平成 24 年度 豊岡市コウノトリ野生復帰学術研究奨励論文

休耕田やビオトープの農業的活用法

―コウノトリ野生復帰のための耕作放棄水田の活用―

神戸大学大学院 農学研究科
資源生命科学専攻 応用植物学講座
熱帯有用植物学研究室
中村 弥世

要旨

水生作物栽培地のコウノトリの餌場としての可能性を探るため、兵庫県豊岡市で水生作物栽培地 5 か所、コウノトリ育む農法の水田に隣接する水路 2 か所、人工湿地 2 か所、耕作放棄田 2 か所で調査を行なった。水生作物栽培地は、水深が 5～50cm の範囲で、餌場として適した水深であり、人工湿地・放棄水田よりカエルの個体数が比較的多かった。また、人工湿地・放棄水田より水生作物栽培地の方が、コウノトリが食べる体長 2cm 以上の生きものの種数が多かった。草花の種数および株数は、放棄水田より水生作物栽培地の方が少なかった。調査の結果から、水生作物栽培の増加により、コウノトリが餌を採れる環境が増加すると考えた。

目次

緒論 2
豊岡市におけるコウノトリの餌場としての湿性農耕地
1 目的 10
2 調査場所 13
3 調査方法 26
4 結果 29
5 考察 46

総合考察：水生作物栽培とコウノトリの野生復帰について 54

要旨 57
謝辞 58
引用文献 60

緒論

兵庫県の県鳥、コウノトリ(*Ciconia boyciana*)は、日本全国の里山で普通に見られる野鳥だったが、日本のコウノトリは、一度絶滅してしまった。まずは、このコウノトリについて説明する。

コウノトリの姿を図1に示す。かつて日本に生息していたコウノトリは、コウノトリ目コウノトリ科コウノトリ属に分類される大型の水鳥で、全長約1.1m、体重約4~5kg、翼開長は約2.2mに達する（武田 2008)。体は白く、翼は幅広く風切羽は黒い。尾は白い。嘴は20~27cmで、黒い。目の周りの裸出部は赤く、脚は、淡紅色である（藤巻 2006)。雌雄同色で、オスはメスより少し大きい。大きさや羽色から鶴と混同されることが多い。日本画に見られる「松の木に鶴」も、コウノトリを見誤ったのだろう（竹下 1996）と言われている。成鳥は声帯が退化し、声が出せないので、嘴をカタカタと鳴らす「クラッタリング」を行い、コミュニケーションをとる。河川の浅瀬や湿地、湛水した水田でドジョウやフナなどの魚類、カエル類や甲殻類などの水生動物等を主に採餌する（武田 2008)、完全な肉食性である。1日に必要な餌生物量は飼育下で約500g程度とされている（前田 2008)。極東だけに分布し、世界的には分布域はあまり広くない（藤巻 2006)。繁殖期にはアカマツなどの大木の頂上部に大小様々な枝を組み合わせて巣を造り、2~6個の卵を産卵し、雌雄交代で卵を温める（前田 2008)。繁殖期にはシベリア南東部と中国北東部の一部に分布し、アムール川からウスリー川流域の湿地帯を主な繁殖地としている。冬期には中国南部や南東部に渡って過ごし、日本列島には少数が不定期に飛来したり、住みついたりする（平尾 2004)。

図 1.　兵庫県立コウノトリの郷公園にて、飼育下のコウノトリ

コウノトリは2008年時点で、全世界で生息個体数は3000羽と推定され、個体数が減少の傾向にあるため、国際自然保護連合によってendangered species（絶滅危惧種）に分類されている（IUCN 2012）。日本でも、環境省のレッドデータブックでは、絶滅危惧ⅠA類（CR）（ごく近い将来における野生での絶滅の危険性が極めて高いもの）に分類されている（環境省 2006）。日本においては、かつて全国各地に広く生息していたが、狩猟による乱獲や、河川整備、水田の乾田化、営巣木の伐採、用水路の整備による採餌環境の変化や農薬の散布による採餌環境の悪化、有機水銀等の有害物質の体内への蓄積、小規模集団内での近親交配による遺伝的多様性の減少などが影響し、1959年に野生下での繁殖が見られなくなり、1971年には保護された最後の野生個体が死亡し、日本のコウノトリは絶滅した（前田 2008）。日本で最後の生息地となった兵庫県豊岡市では、1965年から人工飼育を開始した。そして、

1985年にロシアのハバロフスク地方から導入された個体を用い、1989年に初めて人工飼育に成功した。2005年9月に初の試験放鳥が行われ、コウノトリ野生復帰の第一歩が踏み出された（武田 2008）。2012年12月11日現在、60羽のコウノトリが野外で生息し、繁殖も行っている（兵庫県立コウノトリの郷公園 2012）。コウノトリの羽数の推移を図2に示す。

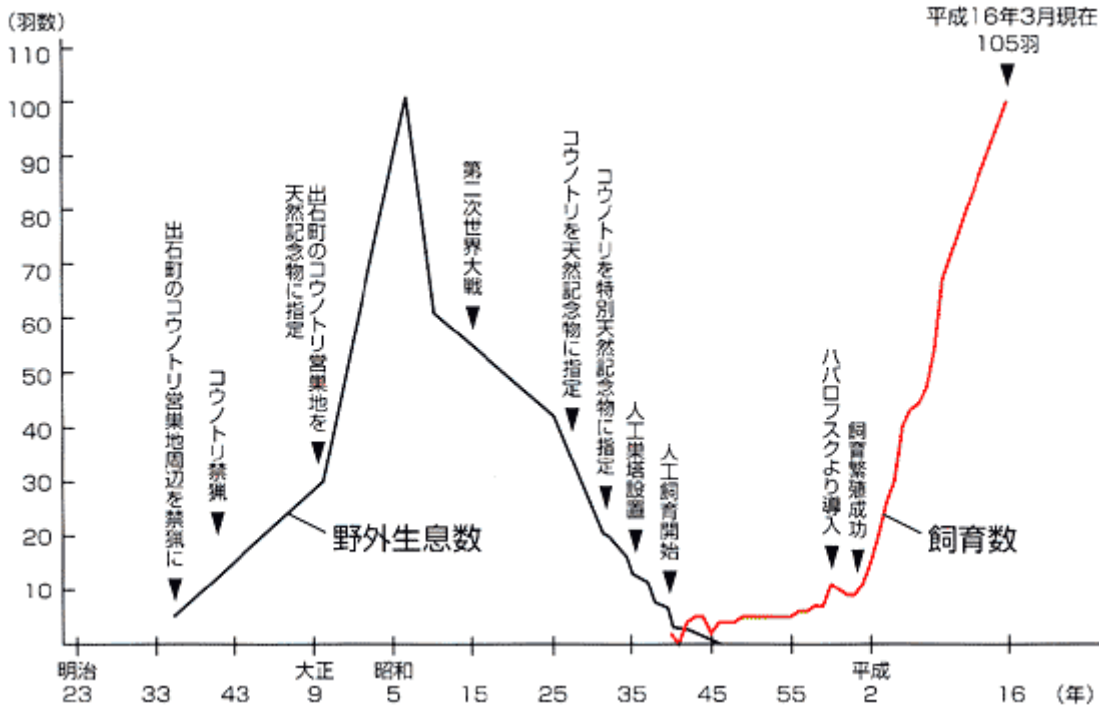


図 2.　コウノトリの羽数の推移　（コウノトリファンクラブ 2012）

前述のように、コウノトリは完全肉食の鳥で、水田、里山生態系の食物連鎖の頂点にいる生きものである。コウノトリが再び野生で生育できるようにするためには、それを支える豊かな自然、すなわちコウノトリの餌となる生きものが生育できる川や水路、水田、里山などの多様で豊かな自然環境の再生が必要となる。それを実現するためには、人々の生活様式や価値観、つまり文化を環境と調和させることが不可欠となるが、そのひとつの試みがコウノトリと共生できる「環境創造型農業」への取り組みである（夫 2005）。これを実現するため、豊岡市では、「コウノトリ育む農法」が行われている。コウノトリ育む農法

とは、「おいしいお米と多様な生きものを育み、コウノトリも住める豊かな文化、地域、環境づくりを目指すための農法（安全なお米と生きものを同時に育む農法）」である（豊岡農業改良普及センター2009）。この農法の柱は、①農薬の不使用または削減、②化学肥料の栽培期間中不使用、③種子の温湯消毒、④深水管理、⑤中干し延期、⑥早期湛水（できれば冬期湛水）などである（鷲谷 2007）。コウノトリ野生復帰事業とタイアップした「コウノトリ育む農法」は、生きものとの共生を進めるモデル事業として、全国の注目を集めている（木田 2009）。また、コウノトリ育む農法で栽培された米は、「コウノトリ育むお米」として環境への意識の高い消費者に助けられながら、豊かな環境を守りつつ、お米に付加価値をつけ販売している（朝日新聞 2009年6月5日）。慣行栽培のコシヒカリ1等米30kgが6000円に対し、「コウノトリ育むお米」1等米30kgは、10800円と約1.8倍の値段が付けられている（関家 2008）。また、このような環境に配慮した取り組みを認証した、「コウノトリの舞」によってブランド化を図り、自然と人間との繋がりを見えるようにし、また産地と消費者のコミュニケーションにも役立っている（朝日新聞 2010年1月14日）。このように、豊岡の試みは社会的にも注目され、受け入れられている。

ここで、前述のコウノトリ育む農法の柱①②③④に関連し、農薬や化学肥料について詳しく記載する。水稲用除草剤は、1970 年代から初期剤と中期剤などの 2 回散布の体系処理から 1990 年代に一発剤へ変わり、環境汚染や薬剤投下量は大幅に減少した。その後、剤型も 3 キロ剤や乳剤から、1 キロ剤、フロアブル剤、顆粒水和剤に変化してきた。田植え同時散布も普及したが、器具を使わずに散布する自己拡散型のジャンボ剤も普及した。このような除草剤のおかげで、過酷な除草作業はなくなり、投下労働時間は、限りなくゼロに近くに減少してきた（伊藤 2010）。しかし、除草剤を散布しすぎた結果、除草剤をまいても枯れない、除草剤抵抗性の雑草が出現した。除草剤抵抗性は、現在ま

でに世界で 250 種類以上の雑草に報告されており、中でもアセト乳酸合成酵素（acetolactatesynthase：ALS）を阻害するタイプの除草剤（ALS inhibitor）に対する抵抗性が最も多く、70 種類以上の雑草に報告されている。日本でも、1980 年代からパラコート抵抗性やシマジン抵抗性が報告されていたが、1995 年頃から ALS inhibitor の一つであるスルホニルウレア系除草剤（SU 剤）に対する抵抗性が水田稲作の雑草防除における大きな問題の一つとなっている（東北農業研究センター雑草制御研究室 2002）。新しい除草剤を開発しても、いずれまた抵抗性雑草は出現する。抵抗性雑草出現の問題は、新剤との「いたちごっこ」である。こうして、水田雑草防除技術は行きつくところまで来た感がある（伊藤 2010）。また、抵抗性の問題は、雑草だけでなく、害虫や病原菌にも同じ現象が起こっている。害虫が農薬を浴びると、次の世代は、農薬に強い虫が生き残ることになる。農薬の濃度が濃いほど、散布回数が多いほど、害虫は農薬に強くなる。これを「農薬抵抗性の発達」という(宇根 2004)。また、害虫ではなかった虫たちが、農薬を浴びることによって、大発生して、害虫になるケースが生じてきた。それは、その虫を抑えていた益虫（天敵）が殺されて、その虫が大発生するようになるからである。また、ある種の農薬は、逆に生き延びた害虫の増殖能力を高める作用を及ぼしている（宇根 2004）。このように、農薬や化学肥料が一概に悪いものだとは言えないが、これまでの使い方や使い過ぎによって、次第に効果が薄れてきている。このため、農薬や化学肥料の使用法の見直しや、それらに代わるものの研究が求められている。また、今日では、残留農薬が健康に及ぼす影響への懸念を抱く消費者が多い。そのため、食品の安全性を求める機運が高まり、無農薬野菜や減農薬野菜に消費者の関心が寄せられている。しかし、除草剤や農薬を使用しなければ、水稲が雑草や害虫の被害にあい、収量が著しく減少してしまう。そうならないように、コウノトリ育む農法では、除草剤や農薬を使用しない雑草や害虫の防除方法を工夫している。例えば、水田の水深を深めにコントロールし、アオミドロという緑藻を繁殖させ、水中への光を遮り、抑草効果を

ねらった深水管理を行っている（環境省　2012）。このほかにも、近年になって見出された除草剤の使用量を抑えることができる新たな防除法が行われている。雑草の繁殖特性に対応した耕起や田畑輪換、2 回代かきなどによる生態的防除、アイガモやコイ、フナを活用した生物的防除、中耕除草機や各種マルチ、アレロパシー等による機械的・物理的防除がある（木田 2009）以上のような状況を受け、コウノトリ育む農法では、①農薬の不使用または削減、②化学肥料の栽培期間中不使用、③種子の温湯消毒、④深水管理に取り組んでいる。

