された。調査地の主な土地利用は水田であり、調査地内の約80%を占めた(表-3)。休耕田はほとんど無く、調査地北部に3区画見られるのみであった。調査地内の水路は同一経路でもコンクリート水路と土水路が混在している箇所が見られた(図-10)。

3.2.3 統計解析

野々市市蓮花寺地区の調査地を道路、水路の配置状況に基づいて29画地に分割した(図-11)。

ニホンアマガエルとツチガエルの鳴き声が確認された区画数を目的変数とし、各画地の宅地、水田、畑、休耕田の面積、及び各画地内の土水路、コンクリート水路の延長を説明変数として重回帰分析を行った。なお、トノサマガエルについてはサンプル数が極端に少ないため、解析を行わなかった。解析の結果、ニホンアマガエルにおいて有意な重回帰式が得られた($R^2=0.87$ $P<0.001$)。説明変数として畦畔延長($P<0.01$)が選択された。ツチガエルについては、重回帰式は得られたが($P<0.01$)、寄与率が低かった($R^2=0.25$)。なお、ツチガエルでは有意な説明変数として土水路延長($P=0.03$)が選択された。

4. 考察

4.1 カエル類の分布を決定する要因

野々市市蓮花寺地区では、ニホンアマガエルの確認区画数と畦畔延長との間で有意な相関関係が確認された。HiraiとMatsui(2000)は、ニホンアマガエルの餌資源は畦畔に生息する無脊椎動物に依存することを報告しており、採餌場所としての畦畔の重要性を指摘している。一方、金沢市戸板地区ではニホンアマガエルの確認区画数と水田のコンクリート擁壁の延長との間で有意な相関関係が確認された。ニホンアマガエルは指先に吸盤を持つため、水路のコンクリート化等の環境の改変に対してある程度の耐性を持つこと(Fujioka&Lane,1997)が知られている。金沢市戸板地区ではトノサマガエルの生息も確認され

ているが、トノサマガエルは指先に吸盤を持たないため水路のコンクリート化による影響を受けやすいと考えられている。金沢市戸板地区はカエル類の生息基盤である水田の宅地化が進行しており、野々市市蓮花寺地区と比べるとカエル類にとって生息しにくい環境であると予想される。金沢市戸板地区のニホンアマガエルは限られた水田を効率良く利用するために、トノサマガエルが利用しにくいコンクリート製の擁壁が存在する水田を好んで利用していたのかもしれない。以上のことから、ニホンアマガエルは生息環境の都市化に対して、ある程度柔軟に対応していると考えられる。

野々市市蓮花寺地区の重回帰分析の結果、ツチガエルの確認区画数と土水路延長との間に相関関係が確認され、ツチガエルの生息条件として「土水路が存在すること」が重要である可能性が示唆された。また、土水路が存在しない金沢市戸板地区では、調査期間中にツチガエルの鳴き声が確認されなかったことから、金沢市戸板地区にはツチガエルは生息していないと思われる。ツチガエルは幼生（オタマジャクシ）が越冬し、翌年の5～8月に変態すること、幼体や成体は池や小川の底の泥の中等の水中で越冬することが多いこと（前田、1999）から、土水路の存在がツチガエルの生息にとって重要である可能性は高いと考えられる。

畦畔や水路の構造がカエル類の分布に影響を与える例として、佐藤（2004）は、トウキョウダルマガエルの成体は水路内の植生が多い土水路が隣接した畦畔を好むと報告している。また、ドジョウやトンボ類（松井・佐藤、2006）、湿性植物（渡辺ほか、2013）はコンクリート水路より土水路を好むとされている。また、畦畔はネズミ類（大澤ほか、2006）、サギ類（Lane & Fujioka, 1997）、トンボ類（九鬼・大窪、2005）、チョウ類やバッタ類（Uchida & Ushimaru, 2014）の餌資源及び生息基盤としての重要性も指摘されている。以上のことから、カエル類にとって重要な役割を持つ土水路や畦畔を保全することは、包括的に地域の生物多様性を保全することに繋がると考えられる。

4.2 カエル類の指標性

一般的に指標生物の条件として1) 特定の環境によく出現する種であること、2) 生態系の中での位置づけが重要であること、3) ある程度普通に見つかること、4) 調査が容易であること（夏原、2011）等が挙げられる。カエル類は水域と陸域がセットとなった環境下では普通に見られる生物群であること、生態系の中で中間的捕食者としての位置を持つこと、鳴き声による生息状況の確認が容易であること等から、環境指標性に優れた生物群であると考えられている。今回の石川県の2地区における調査において、カエル類が生息地の景観要素に対し、ある程度の反応を示すことが確認された。特にカエル類が土水路や畦畔といった他の生物の生息環境として重要な景観要素を好む傾向が確認されたことから、カエル類が地域の生物多様性をある程度反映する可能性が示唆された。以上のことから、カエル類を都市の生物多様性指標として用いることは妥当であると考えられる。

4.3 今後の課題

金沢市戸板地区と野々市市蓮花寺地区の水田の景観的

な違いとして、畦畔構造が挙げられるが、他にも水田の連続性、山地からの距離等カエル類の分布と関連があると思われる景観要素は多数存在する。今回の調査では、調査地域が2地区のみであり、確認されたカエル種数も2～3種と少なかつたため、今後は調査地を追加し、カエル類の分布データを蓄積させ、広域的な解析を行うことが考えられる。