また、コウノトリ育む農法の⑤⑥により、多種多様な生き物が水田で生息している。例えば、冬の間は、冬期湛水を行い、水田に米ぬかや堆肥をまいて、水を張る。微生物やそれを食べるイトミミズが増え、雑草が生えてくるのを防ぐとともに、水鳥の棲みかになり、糞が肥料になる（西村 2009）。また、冬期湛水を行っていると、アカガエルやヒキガエルのような冬に産卵するカエルが産卵をすることができる。近年では、乾田化で、冬でも乾いている水田が多くなった。そのため、6月に産卵するカエル以外のものは激減している（宇根 2004）。そして、田植え後も、深水管理をして、水生生物の棲み家を確保する。夏前には、中干しといって、水稲の根に酸素を供給するため、いったん水田から水を抜くが、トノサマガエルなどのオタマジャクシがカエルになるまで、この中干しを遅らせる。このような、多種多様な生き物が、コウノトリの餌となる。コウノトリは、先にも述べたように、完全な肉食なので、餌となる生きものがいないと、生きていけない。そのため、コウノトリ育む農法を行っている田んぼと、コウノトリのいる場所は重なっている（西村 2009）。水田は、日本の里山を代表する人工の農地であるが、その中で、生まれたり生活したりする生きものが多数存在する。そのため、人間の都合で、栽培手順を変えてしまうと、それらの生き物は生きていけない。それらの生き物を食べるコウノトリにも同じことが言える。以上のような理由で、コウノトリ育む農法では⑤中干し延期、⑥早期湛水（できれば冬期湛水）に取り組んでいる。

かつてコウノトリも田んぼや里山に生息していた。田んぼは人が自然に働きかける生産と生活の場であり、コウノトリは農という営みが行われる里に暮らす鳥である（菊池 2006）。このように、コウノトリが野生復帰するためには、コウノトリ育む農法の水田が必要となる。　コウノトリ育む農法は、2010年で、無農薬田が78ha、減農薬田が278haで、豊岡市管内の水稲作付面積が3,000ha程度であることからすると1割以上の面積である。3ha足らずから始まったこの農法は、今では順調な広がりを見せている（須藤 2011）。しかし、豊岡市だけでコウノトリ育む農法を行う水田が増え、コウノトリがそこに棲みつき、繁殖して増えても、まだまだ野生復帰とは言えないと考えた。というのも、前述のようにコウノトリはかつて全国各地であたりまえに見られた鳥である。日本全国の田んぼや里山でコウノトリを当たり前に見られるようになってやっと、本当の野生復帰と言えるのではないだろうか。そのためには、全国各地の田んぼでコウノトリ育む農法が行われなければならないと思われる。

しかし、日本の農業の現状を見ると、農業就業人口は、ピーク時の1960年には約1454万人もいたが、2009年にはその5分の１以下の約290万人に減った。また、年齢別にみると、65歳以上は、1975年は約166万人で全体（約791万人）の約21%であったが、2009年には約61%を占めている。農業就業人口の高齢化がいかに進んでいるかがわかる。このように、日本の農業は農業就業人口の減少と高齢化という二重苦をかかえており（八木 2010）、このような状況下で、コウノトリ育む農法を広めるのは、困難であると考えられる。また、近年の農業・農村をめぐる様々な社会経済や技術の発展に伴って引き起こされた耕地面積の減少と、農業労働者の高齢化や減反政策を背景として、耕作放棄水田が増加した（北村 2007）。このような耕作放棄水田を活用することが今日求められている。

そこで本研究では、水稲以外の水生作物の減農薬・無農薬における栽培可能性と耕作放棄水田の活用法、またそれらをコウノトリが餌場とする可能性について調査した。このため、豊岡市のコウノトリの餌場となりそうな湿性耕作地と耕作放棄地の現状調査を行った。

そして、総合考察では、水生作物栽培地がコウノトリの餌場となる可能性について、これまでの調査を踏まえて考察する。

なお、本研究では、観賞用植物（スイレン、ショウブ等)、工芸用植物（イ、ヨシ等）のような食用でない植物も、湿性農耕地で育てるもので、人の役に立つものであれば水生作物とみなした。

豊岡市におけるコウノトリの餌場としての湿性農耕地

1 目的

緒論で述べたように、コウノトリは完全な肉食性で、魚類や両生類、甲殻類、水生昆虫のような水生生物のほかに、爬虫類や陸上昆虫のような陸生生物も捕食する。このような餌を確保するために、コウノトリは里山の河川や河川敷、水田などを餌場としている。コウノトリは採餌場所を自由に選択できる場合、河川、河川敷、水田の順に選好する（平尾 2004）。さらに、水田に水が張られる前は河川やビオトープ、水路などで採餌し、水田に水が張られると、水田で採餌する。また、8 月に水田の水が抜かれ、中干しが行われると再び河川やビオトープ、水路などで採餌する。水田の刈り取りが終わった秋期～冬期は、畦畔や草地、河川敷などの陸地で採餌をすることもあるが、できるだけ水のある環境で採餌を行う（前田 2008）。このように、コウノトリは、餌場として水のある環境をより好む、または陸生生物よりも水生生物を餌として好むと考えられる。

このようなコウノトリの習性を考え、コウノトリの餌となる生物が豊富な環境を整えるため、豊岡市では様々な取り組みが行われている。緒論で述べたように、豊岡市の水田ではコウノトリ育む農法を行い、水田がコウノトリや多くの生きものの棲み家となるよう取り組んでいる。また、豊岡盆地をゆるやかに蛇行しながら流れ、日本海にそそぐ一級河川・円山川では、豊岡盆地と日本海との勾配が 1m しかなく、ゆっくり流れるため、洪水の起こりやすい河川であるが、災害防止のための治水事業と合わせて、過去に損なわれた湿地や環境遷移帯等の良好な河川環境の自然再生計画が行われている。この自然再生計画では、多様な生物の生息・生育環境の復元を目指している（都築 2006）。また、各種自然保護団体や地域ではビオトープづくりや生きものの放流などが行われている。

さて、このような状況の中で、私は水稲以外の水生作物の湿性農耕地に注目した。このような湿性農耕地もコウノトリの餌場や多様な生きものの棲み家として期待できると考え

たのである。特に、8 月の中干し、9 月の稲刈りのような水田の水が抜かれる時期に水生作物栽培地があれば、水田を餌場としていたコウノトリにとって、代替となると考えた。

そこで、そのような湿性農耕地の豊岡での現状を調査するため、12 ヵ所で調査を行った。調査地はインターネットや市役所で情報を集め、所有者の方の許可を得て調査した。12 か所の内訳は、コウノトリ育む農法を行う水田に隣接した土水路 2 か所、水稲以外の水生作物の湿性農耕地 5 か所、人工湿地 2 か所、放棄水田 2 か所、稲作以外の水田の活用法ということで、錦鯉の養殖田 1 か所であった。しかし、錦鯉の養殖田は企業秘密のため見せられないということだったので、お話だけ伺った。

各調査地では、生きもの調査、草花調査、鳥類の調査、カエル調査、および水深測定を行った。

●多様度指数について

各調査地の生物多様性の度合いを示すために、多様度指数を用いた。多様度指数（diversity index）とは、種の豊富さと種組成の均等さの両方を含んだ尺度である。これまでに多くの多様度指数が考案されているが、その中でも比較的よく使われるシンプソン（Simpson）の多様度指数とシャノン・ベイナー（Shannon-Wiener）の多様度指数を紹介する（藤原 2010)。シンプソンの多様度指数（D）とは、（1）の式で計算できる。S は群集内の種数、Pi は、群集中の全種の個体数のうちで i 種が占める割合（相対優占度）を表す。D はそれぞれの種の均一性を表す（Hong 2012)。D は 0~1 の範囲にあり、個体数が完全に 1 種に集中していれば 0、均等に配分されて、しかも種数が多いと、1 に近づく。ただし 1 にはならない（大垣 2008)。

シャノン・ベイナーの多様性度指数（H）は、(2) の式で計算できる。H は 0 以上の値を取り、上限はない。種間の個体数のばらつきと種数が同じなら、個体数の影響はうけない。一方、個体数は変わらず、それがより多くの値に分配されていると、H は大きな値を

とる（大垣 2008）。さらに、シャノン・ベイナーの H をもとに、均等度（種組成の均等さ）J を求める式（3）も考案されている。これは、群集中のシャノン・ベイナー指数（H）をその群集と種の豊富さが同じで均等度が最大の（全種の個体数が等しい）場合の、シャノン・ベイナー指数（H_{max}）で割ることで求められる（Krebs 1999）。

Simpson index

$$D = 1 - \sum_{i=1}^{s} (pi)^2 \qquad (1)$$

Shannon-Wiener index

$$H = -\sum_{i=1}^{s} (pi)(\ln pi) \qquad (2)$$

$$\mathbf{J = H/H_{max}} \qquad (3)$$

以上の多様性の尺度のうちで、どれを用いるかによって群集間の種多様性の大小が変化することがある。種の豊富さが同じ群集間でも種の相対頻度が異なれば多様度指数も異なるのは当然だが、シンプソンの多様度指数 D は、シャノン・ベイナー多様度指数の H に比べ、多い種の相対頻度に強く影響され、まれな種の相対頻度には影響されにくい。では、実際の研究では、どんな場合にどのような尺度が使われているのだろうか。それは調査対象の面積に関係している。比較的広い面積での研究では、「種の豊富さ」が用いられることが多い。一方、多様度指数は、小面積の研究では良く用いられる。その理由は、小面積では面積のわずかな変化で種数が変化するのに加え、小面積で種数が多い群集が必ずしも大面積でそうなるとは限らないからである（藤原 2010）。

本研究では、シンプソンの多様度指数と、シャノン・ベイナーの多様度指数を用いた。

2 調査場所

調査地 A

調査地名：土水路 1

図 3. 調査地 A の航空写真（Google Earth より）

調査日：2012 年 8 月 1 日

取り組み期間：2 年

栽培作物：水稲（隣接した水田で栽培）

水管理：年中湛水状態。水口から水田へ水の流れがある。

管理方法：マルチトープの中に土が溜まってくるので、定期的に土をかき出す。定期的に草刈を行う。

説明：水田の水口に畦を造り、水口から水田の間に一時的に水を溜める場所をマルチトープという。マルチトープを設置することで、以下のような効果が期待できる。

（1） 抑草効果…早期湛水時に、マルチトープ内で水温を高めた水を水田に入れることで、あらかじめ雑草を生やし、取り除くことができる。

（2） 水田の生きものの逃げ場にすることにより中干しの前倒しをし、窒素肥効の低下により食味の向上を期待する。

（3） 生物多様性の維持：年中湛水状態にあるため、水田の中にビオトープができる。

（4） 湛水時の生物層の立ち上がりが早い。

（5） 隣の区画との緩衝帯となる。

周辺環境：コウノトリ育む農法を行う水田に囲まれている。近くにコウノトリの郷公園がある。民家からは少し離れている。

調査地 B

調査地名：土水路 2

図 4. 調査地 B の航空写真（Google Earth より）

調査日：2012 年 8 月 3 日

取り組み期間：2 年

栽培作物：水稲（隣接した水田で栽培）

水管理：年中湛水状態。水田から溝へと水の流れがある。

管理方法：中に土が溜まってくるので、定期的に土をかき出す。定期的に草刈を行う。

説明：コウノトリ育む農法を行う水田から排水した水を溝へ流す前にためておく場所。水田内で生育していた生きものが、溝へ直接流れていかないように設置している。

周辺環境：コウノトリ育む農法を行う水田に囲まれている。近くにコウノトリの郷公園がある。民家からは少し離れている。

調査地 C
調査地名：はす池 1

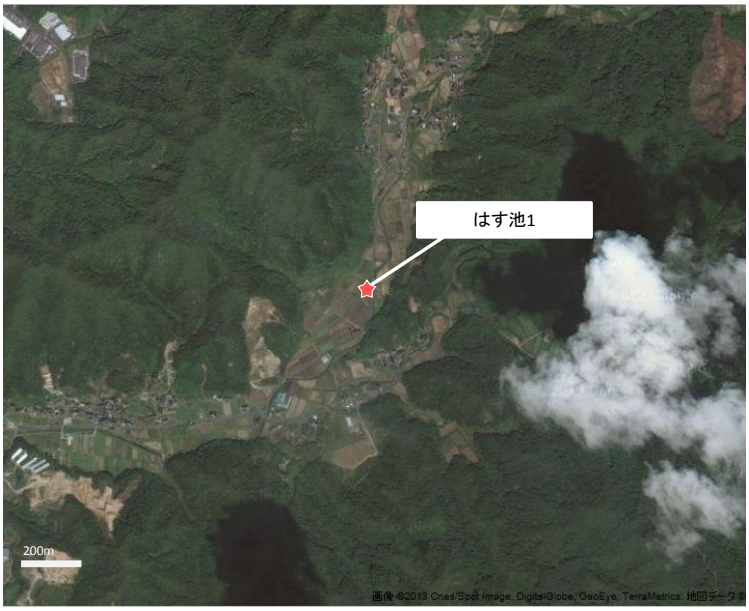


図 5. 調査地 C の航空写真（Google Map より）

調査日：2012 年 8 月 2 日
取り組み期間：12 年
栽培作物：ハス、スイレン
水管理：年中湛水状態

管理方法：春先に施肥し、手取りではす池内の除草を行う。春～夏は畦の草刈を行う。レンコンをイノシシが、ハスの葉をシカが食害するため、池の周りに獣害対策用の柵を設置している。

説明：放棄され見苦しかった水田を活用するため、地元の同好会でハスを植えた。以来、初夏の花の時期には、毎年「はすまつり」が開催され、約 600 人が訪れる。
花が枯れた後の「れんだ」は、地元の農産物販売所で、5 本 320 円で販売している。レンコンの収穫はしていない。

周辺環境：水田に囲まれている。近くに民家はない。水田の南側を小川が流れている。

調査地：D
調査地名：はす池 2

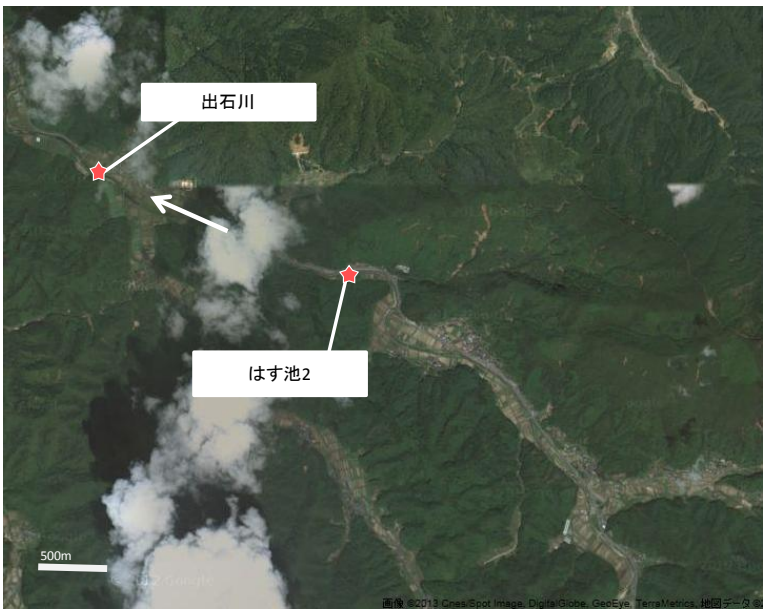


図 6. 調査地 D の航空写真（Google Map より）

調査日：2012 年 9 月 18 日
取り組み期間：5 年
栽培作物：ハス
水管理：年中湛水状態。周りの水田と同じ水源を利用しているため、中干し・稲刈りの時期には水田と同じように水が抜かれる。

管理方法：草刈りを定期的に行っている。

説明：はす池は、かつては所有者の方の水田であった。しかし、2004 年の台風 23 号で土砂に埋まり、水田として再開するには困難となった。そこで、子どもたちが遊べる場にしようと、はす池を造った（朝日新聞 2012）。レンコンの収穫はしていない。

周辺環境：南側は山、北側は出石川にはさまれている。周りに民家は全くない。

調査地 E

調査地名：クワイ田

図 7. 調査地 E の航空写真（Google Map より）

調査日：2012 年 8 月 2 日

取り組み期間：7 年

栽培作物：ミズバショウ、ハナショウブ、コウホネ、スイレン、カキツバタ、クワイ

水管理：年中湛水状態。

管理方法：定期的に草刈を行う。イノシシに破壊されることがあり、そのたびに修復している。

説明：「八代ジッバー」という団体が、子どもたちが遊べるように地元の里山を整備している。その里山の中に、かつて稲作をしていた棚田があったので、きれいに整備し、現在はビオトープとして子どもたちの遊び場・教育の場としている。

周辺環境：四方を山に囲まれている。

調査地 F
調査地名：わさび園

図 8. 調査地 F の航空写真（Google Map より）

調査日：2012 年 8 月 3 日
取り組み期間：300 年以上
栽培作物：ワサビ、クレソン
水管理：年中湛水状態。所々から出る湧水がわさび田の中を流れている。

管理方法：秋から春にかけて種まきをし、ハウス内で育てる。4～5 カ月後に苗をワサビ田に移植（仮植）する。さらに 3 カ月後、大きいものから間引いて定植を行う。定植してから 1 年後に収穫を行う。ワサビは涼しい気候を好む植物なので、気温が上がる時期（4～10 月）は、ワサビ田の上を寒冷紗で覆う。人工的に日陰を作り、気温の上昇を防ぐ。ワサビ田には、直径 5cm ほどの小石が固い地盤の上に約 15cm の厚さに敷き詰められている。2～3 度の傾斜をつけ、水が自然流下してくようにしている。ワサビ田に敷き詰めた小石は、近くの山の火山岩を砕いて使用している。この火山岩は、その昔、神鍋で噴火した溶岩が冷え固まったものである（北村わさびホームページより）。

説明：300 年以上続くワサビ農家。ワサビ農家がある集落は、湧水が豊富で、毎秒 700 リットルの水量を誇る。集落の民家を縫うように水路が流れ、古くからニジマスの養殖が行われている（北村わさびホームページより）。

周辺環境：山と民家に囲まれている。細い水路が張り巡らされている。

調査地 G

調査地名：ミズアオイ池

図 9. 調査地 G の航空写真（Google Map より）

調査日：2012 年 8 月 2 日

取り組み期間：7 年

栽培作物：ミズアオイ

水管理：年中湛水状態。池の南端から水を取り入れ、北端に排水している。

管理方法：初夏にミズアオイを移植する。定期的に草刈を行う。ミズアオイの芽をシカに食害されるため、池の周りにネットを張っている。

説明：出石温泉館乙女の湯という温泉施設横にある池。9 月にミズアオイが開花すると、観光客の目を楽しませている。

周辺環境：周辺は山。近くに温泉施設とスポーツ施設がある。

調査地：H
調査地名：人工湿地 1

図 10. 調査地 H の航空写真（Google Earth より）

調査日：2012 年 8 月 13 日
取り組み期間：3 年
栽培作物：なし
水管理：年中湛水状態。

管理方法：草刈りを定期的に行っている。生きものの棲み家、隠れ家を造るために、必要に応じて、溝を掘ったり、くぼみを造ったりしている。

説明：戸島の水田は肥沃である一方、水が引きにくい「湿田」で、稲作には大変な労力を要した。そのため土地改良を行い、乾田にする予定だったが、野生のコウノトリがこの場所を好み、頻繁に訪れるようになったことをきっかけに、住民が水田を豊岡市に提供し、コウノトリの生息場所となることを目指し、2009 年に当湿地を造った（コウノトリ湿地ネット 2009）。

周辺環境：辺り一面湿地。民家は近くにないが、管理棟がある。西側のすぐ横を円山川が流れている。

調査地：I
調査地名：人工湿地 2

図 11.　調査地 I（Google Earth より）

調査日：2012 年 8 月 13 日
取り組み期間：3 年
栽培作物：なし
水管理：年中湛水状態。

管理方法：草刈りを定期的に行っている。生きものの棲み家、隠れ家を造るために、必要に応じて、溝を掘ったり、くぼみを造ったりしている。

説明：戸島の水田は肥沃である一方、水が引きにくい「湿田」で、稲作には大変な労力を要した。そのため土地改良を行い、乾田にする予定だったが、野生のコウノトリがこの場所を好み、頻繁に訪れるようになったことをきっかけに、住民が水田を豊岡市に提供し、コウノトリの生息場所となることを目指し、2009 年に当湿地を造った（コウノトリ湿地ネット 2009）。

周辺環境：辺り一面湿地。民家は近くにないが、管理棟がある。西側のすぐ横を円山川が流れている。

調査地：J

調査地名：放棄田 1

図 12. 調査地 J の航空写真（Google Map より）

調査日：2012 年 9 月 19 日

取り組み期間：16 年

栽培作物：なし

水管理：水は溜めていないが、所々、湧水や雨水が溜まったくぼみがある。

管理方法：なにもしていない。

説明：かつては稲作をしていたが、イノシシがよく出没し、稲を食害するようになったため、さらに所有者の方の高齢化のため、稲作をやめてしまった。

周辺環境：山に囲まれた棚田のひとつ。近くに民家はない。

調査地：K
調査地名：放棄田 2

図 13. 調査地 K の航空写真（Google Earth より）

調査日：2012 年 9 月 19 日
取り組み期間：不明
栽培作物：なし
水管理：水は溜めていないようであったが、南西側の水路から水が流れ込み、休耕田内を斜めに横ぎって、北東へ流れていた。

管理方法：なにもしていない

説明：山間の休耕田。

周辺環境：山に囲まれた棚田のひとつ。南側の棚田も同じく休耕田だが、ビオトープを造成中であった。さらに南隣りの棚田は合鴨の飼育場所となっており、数百羽の合鴨がいた。

調査地：L
調査地名：コイ養殖池

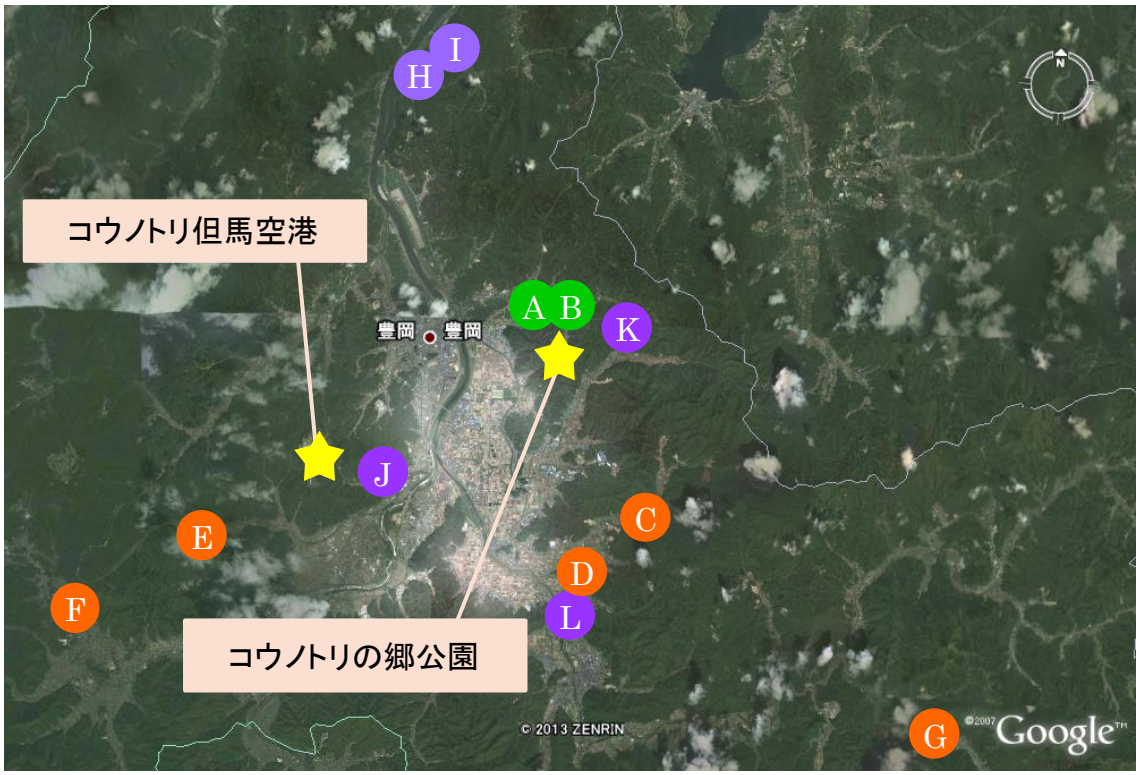
図 14. 調査地 L の航空写真（Google Earth より）

調査日：2012 年 8 月 28 日
取り組み期間：50 年以上
飼育生物：ニシキゴイ
水管理：湛水状態で、1 年に 1 度水を抜いて乾かす。

管理方法：1 年に 1 回代かきを行う。魚に害のない除草剤をまき、錦鯉の稚魚を育てる。カエルや鳥類など稚魚の外敵となる生きものがはいらないように厳重に網で囲っている。石灰で pH7.4～7.5 になるように調節している。

説明：休耕田を活用して錦鯉の稚魚の養殖池にしている。当池は、先方の事情ため調査は行わず、話だけ伺った。

周辺環境：不明



凡例

- 水稲栽培
- 水生作物栽培
- 栽培作物なし

図 15.　調査地 A～L の位置関係（Google Earth より）

3 調査方法

以下のように、5 つの調査を行った。

（1）水深測定

2012 年 8 月から 9 月にかけて調査を行った。各調査地でランダムに 10 か所選び、定規で水深を測定した。10 か所の平均水深を算出した。

（2）畦畔・農道におけるカエル調査

2012 年 8 月から 9 月にかけて調査を行った。カエルが逃げてしまうので、各調査地に到着してから、一番先にカエルの調査をした。棒で進行方向を突きながら、調査地の畦畔（畦畔がない場合は外周）を一周歩いた。そのときに飛び出したカエルの個体数を数えた。可能な場合はカエルの種類も同定した。20m 当たりのカエル数を算出した。