また、今回は「鳴き声による生息状況の確認」を行ったが、野々市市蓮花寺地区では、7月に行った現況調査（昼間）の際に、鳴き声が確認された水田以外の場所でもトノサマガエルが目撃された（図-14）。カエル類の鳴き声を用いた生息状況調査は、カエル類の繁殖活動に重点を置いた手法であり、カエル類の非繁殖期の分布状況を確認できないという欠点がある。現況調査を行った時期は既にトノサマガエルの繁殖期を過ぎており、分散中のトノサマガエルが偶然確認された可能性が考えられる。また、鳴き声調査を行った際、トノサマガエルの個体数が少なく、トノサマガエルの鳴き声が他種の鳴き声によってかき消されていた可能性も考えられる。鳴き声による生息状況の確認は非常に簡便な調査手法であるが、今回の野々市市蓮花寺地区のトノサマガエルのように個体数が少ない種を見落とす危険性があり、今後は補足的にルートセンサス等の目視による確認調査を実施し、カエル類の正確な分布状況の確認を行っていくことが考えられる。



図-14 蓮花寺地区における現況踏査（目視）と鳴き声によるトノサマガエルの確認地点

今回はカエル類のみを対象として調査を行ったが、カエル類の生息状況を都市の生物多様性指標（素案）の指標4の代替として運用する場合、カエル類と他の生物群との関係性を確認する必要がある。すなわち、都市の生物多様性指標（素案）の指標4について、実際に複数の地域で算定し、その傾向がカエル類の生息状況とどの程度整合が見られるのか確認する必要がある。今後、既往調査等で複数の

分類群の生物の生息状況が判明している地域においてカエル類の調査を行い、この傾向を確認することが考えられる。

4.4 政策的提言

最後に本研究を通して得られた知見から下記の3つの提言を行いたい。1) カエル類の多様性を確保するには単純に水田が残っているだけでは不十分であり、畦畔構造や水路構造等の景観要素も考慮する必要がある。2) カエル類は種毎に異なる生態を持ち、鳴き声も多様であることから、環境学習の教材として有用である。3) 近年、各地で個体数の減少が報告されているトノサマガエルについて、今回調査した2地区においても確認例は少なく、トノサマガエルは都市化の進行に伴い減少している可能性が考えられる。

謝辞

この研究は一般社団法人 北陸地域づくり協会の第20回「北陸地域の活性化」に関する研究助成事業の研究援助を受けて実施しました。また、野外調査を行うにあたり、金沢大学の方々に調査を補助して頂きました。研究を行うにあたり協力して頂いた関係者の方々に深くお礼申し上げます。

共同研究者：

金沢大学人間社会学域人間科学系

香坂 玲・内山 愉太

(株)日本海コンサルタント

米島 諒・國本 昌宏・橋本 隆司・柳瀬 邦治

物から見た評価手法. 日本緑地工学会誌36(3) : 373-37

- 10) 大澤 啓志・黒田 貴綱・勝野 武彦 (2006) 棚田域における管理形態の違いから生じる植生と小動物相 (カエル類・ネズミ類) の関係. ランドスケープ研究69 : 565-5708)
- 11) 佐藤 太郎・東 淳樹 (2004) 扇状地水田におけるカエル類の生息量と畦畔環境との対応関係. 日本造園学会誌67(5) : 519-522
- 12) Uchida K and Ushimaru (2014) Biodiversity declines due to abandonment and intensification of agricultural lands: patterns and mechanisms. Ecological Monographs, 84 : 637-658
- 13) 渡辺 太一・大窪 久美子・大石 善隆 (2013) 水田景観における植物相の種分布パターンからみた景観要素の種多様性保全の検討. ランドスケープ研究76 : 483-488
- 14) 矢部 隆 (2002) 里山のカエル類. 「里山の生態学」(広木 詔三編) : 191-200. 名古屋大学出版会, 愛知

[参考文献]

- 1) Fujioka M and Lane S.J (1997) The impact of changing irrigation practices in rice fields on frog populations of the Kanto Plain, central Japan. Ecological Research, 12, 101-108
- 2) Hirai T and Matsui M (2000) Feeding habits of Japanese tree frog, *Hyla japonica*, inhabiting in the reproductive season. Zoological Science, 17 : 977-982
- 3) 平井 利明 (2005) カエルの食性. 「これからの両棲類学」(松井正文編) : 81-90. 裳華房, 東京
- 4) 今西 亜友美 (2011) 都市の生物多様性指標の開発に向けて都市の生物多様性における氾濫原の重要性. 日本緑地工学会誌36(3) : 383-384
- 5) 九鬼 なお子・大窪 久美子 (2005) 長野県上伊那地方水田域におけるトンボ群集構造及び環境選択と立地環境との関係. ランドスケープ71 : 579-584
- 6) Lane S.J and Fujioka M (1998) The impact of changing irrigation practices on the distribution of foraging egrets and herons (Ardeidae) in rice fields of central Japan. Biological Conservation, 83, 221-230
- 7) 前田 憲男・松井 正文 (1999) 改定版 「日本カエル図鑑」. 文一総合出版
- 8) 松井 明・佐藤 政良 (2006) 水田小水路における水路構造が水生生物に及ぼす影響. 応用生態工学9 : 191-201
- 9) 夏原 由博 (2011) 都市の生物多様性指標の開発に向けて 生