（3）生きもの調査

2012 年 8 月から 9 月にかけて生きもの調査を行った。この期間に調査を行ったのは、中干しや、稲刈りのために水田の水が抜かれるため、コウノトリが水田で水生生物を捕食できなくなると考えたからである。水田を餌場として利用できない期間、コウノトリはビオトープや湿性農耕地を餌場として利用する可能性がある。したがって、この期間に調査を行った。調査の時間帯は、コウノトリが活動する午前 5 時 20 分～午後 6 時 40 分（武田 2007）の間で、調査地の持ち主の方と相談して決定した。

◆コデラート調査

30cm×30cm×25cm または 30cm×30cm×12cm または 30cm×30cm×7cm のコデラート（生きものが逃げないように壁面が水面より上に出るように調査地の水深に合わせて使用した）を 1 つの調査地内にランダムに 5 か所置いた。コデラート内の水面と水中にいる生物をフィッシュネットで採取した。採取時間は、1 か所につき 5 分間行った。フィッシュ

ネットで採取する際、底質表面にいる生きものだけを採取するため、底質は表面をなでるようにすくった。採取した生きものを同定し、その数と種類を記録した。

◆任意取り調査

魚類などの動きが素早い生きものは、コデラートの中に収めるのは困難と判断したため、1 つの調査地につき、20 分間、魚類用の網で任意取りを行った。

◆生きもの調査の分析方法

＜分散分析＞

コデラート調査において採取した生きものの個体総数の 0.5%である個体数 8 匹以上を採集した 19 種を主要種とみなし、これらの種を対象に、採取した調査地間で個体数に統計的な違いが認められるかどうか分散分析を行った（北村 2007）。

＜シンプソンの多様性指数（D）とシャノン・ベイナーの多様性度指数（H）＞

目的で示したシンプソンの多様性指数（D）とシャノン・ベイナーの多様度指数（H）を使って、調査地の生きものの多様性を算出した。

（4）草花調査

2012 年 8 月から 9 月にかけて調査を行った。

30cm×30cm のコデラートを 1 つの調査地内にランダムに 5 か所置いた。コデラート内の草花を全て抜き取り、種類を同定し、その数と種類を記録した。なお、持ち主の方が栽培している草花は抜き取らずに同定し、個体数を数えた。

◆調査結果の分析方法

＜分散分析＞

コデラート調査において採取した草花の個体総数の 0.5%である個体数 6 匹以上を採集した 20 種を主要種とみなし、これらの種を対象に、採取した調査地間で個体数に統計的な違いが認められるかどうか分散分析を行った（北村 2007）。

＜シンプソンの多様性指数（D）とシャノン・ベイナーの多様性度指数（H）＞

シンプソンの多様性指数（D）とシャノン・ベイナーの多様度指数（H）を使って、調査地の生きものの多様性を算出した。

（5）鳥類の調査

2012 年 8 月から 9 月にかけて調査を行った。Amano（2008）の水田地帯における鳥類の調査方法に基づき、調査地に現れる鳥類の種類と数を調査した。各調査地に到着してすぐに観察を開始し、15 分間に現れた鳥の数と種類を記録した。

4 結果

（1）畦畔・農道におけるカエル調査

カエルの総個体数を、図 16 に示した。調査地 A 土水路 1：23 匹、調査地 B 土水路 2：44 匹、調査地 C ハス池 1：22 匹、調査地 D ハス池 2：29 匹、調査地 E クワイ田：6 匹、調査地 F ワサビ園：31 匹、調査地 G ミズアオイ池：6 匹、調査地 H 人工湿地 1：0 匹、調査地 I 人工湿地 2：0 匹、調査地 J 放棄水田 1：2 匹、調査地 K 放棄水田 2：4 匹であった。

カエルの種類別数は、調査地 A 土水路 1 では、トノサマガエル 20 匹、ツチガエル 2 匹、アマガエル 1 匹、調査地 B 土水路 2 ではトノサマガエル 9 匹、ツチガエル 6 匹、アマガエル 1 匹、不明 28 匹、調査地 C ハス池 1 では、トノサマガエル 22 匹、調査地 D ハス池 2 では、トノサマガエル 11 匹、不明 18 匹、調査地 E クワイ田では、トノサマガエル 4 匹、不明 2 匹、調査地 F ワサビ園では、トノサマガエル 30 匹、アマガエル 1 匹、調査地 G ミズアオイ池では、トノサマガエル 4 匹、不明 2 匹、調査地 J 放棄水田 1 ではトノサマガエル 1 匹、不明 1 匹、調査地 K 放棄水田 2 ではトノサマガエル 3 匹、不明 1 匹であった。

20m あたりのカエルの個体数を図 17 に示した。調査地 A 土水路 1：4.1 匹、調査地 B 土水路 2：5.8 匹、調査地 C ハス池 1：1.4 匹、調査地 D ハス池 2：5.0 匹、調査地 E クワイ田：5.0 匹、調査地 F ワサビ園：77.5 匹、調査地 G ミズアオイ池：1.0 匹、調査地 H 人工湿地 1、調査地 I 人工湿地 2 は 0 匹、調査地 J 放棄水田 1： 0.9 匹、調査地 K 放棄水田 2：0.7 匹であった。調査地 F ワサビ園で最も多く、調査地 K 放棄水田 2 で最も少なくなった。調査地 H 人工湿地 1、調査地 I 人工湿地 2 では観察できなかった。

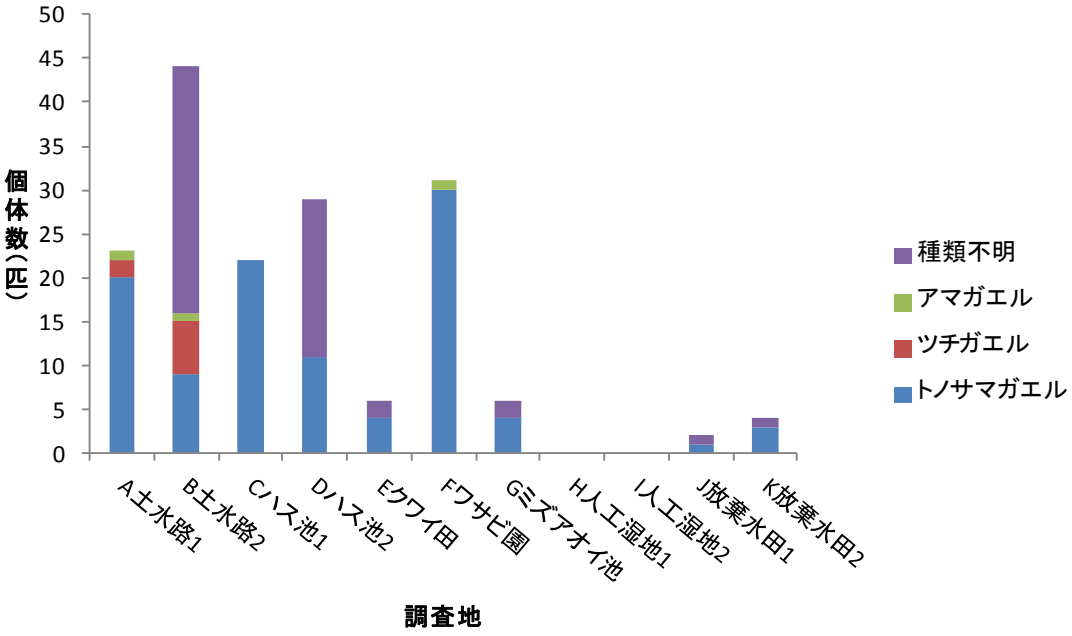
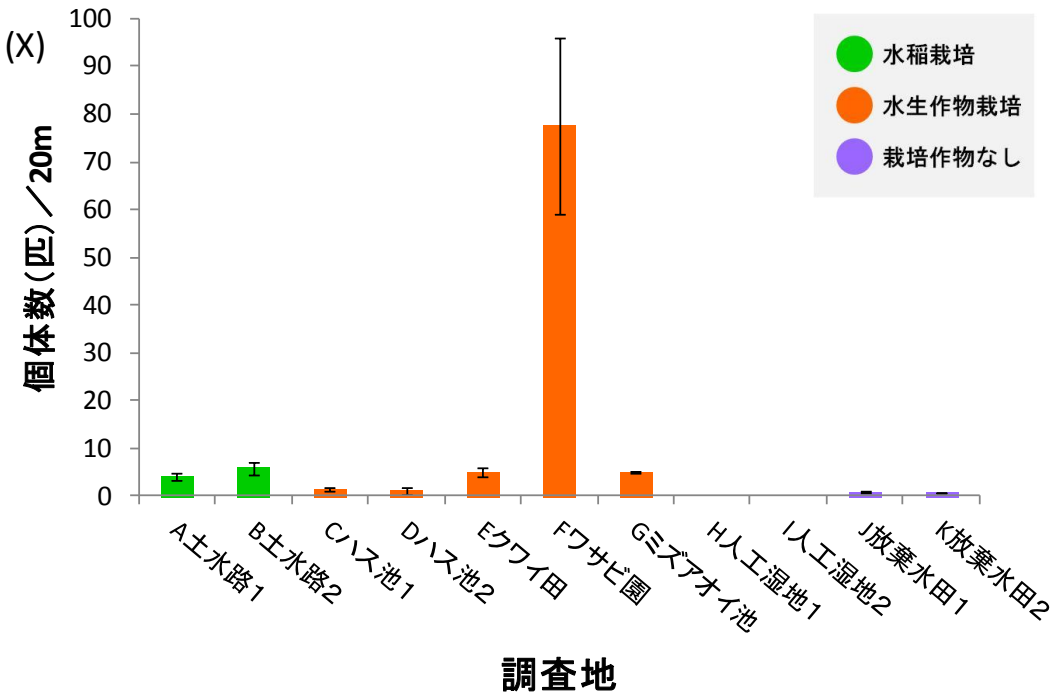


図 16. 各調査地におけるカエル調査の観察総個体数



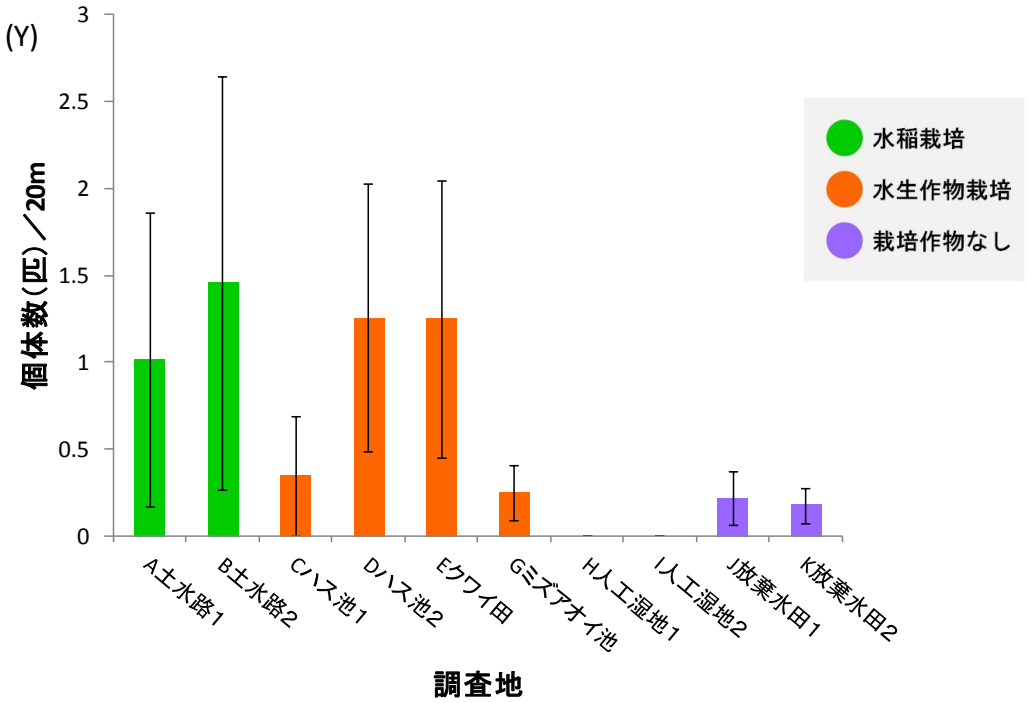


図 17. 畦畔 20m あたりのカエルの個体数（匹）
（X）全調査地、（Y）調査地 F 以外の調査地。

（2）水深測定

各調査地の水深の平均を図 18 に示した。調査地 A 土水路 1：37.9±1.8cm、調査地 B 土水路 2：23.3±1.2cm、調査地 C ハス池 1：29.0±1.2cm、調査地 D ハス池 2：2.5±0.6cm、調査地 E クワイ田：5.3±0.7cm、調査地 F ワサビ園：5.45±0.7cm、調査地 G ミズアオイ池：7.6±0.9cm、調査地 H 人工湿地 1：6.65±0.6cm、調査地 I 人工湿地 2：15.0±0.7cm、調査地 J 放棄水田 1：3.7±0.6cm、調査地 K 放棄水田 2：2.83±0.3cm であった（いずれも n=10）。土水路 1、土水路 2 とハス池 1 で深く、他は比較的浅かった。

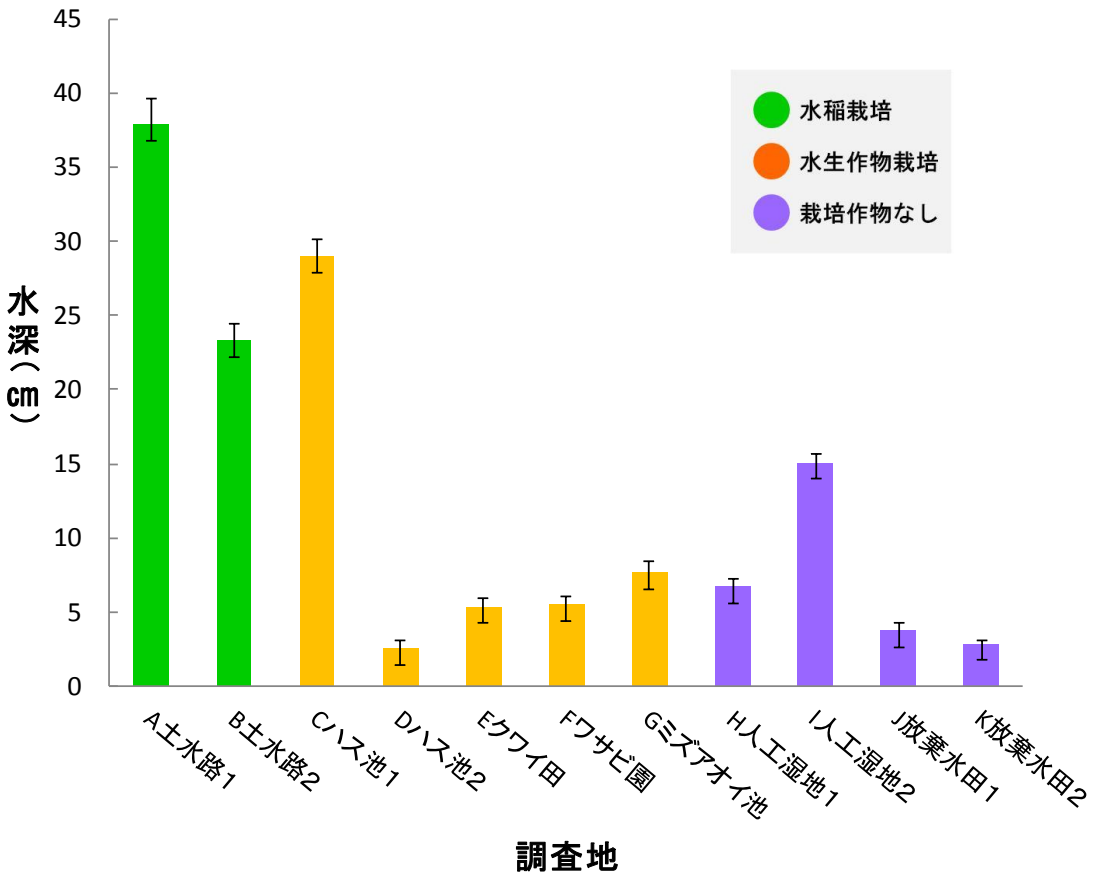


図 18. 各調査地における平均の水の深さ

（3）生きもの調査

◆コデラート調査

コデラート調査の結果を表 1 に示した。表 1 には、本調査で採取した生きものの種別の個体数を、採取した調査地別に示した。なお種名に表記がなければ、採取した生きものは基本的に成体であった。また、科名、属名が不明なものは空欄とした。さらに、ヤゴ、カゲロウ幼虫、オタマジャクシ、ハエ幼虫、ヨコエビについては、種を特定することが困難であったため、それぞれまとめてヤゴ、カゲロウ幼虫、オタマジャクシ、ハエ幼虫、ヨコエビとした。コデラート調査では、5 門、18 目、28 科、29 属、42 種、個体総数 1,682 匹の生きものを採取した。調査地別には、調査地 A 土水路 1：19 種、個体数 530 匹、調査地 B 土水路 2：17 種、個体数 186 匹、調査地 C ハス池 1：9 種、個体数 42 匹、調査地 D ハス池 2：7 種、個体数 24 匹、調査地 E クワイ田：10 種、個体数 103 匹、調査地 F ワサビ園：6 種、個体数 508 匹、調査地 G ミズアオイ池：11 種、個体数 103 匹、調査地 H 人工湿地 1：10 種、個体数 34 匹、調査地 I 人工湿地 2：6 種、個体数 32 匹、調査地 J 放棄水田 1：11 種、個体数 78 匹、調査地 K 放棄水田 2：12 種、個体数 42 匹であった。

主要種 19 種について、コデラート調査で採取した個体数に、調査地間で有意な差があるのかどうかを分散分析で検討した結果を表 2 に示した。表 2 には 19 種のうち、調査地間で有意な差がある 8 種を示した。その 8 種とは、ヌカエビ、ガムシ幼虫、チビミズムシ、ユスリカ幼虫、オタマジャクシ、マルタニシ、モノアラガイ、センチュウであった。調査地 E クワイ池で平均個体数が最大になる種数が最も多くなり、調査地 D ハス池 2、調査地 F わさび園、調査地 J 放棄水田 1、調査地 K 放棄水田 2 では平均個体数が最大になる種はなかった。

また、シンプソンの多様性指数（D）とシャノン・ベイナーの多様度指数（H）の結果を図 19 に示した。種数は、調査地 A 土水路 1 で最も多くなり、調査地 F ワサビ園と調査地 I 人工湿地 1 で最も少なくなった。シンプソンの多様度指数は、調査地 J 放棄水田 1 で最も

大きくなり、調査地 F ワサビ園で最も小さくなった。シャノン・ベイナー多様度指数は、調査地 B 土水路 2 で最も大きくなり、調査地 F ワサビ園で最も小さくなった。

表 1. 生きもの調査（コデラート調査）で採取した生きものの種類と個体数（匹）

門	目	科	属	種	調査地 A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
節足動物門	十脚目	ヌマエビ科	ヌマエビ属	ヌカエビ	311	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0
		サワガニ科	サワガニ属	サワガニ	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
		アメリカザリガニ科	アメリカザリガニ属	アメリカザリガニ	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	端脚目			ヨコエビ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	甲虫目	ガムシ科	ガムシ属	ガムシ	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
				ガムシ幼虫	2	2	0	0	0	0	0	1	4	0	0
			ヒメガムシ属	ヒメガムシ	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
		ゲンゴロウ科	ゲンゴロウ属	ゲンゴロウ幼虫	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
			ハイイロゲンゴロウ属	ハイイロゲンゴロウ	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	2
			*Hydroglyphus*属	チビゲンゴロウ	0	0	0	9	0	0	0	0	0	13	0
			ヒメゲンゴロウ属	ヒメゲンゴロウ	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		ミズスマシ科	*Gyrinus*属	ミズスマシ	0	0	0	0	0	0	0	9	1	14	2
		コツブゲンゴロウ科	コツブゲンゴロウ属	コツブゲンゴロウ	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	1
		コガシラミズムシ科	コガシラミズムシ属	コガシラミズムシ	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	蜻蛉目			ヤゴ	11	7	1	3	2	0	9	4	11	19	15
	蜉蝣目			カゲロウ幼虫	69	50	6	0	46	2	1	3	6	16	1
	カメムシ目	マツモシ科	マツモムシ属	マツモムシ	23	27	0	0	0	0	1	0	0	0	0
		タイコウチ科	タイコウチ属	タイコウチ	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
		アメンボ科		アメンボ	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
				ヒメアメンボ	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
		カタビロアメンボ科		カタビロアメンボ	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		コオイムシ科	コオイムシ属	コオイムシ	2	0	1	5	1	0	0	0	0	2	1
		ミズムシ科	コミズムシ属	コミズムシ	12	46	0	0	6	0	2	0	0	0	0
			チビミズムシ属	チビミズムシ	9	0	10	0	0	0	0	2	0	0	0
	クモ目	コモリグモ科	コモリグモ属	コモリグモ	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ハエ目	カ科	イエカ属	ボウフラ	2	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0
		ユスリカ科		ユスリカ幼虫	1	24	8	1	15	0	37	2	9	1	1
				ハエ幼虫	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0
	トビケラ目	トビケラ科		トビケラ	1	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0
脊椎動物門	コイ目	ドジョウ科	ドジョウ属	ドジョウ	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0
			ホトケドジョウ属	ホトケドジョウ	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	ダツ目	アドリアニクチス科	メダカ属	メダカ	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	サケ目	サケ科	タイヘイヨウサケ属	ニジマス	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
	カエル目			オタマジャクシ	0	0	0	0	9	0	1	0	0	0	0
軟体動物門	吸腔目	カワニナ科	カワニナ属	カワニナ	5	0	0	0	13	500	40	0	0	0	14
	ニナ目	タニシ科		マルタニシ	0	7	0	0	9	0	0	0	0	0	0
	基眼亜目	ヒラマキガイ科	ヒラマキガイ属	ヒラマキミズマイマイ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0
	有肺目	サカマキガイ科	*Physa*属	サカマキガイ	73	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		モノアラガイ科	モノアラガイ属	モノアラガイ	1	7	0	0	0	0	5	0	0	0	1
環形動物門	吻無蛭目	ヒルド科		ヒル	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		イトミミズ科	イトミミズ属	イトミミズ	1	1	0	2	0	1	0	1	0	4	2
線形動物門				センチュウ	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0
合計 5門	18目	28科	29属	42種　種数合計（種）	19	17	9	7	10	6	11	10	6	11	12
				個体数合計（匹）	530	186	42	24	103	508	103	34	32	78	42

表 2. 生きもの調査（コデラート調査）における主要種 8 種の分散分析結果と平均個体数の調査地間比較

□は主要種の平均個体数が最大となったビオトープを示す。

出現上位8種の分散分析

種名	自由度	F値	p値	平均個体数（平均値±標準偏差）					
				A	B	C	D	E	F
ヌカエビ	10	5.21	0.00014	77.80±34.00	0.96±0.48	0	0	0	0
ガムシ幼虫	10	4.85	0.00098	0.67±0.33	0.67±0.33	0	0	0	0
チビミズムシ	10	4.47	0.00051	2.30±1.10	0	2.50±1.50	0	0	0
ユスリカ幼虫	10	5.52	＜.0001	0.20±0.20	4.80±1.90	1.60±0.90	0.20±0.20	3.00±2.30	0
オタマジャクシ	10	5.53	0.00041	0	0	0	0	6.00±2.50	0
マルタニシ	10	5.68	＜.0001	0	1.80±0.30	0	0	2.30±1.10	0
モノアラガイ	10	16.00	＜.0001	0.30±0.30	1.80±0.30	0	0	0	0
センチュウ	10	81.00	＜.0001	0	0	0	0	0	0

種名	平均個体数（平均値±標準偏差）				
	G	H	I	J	K
ヌカエビ	0	0.25±0.25	0	0	0
ガムシ幼虫	0	0.33±0.33	1.33±0.33	0	0
チビミズムシ	0	0.50±0.30	0	0	0
ユスリカ幼虫	7.40±0.40	0.40±0.40	1.80±1.00	0.20±0.20	0.20±0.20
オタマジャクシ	0.70±0.30	0	0	0	0
マルタニシ	0	0	0	0	0
モノアラガイ	1.30±0.30	0	0	0	0.30±0.30
センチュウ	0	4.50±0.50	0	0	0

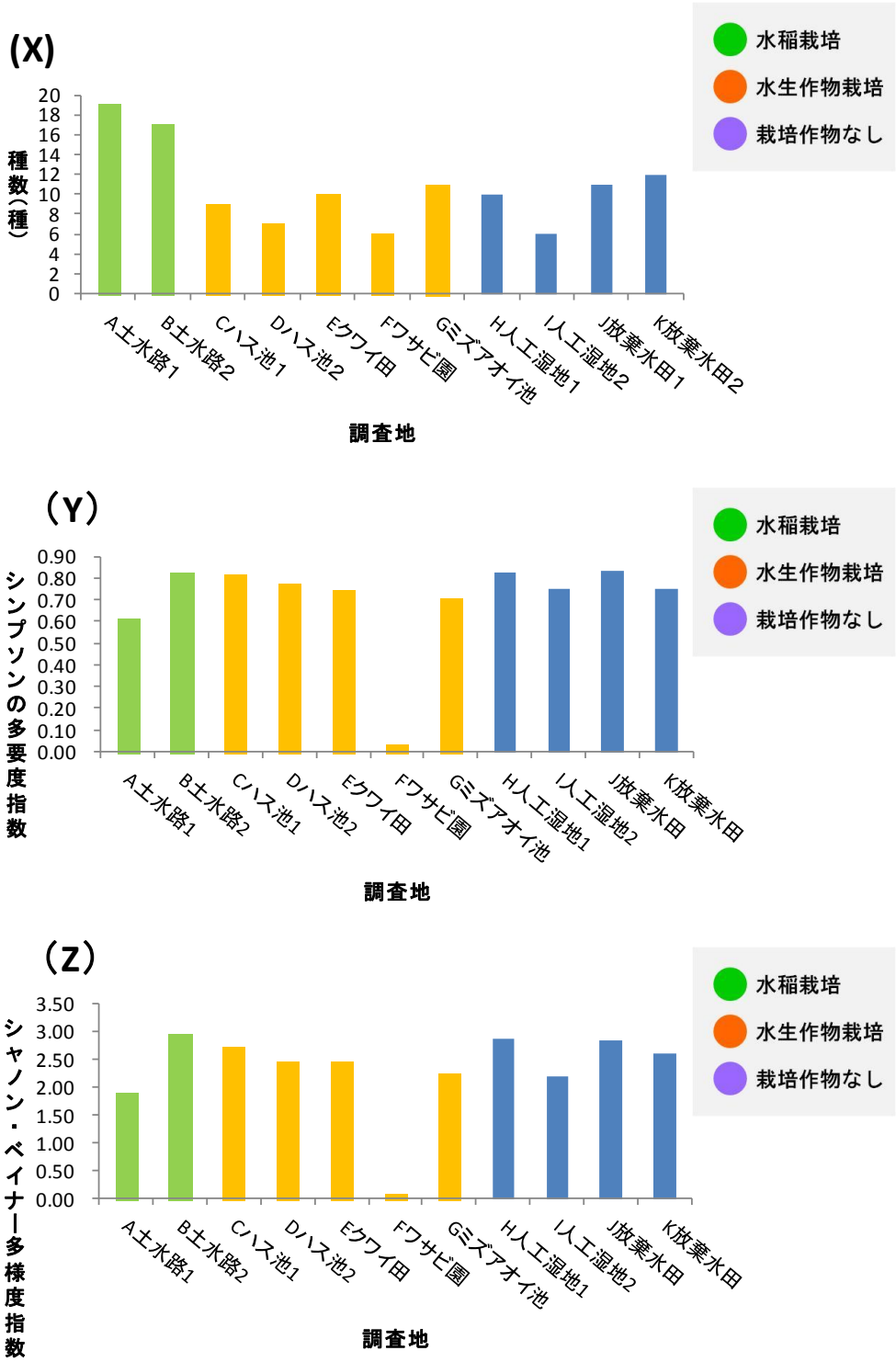


図 19. 各調査地における生きものの多様度指数

（X）種数（Y）シンプソン指数（Z）シャノン・ベイナー指数。

◆任意取り調査

任意取り調査の結果は、表 3 のようになった。表 3 には、本調査で採取した生きものの種別の個体数を、採取した調査地別に示した。表記条件については、表 1 と同様である。任意取り調査では、4 門、10 目、14 科、17 属、24 種、個体総数 75 匹の生きものを採取した。調査地別には、調査地別には、調査地 A 土水路 1：12 種、個体数 34 匹、調査地 C ハス池 1：2 種、個体数 2 匹、調査地 D ハス池 1：種、個体数 1 匹、調査地 E クワイ田：12 種、個体数 20 匹、調査地 G ミズアオイ池：6 種、個体数 10 匹、調査地 H 人工湿地 1：1 種、個体数 5 匹、K 放棄水田 2：3 種、個体数 3 匹であった。調査地 B 土水路 2、調査地 F ワサビ園、調査地 I 人工湿地 2、調査地 J 放棄水田 1 で採取した生きものはいなかった。調査地 A、C、D、E、G でドジョウ、オイカワ、メダカのような動きの速い魚類を採取することができた。また、兵庫県のレッドデータブックでランク B に登録されているカスミサンショウウオ *Hynobius nebulosus* を調査地 C で採取することができた。今回の調査では、時間が限られていたこと、また調査者の能力不足もあり、各調査地の隅々まで調査することができなかったため、今回の研究において、任意取り調査は参考意見程度にとどめたい。

表 3. 生きもの調査（任意取り調査）で採取した生きものの種類と個体数（匹）

	目	科	属	種	調査地 A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
節足動物門	甲虫目	ガムシ科	ガムシ属	ガムシ	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
			ヒメガムシ属	ヒメガムシ	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			マメガムシ属	マメガムシ	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		ゲンゴロウ科	マルガタゲンゴロウ属	マルガタゲンゴロウ	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			ハイイロゲンゴロウ属	ハイイロゲンゴロウ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
			シマゲンゴロウ属	コシマゲンゴロウ	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
				シマゲンゴロウ	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
			ヒメゲンゴロウ属	ヒメゲンゴロウ	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	蜻蛉目			ヤゴ	3	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0
	カメムシ目	マツモシ科	マツモムシ属	マツモムシ	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
		タイコウチ科	タイコウチ属	タイコウチ	7	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
			ミズカマキリ属	ミズカマキリ	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
		アメンボ科		アメンボ	0	0	0	0	0	0	1	5	0	0	0
				ヒメアメンボ	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
		コオイムシ科	コオイムシ属	コオイムシ	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
		ミズムシ科	コミズムシ属	コミズムシ	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
脊椎動物門	コイ目	ドジョウ科	ドジョウ属	ドジョウ	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
		コイ科	オイカワ属	オイカワ	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	ダツ目	アドリアニクチス科	メダカ属	メダカ	0	0	0	0	1	0	5	0	0	0	0
	有尾目	サンショウウオ科	サンショウウオ属	カスミサンショウウオ	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	カエル目			オタマジャクシ	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
軟体動物門	吸腔目	カワニナ科	カワニナ属	カワニナ	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
	ニナ目	タニシ科		マルタニシ	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0
環形動物門	吻無蛭目	ヒルド科		ヒル	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
合計 4門	10目	14科	17属	24種　種数合計（種）	12	0	2	1	12	0	6	1	0	0	3
				個体数合計（匹）	34	0	2	1	20	0	10	5	0	0	3

（4）草花調査

草花調査の結果は、表 4 のようになった。草花調査では、23 目、27 科、41 属、46 種、株総数 1,168 個の草花を採集した。調査地別には、調査地 A 土水路 1 : 5 種、株数 107 個、調査地 B 土水路 2 : 4 種、株数 71 個、調査地 C ハス池 1 : 8 種、株数 47 個、調査地 D ハス池 2 : 9 種、株数 31 個、調査地 E クワイ田 : 7 種、株数 22 個、調査地 F ワサビ園 : 3 種、株数 201 個、調査地 G ミズアオイ池 : 5 種、株数 113 個、調査地 H 人工湿地 1 : 3 種、株数 15 個、調査地 I 人工湿地 2 : 3 種、株数 18 個、調査地 J 放棄水田 1 : 11 種、株数 202 個、調査地 K 放棄水田 2 : 22 種、株数 341 個であった。

主要種 20 種について、コデラート調査で採集した株数に、調査地間で有意な差があるのかどうかを分散分析で検討した結果を表 5 に示した。表 5 には、20 種のうち、調査地間で有意な差があった 8 種を示した。その 8 種とは、オモダカ、クロコヌカグサ、クログワイ、カヤツリグサ、カンガレイ、セリ、イボクサ、コウガイゼキショウであった。調査地 K 放棄水田 2 で平均個体数が最大になる種数が最も多くなり、調査地 A 土水路 1、調査地 D ハス池 2、調査地 E クワイ池、調査地 F わさび園、調査地 G ミズアオイ池、調査地 H 人工湿地 1、調査地 J 放棄水田 1 では平均個体数が最大になる種はなかった。

草花のシンプソンの多様性指数（D）とシャノン・ベイナーの多様度指数（H）の結果を図 20 に示す。種数は、調査地 K 放棄水田 2 で最も多くなり、調査地 A 土水路 1 で最も少なくなった。シンプソンの多様度指数は、調査地 K 放棄水田 2 で最も大きくなり、調査地 F ワサビ園で最も小さくなった。シャノン・ベイナー多様度指数は、調査地 K 放棄水田 2 で最も大きくなり、調査地 F ワサビ園で最も小さくなった。

表 4. 草花調査で採集した草花の種類と個体数（株）

目	科	属	種	調査地 A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
ゼニゴケ目	ウキゴケ科	イチョウウキゴケ属	イチョウウキゴケ	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
オモダカ目	サトイモ科	ウキクサ属	ウキクサ	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	オモダカ科	オモダカ属	オモダカ	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
トチカガミ目	トチカガミ科	コカナダモ属	コカナダモ	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
イネ目	イネ科	サヤヌカグサ属	サヤヌカグサ	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		スズメノヒエ属	キシュウスズメノヒエ	0	0	0	1	1	0	0	5	4	0	0
		ヨシ属	ヨシ	0	0	0	0	0	0	0	9	12	0	0
		マコモ属	マコモ	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
		イヌビエ属	タイヌビエ	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
		スズメノテッポウ属	スズメノテッポウ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0
		ホシクサ属	ニッポンイヌノヒゲ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	7
		コヌカグサ属	クロコヌカグサ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
		ガマ属	ヒメガマ	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
フトモモ目	ヒシ科	ヒシ属	ヒシ	1	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
	アカバナ科	チョウジタデ属	チョウジタデ	0	1	4	1	5	0	0	0	0	0	8
スイレン目	スイレン科	コウホネ属	コウホネ	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
		スイレン属	スイレン	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0
サンショウモ目	アカウキクサ科	アカウキクサ属	オオアカウキクサ	0	0	21	0	0	0	4	0	0	0	25
カヤツリグサ目	カヤツリグサ科	ハリイ属	クログワイ	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0
			クロハリイ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0
			マツバイ	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	100
		カヤツリグサ属	カヤツリグサ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
			タマガヤツリ	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0
		ホタルイ属	カンガレイ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
			イヌホタルイ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	8
		テンツキ属	ヒデリコ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
ヤマモガシ目	ハス科	ハス属	ハス	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0
ホシミドロ目	ホシミドロ科	アオミドロ属	アオミドロ	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0
セリ目	セリ科	セリ属	セリ	0	0	0	5	3	0	4	0	0	5	30
	ウコギ科	チドメグサ属	チドメグサ	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	34
ツユクサ目	ツユクサ科	イボクサ属	イボクサ	0	55	0	0	6	0	0	0	0	50	15
タデ目	タデ科	タデ属	ミゾソバ	0	9	0	0	0	0	0	0	0	2	8
サトイモ目	ウキクサ科	アオウキクサ属	コウキクサ	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
フウチョウソウ目	アブラナ科	オランダガラシ属	クレソン	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
ゼニゴケ目	ゼニゴケ科	ゼニゴケ属	ゼニゴケ	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
シソ目	ゴマノハグサ科	シソクサ属	キクモ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	9
		アゼトウガラシ属	アゼナ	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	11
	シソ科	ハッカ属	ハッカ	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
キク目	キク科	ブタクサ属	ブタクサ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		タカサブロウ属	タカサブロウ	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
ユリ目	ミズアオイ科	ミズアオイ属	コナギ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6
			ミズアオイ	0	0	0	0	3	0	4	0	0	0	0
キキョウ目	キキョウ科	ミゾカクシ属	アゼムシロ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	28
イグサ目	イグサ科	イグサ属	コウガイゼキショウ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
トクサ目	トクサ科	トクサ属	スギナ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
アブラナ目	アブラナ科	タネツケバナ属	タネツケバナ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
合計 23目	27科	41属	46種　種数合計（種）	5	4	8	9	7	3	5	3	3	11	22
			個体数合計(個)	107	71	47	31	22	201	113	15	18	202	341

表 5. 草花調査における主要種 20 種の分散分析結果

出現上位 8 種の分散分析

種名	自由度	F値	p値	平均個体数（平均値±標準偏差）					
				A	B	C	D	E	F
オモダカ	10	4.24	0.00038	0	1.2±0.58	0	0	0	0
クロコヌカグサ	10	6.32	＜.0001	0	0	0	0	0	0
クログワイ	10	4.24	0.00038	0	0	1.3±0.58	0	0	0
カヤツリグサ	10	8.00	＜.0001	0	0	0	0	0	0
カンガレイ	10	5.28	＜.0001	0	0	0	0	0	0
セリ	10	5.87	＜.0001	0	0	0	1.0±0.77	0.6±0.6	0
イボクサ	10	3.83	0.00091	0	11.0±5.07	0	0	1.2±1.2	0
コウガイゼキショウ	10	4.33	0.00031	0	0	0	0	0	0

種名	平均個体数（平均値±標準偏差）				
	G	H	I	J	K
オモダカ	0	0	0	0	0
クロコヌカグサ	0	0	0	0	2.8±1.11
クログワイ	0	0	0	0	0
カヤツリグサ	0	0	0	0	2.0±0.71
カンガレイ	0	0	0	0	3.2±1.39
セリ	0.8±0.8	0	0	1.0±0.77	6.0±1.9
イボクサ	0	0	0	10.0±4.66	3.0±1.05
コウガイゼキショウ	0	0	0	0	2.6±1.25

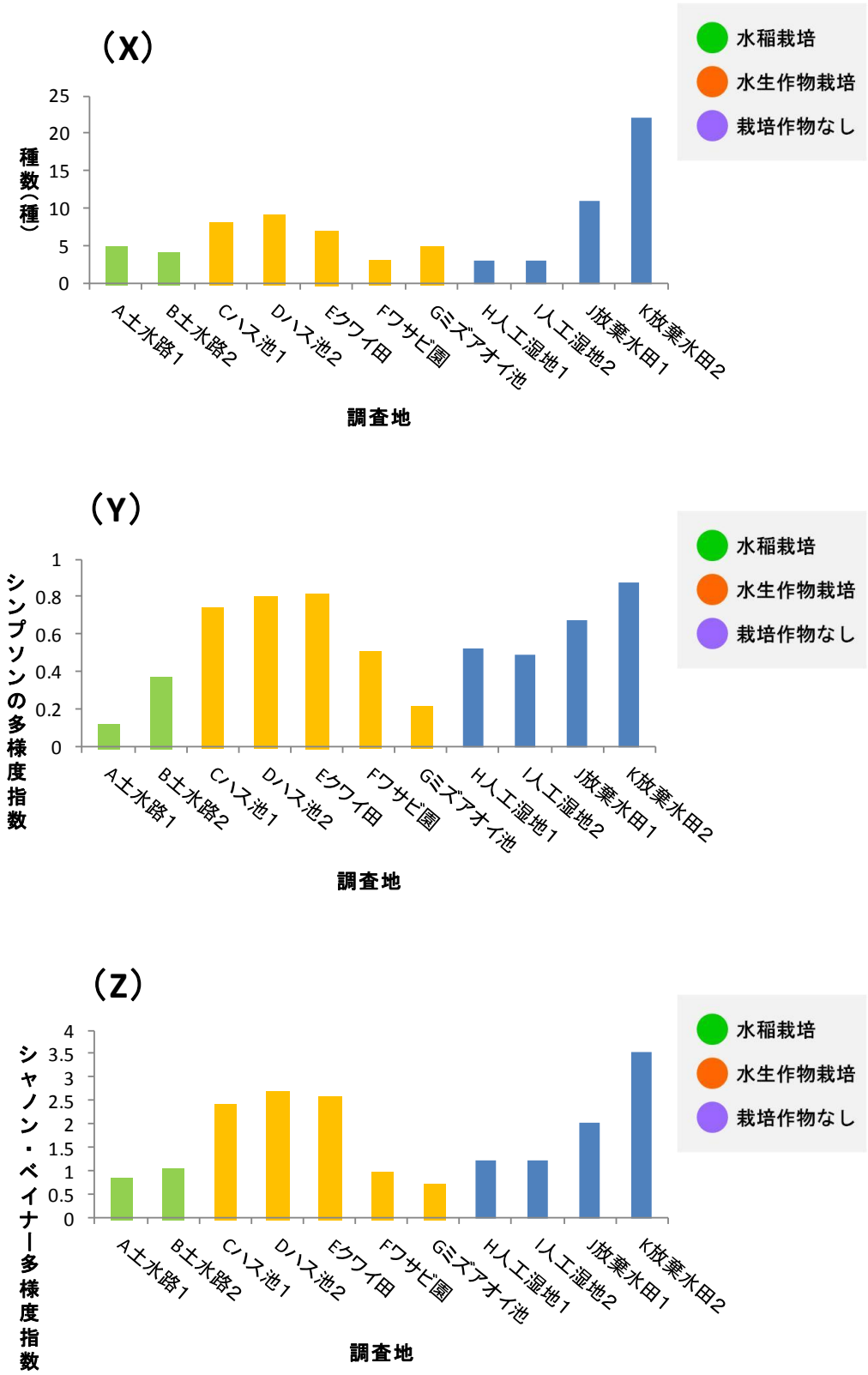


図 20. 各調査地における草花の多様度指数

(X) 種数 (Y) シンプソン指数 (Z) シャノン・ベイナー指数。

（5）鳥類の調査

結果は、表 6 のようになった。鳥類の調査では、4 目、6 科、7 属、8 種、個体総数 37 羽の鳥類を観察した。調査地別には、調査地 A 土水路 1：5 種、個体数 9 羽、調査地 B 土水路 2 : 1 種、個体数 2 羽、調査地 C ハス池 1 : 2 種、個体数 3 羽、調査地 D ハス池 2 : 1 種、個体数 1 羽、調査地 H 人工湿地 1：4 種、個体数 10 羽、調査地 I 人工湿地 2：6 種、個体数 12 羽、であった。調査地 G ミズアオイ池、調査地 E クワイ田、調査地 F ワサビ園、調査地 J 放棄水田 1、調査地 K 放棄水田 2 では鳥類は観察されなかった。今回の調査では、時間が限られていたこと、また調査者の能力不足もあり、今回の研究において、鳥類の調査は参考意見程度にとどめたい。

表 6. 鳥類調査で出現した鳥類の種類と個体数（羽）

目	科	属	種	調査地 A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
コウノトリ目	コウノトリ科	コウノトリ属	コウノトリ	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	サギ科	アオサギ属	アオサギ	3	2	2	0	0	0	0	2	2	0	0
			チュウサギ	2	0	1	1	0	0	0	4	2	0	0
		シラサギ属	コサギ	2	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0
スズメ目	ツバメ科	ツバメ属	ツバメ	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	セキレイ科	セキレイ属	セグロセキレイ	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
タカ目	タカ科	トビ属	トビ	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
カモ目	カモ科	マガモ属	カルガモ	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
合計 4目	6科	7属	8種　種数合計（種）	5	1	2	1	0	0	0	4	6	0	0
			個体数合計（羽）	9	2	3	1	0	0	0	10	12	0	0

7 考察

調査地 C のハス池 1 は、ハスがかなり旺盛に生育し、高密度で繁茂していたので、池の中まで入ることが困難であったため、池周辺の限られた部分でしか調査できなかった。

図 16 に 20m あたりのカエルの個体数を示した。図 17（X）に示すように、調査地 F のワサビ園のカエルは 20m あたり 77.5 匹と最も大きな値を示した。調査地 F 以外の場所を示したグラフを図 17 の（Y）に示す。これをみると、調査地 A、B、D、E で 20m あたりのカエル数が大きくなり、調査地 C、G、J、K で 20m あたりのカエル数は小さくなった。調査地 H、I ではカエルは見られなかった。カエル数が多くなった調査地はすべて水生作物を育てているか、コウノトリ育む農法を行う水田に隣接した水路であった。これに対し、放棄水田である調査地 J、K は小さな値をとった。以上のように、5 か所の水生作物栽培地のうち、3 か所でコウノトリ育む農法を行う水田地帯に匹敵する数のカエルが見られた。作物の栽培を行っていない人工湿地、放棄水田ではほとんどカエルが見られなかった。この原因は 2 つ考えられる。第 1 に、これらの調査地ではカエルの生活環に適合した水管理が行われないという点が考えられる。コウノトリ育む農法では、トノサマガエルやアマガエルのオタマジャクシがカエルに変わる時期まで水田から水を抜かないという中干し延期が行われている（河原 2011）。コウノトリ育む農法におけるこのような工夫により、松本（2009）によると、コウノトリ育む農法の水田では、慣行農法の約 3 倍の数のカエルが見られる。トノサマガエルは水田の環境に適したカエルなので、トノサマガエルの生活環に適合した水管理が行われていれば、トノサマガエルの数は増加する。人工湿地は 1 年中水がはられ、放棄水田では水が溜められていないので、カエル、特にトノサマガエルの数が少なかったと考えられる。第 2 の原因として、カエルの隠れ家となる場所が少なかったという点が考えられる。図 20（X）に示すように、人工湿地には草花の種数が少なく、表 4 に示すように株数も少なかった。このことから、人工湿地は、カエルが隠れるような草花がないため、数が少なかったと考えられる。草花の数が少ないと、日陰が少なくなり、水温が上昇する

ということも考えられる。

以上のように、水生作物栽培地は、何も栽培していないところ（人工湿地、放棄水田）より、コウノトリの主要な餌となるカエルの数が多くなることがわかった。特に、図 16 から水生作物栽培地ではトノサマガエルが多くなることがわかった。一方で、湿性耕作地の管理方法が異なるとカエルの個体数が減少することがわかった。この結果から、カエル、特にトノサマガエルは湿性耕作地の環境に強く結びついていることが考えられる。

Tsuji ら（2011）の先行研究では、2008 年の大阪・神戸の北西にある水田での調査で、水田の面積が大きいと、トノサマガエルの割合も高くなり、逆に、水田の面積が小さいとトノサマガエルの割合も低くなることがわかっている。このことも、トノサマガエルの生活が水田の環境に強く結びついている事を表している。

調査地の水深について、各調査地の水深は図 18 に示した。コウノトリは水中や泥中を探り歩きながら採餌する（国土交通省 2005）。水田をコウノトリの餌場として活用する場合、5cm 以上の水深が適切である（夫 2005）。また、河川では水深 20～50cm の条件でコウノトリの餌場が見られる（都筑 2006）。このことから、コウノトリの餌場として適当な水深は 5cm 以上で、50cm まで採餌可能である。コウノトリの脚の長さは、脚の付け根から足先までが約 44cm である（前田 2008）ため、50cm 以上の水深になると、羽が水につかってぬれ、溺れる可能性があるため、嫌がるのではないだろうか。今回調査した 11 か所の調査地点では、放棄水田以外の場所が 5cm 以上 50 ㎝未満でコウノトリの餌場として適当な水深であった（図 1-16）。調査地 D のハス池 2 は、稲刈り時期に当たるため、放棄水田と同じく水が止められており浅くなっていたが、通常は 20cm 程度の水深を維持しているそうである。また、調査地 A、B では、持ち主の N さんが、マルチトープ・排水路の上にすのこを渡し、コウノトリが餌を取りやすいように、また生きものの隠れ家になるように橋を造っておられた。コウノトリの餌場とするには、このような工夫も必要だと考えられる。

生きもの調査について、主要種 19 種の、コデラート調査で採取した個体数に、調査地間で有意な差があるのかどうか、分散分析の結果を表 2 に示した。表 2 には 19 種のうち、調査地間で有意な差がみられた 8 種を示した。11 か所の調査地の中で個体数の平均値が最大となった種の数は、調査地 E クワイ田であった。このことから、今回調査した 11 か所の調査地全体で多く見られた種に関しては、それらが多くいる調査地は調査地 E クワイ田であった。一方、調査地 J、K の放棄水田で、個体数の平均値が最大となる種はなかった。このことから、放棄水田は主要となる生きものが少ないことがわかる。これは水管理との関係が高いと思われる。

生きもの調査の結果から算出したシンプソン多様性指数とシャノン・ベイナー多様性度指数を図 19 に示した。図 19 から、シンプソン多様性指数が大きい調査地 B、C、H、J、中くらいの調査地 A、D、E、G、I、K、小さい調査地 F と言うように分類できる。また、シャノン・ベイナー多様性度指数については、指数が大きい調査地 B、H、J、中くらいの調査地 A、C、D、E、G、I、K、小さい調査地 F のように分類できる。シンプソン多様性指数、シャノン・ベイナー多様性度指数を合わせてみると、調査地 B、H、J の土水路 1、人工湿地 1、放棄水田で多様性が比較的、高いことがわかったが、調査地 F 以外の調査地間で大きな差はないと考えられる。調査地 F の北村わさび園で多様性は低くなることがわかった。これは、わさび園は他の 10 か所の調査地と異なる環境にあったことによる。北村わさび園は湧水のあふれる、有機物の少ない定温環境にあり、環境省（2013）が指定するきれいな水環境に棲むサワガニやカゲロウが観察された。また、兵庫県のレッドデータブックのランク A に登録されているホトケドジョウ *Lefua echigonia* も観察されている（兵庫県 2003）。

平尾（2004）によると、コウノトリは、コウノトリの嘴の長さ 23.8cm（SD=1.8cm）の

約 1/8（約 3cm 以下）平均 2cm の生きものを捕食していたという研究がある。そこで、体長 2cm 以上の生きものをコウノトリの餌となる生きものとみなし、餌となる生きものの各調査地における種数を図 21 に示した。図 21 を見ると、調査地 A、B の土水路 1、土水路 2 で大きく、水生作物栽培地で中間、人工湿地・放棄水田で比較的小さい値を取った。このことから、水生作物栽培地は、栽培作物がないところよりも、餌となる生物が多いことがわかった。

草花の調査、主要種 20 種の、コデラート調査で採取した個体数に、調査地間で有意な差があるのかどうかを分散分析で検討した結果を表 5 に示した。表 5 には、20 種のうち、調査地間で有意な差があった 8 種を示している。11 か所の調査地の中で個体数の平均値が最大となった種の数は、調査地 K 放棄水田 2 で大きくなった。このことから、今回調査した 11 か所の調査地全体で多く見られた種に関しては、それらが多くみられた調査地は調査地 K 放棄水田 2 だとわかった。また、個体数の平均値は最大とはならなかったが、調査地 J 放棄水田の個体数の平均値も、かなり大きな値を示している。以上のことから、放棄水田では草花の個体数が多いことがわかる。

草花調査の結果、算出したシンプソン多様性指数とシャノン・ベイナー多様性度指数を図 20 に示した。図 20 から、シンプソン多様性指数が大きい調査地 C、D、E、J、K、中くらいの調査地 B、F、G、H、I、小さい調査地 A と分類できる。また、シャノン・ベイナー多様性度指数については、指数が大きい調査地 C、D、E、J、K、中くらいの調査地 B、F、H、I、小さい調査地 A、C と分類できる。シンプソン多様性指数、シャノン・ベイナー多様性度指数を合わせてみると、調査地 C、D、E、J、K のハス池 1、クワイ田、ハス池 2、放棄水田 1、放棄水田 2 で草花の多様性が高いことがわかった。このうち、調査地 J と K は放棄水田であった。耕作田では、水田特有の限られた雑草類だけが生育できる環境となるが、耕作放棄されるとその土地本来の水分環境や耕作後の経過年月に応じて成立する植

物群落は多様化するため、放棄後の経過年数と土地利用形態の違いが放棄水田の植生を規定する（北村 2008)。これにより、調査地 J、K の植物群落は多様化していると考えられる。しかし、これらの水田雑草の多くは大型の多年草が繁茂するにつれて減少・消失する（下田 2000)。調査地 J、K に現在生育している水田雑草は 1 年生のものばかりだが、数年たち、多年生植物が繁茂すれば、消失するであろう。また、コウノトリは大型の鳥なので、開放的な所を餌場とする（環境省 2012)。また、藤原（2010）によると、草花が繁茂しすぎると餌を取りにくくなることから、適切な雑草管理が必要となるだろう。

生きもの調査と草花調査の結果を図 22 にまとめた。縦軸に生きものまたは、草花の種数を示した。この図から、作物を栽培している場所は、生きものの種数の方が草花の種数より多く、作物を栽培していない場所は、草花の種数の方が生きものの種数より多いことがわかった。このことから、作物を栽培した方が、生きものが増えるものと考えられる。

以上のことをまとめると、8，9 月の水生作物栽培地は、

（1） 人工湿地、放棄水田よりカエルの個体数が多い

（2） コウノトリの餌場として適した水深である

（3） コウノトリが食べる体長 2cm 以上の生きものの種数が人工湿地、放棄水田より多い

（4） 放棄水田より草花の種数および個体数が少ない

という 4 つの特徴を持つことがわかった。平尾（2004）の研究により、水田は、河川についでコウノトリが良く利用する餌場であることがわかっている。その水田も 8～9 月は水稲が大きく成長し、田面水が見えなくなってします。この時期のコウノトリの餌場として水面の見えるところが欠かせない。そのため、放棄水田として放置せず、水田と同じような水管理で耕作を行うことは、コウノトリの餌場という面でも、意義のあること

だと考えられる。

以上のことより、水田を水生作物の栽培地として活用すれば、コウノトリの餌場として活用できる可能性が高いことがわかった。

図 21 に、水生作物栽培地があった場合の、春～夏、8・9 月の餌場のシミュレーションを示す。春～夏は、河川、水田、水生作物栽培地のどこでもコウノトリは採餌ができる。一方、8～9 月は、平尾（2004）によると、コウノトリは餌場として河川を最も好むが、台風による増水や氾濫などで河川を餌場として利用できなくなることがある。また、水田は中干しや稲刈りのために水田の水が抜かれる。コウノトリは、水がない環境でも昆虫などを捕食することもできるが、水に棲む生きものをより好む。このような時期に、水生作物栽培地があれば、水のある環境で採餌をすることができる。

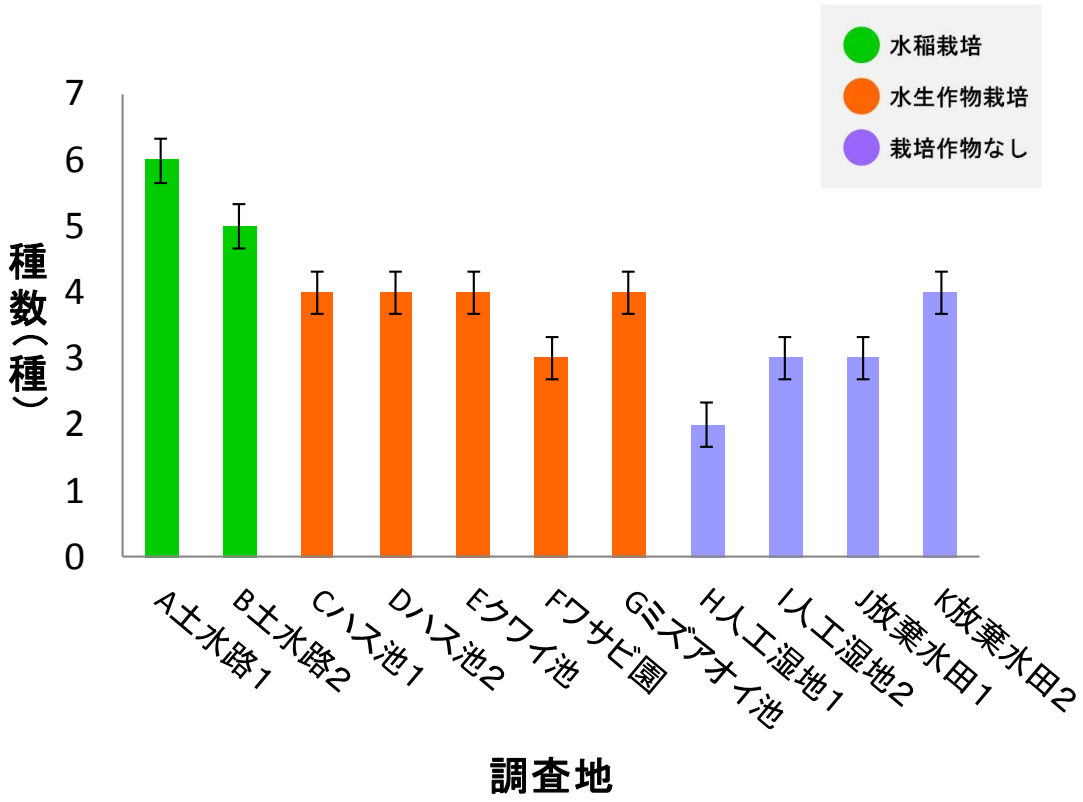


図 21. コウノトリが餌とする体長 2cm 以上の生きものの種数

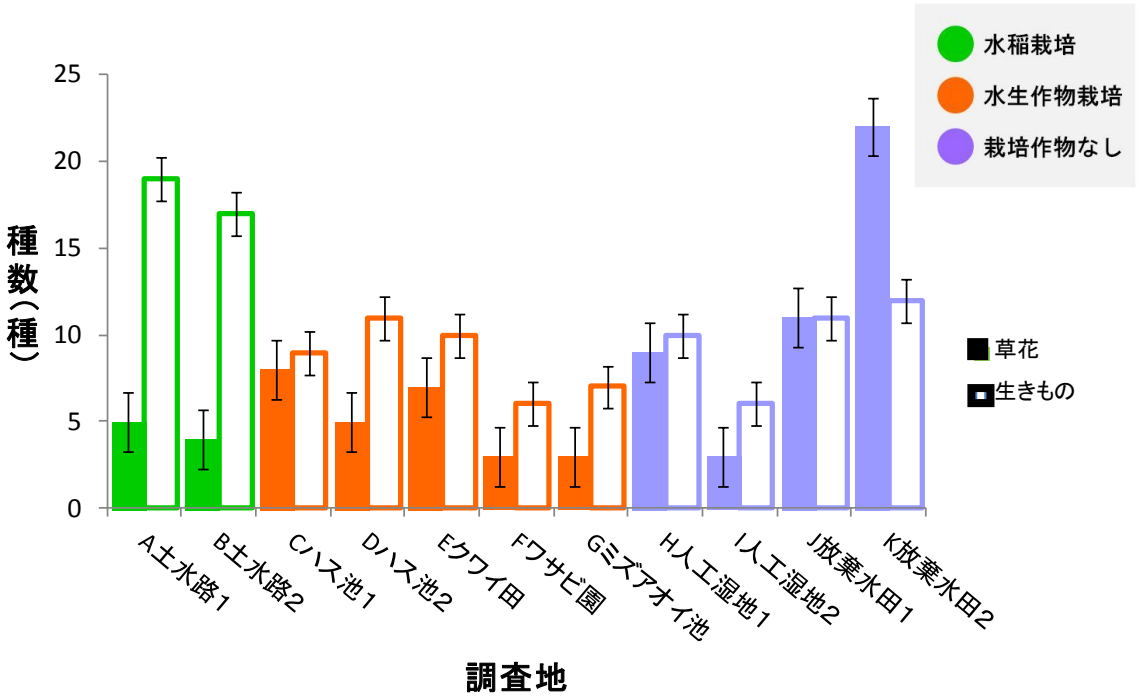


図 22. 各調査地における生きものの種数と草花の種数

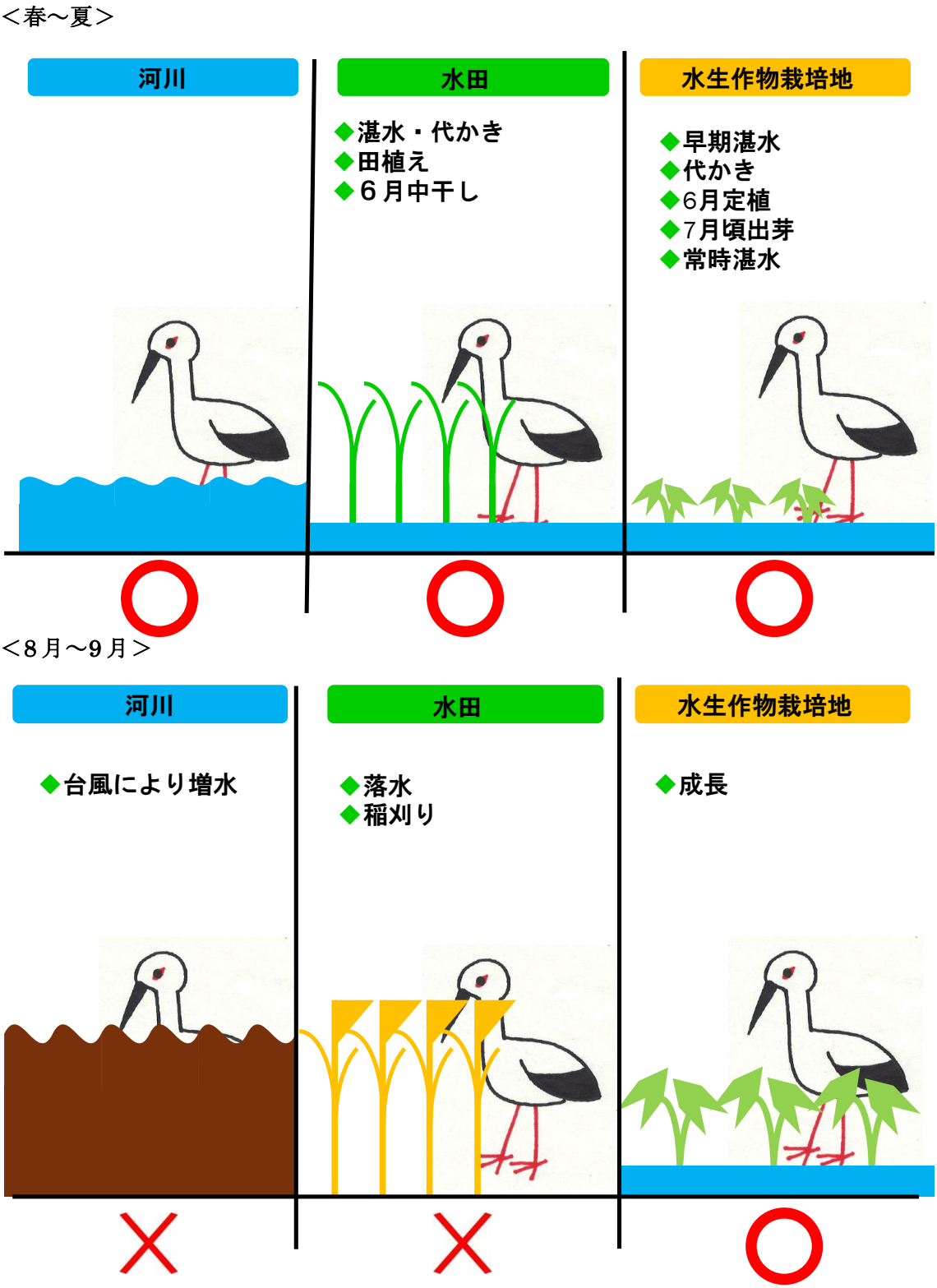


図 23. 水生作物栽培地があった場合のコウノトリの餌場のシミュレーション
○印は、水がある環境でコウノトリが採餌できるということを、×印は水がある環境で採餌ができないことを示す。

総合考察

本研究では、水生作物栽培地がコウノトリの餌場となる可能性を調査するために、豊岡市内の水生作物栽培地の現状を調査した。

豊岡市では、稲作以外で水田または休耕田を活用している所を探し、実際の生きものや草花の調査を行った。その結果、水生作物栽培地は、餌場として適した水深で、人工湿地・放棄水田よりもカエルの個体数と体長 2cm 以上の生きものの種数が多く、一方で草花の種数は放棄水田よりも少ないことがわかった。調査を行った 8・9 月は、水田では中干し、稲刈りに当たる時期なので、水田の水が抜かれる。そのような時期に、水生作物栽培地があれば、コウノトリの好む水中に棲む生きものを採餌することができそうであった。

以上のことから、

（Ⅰ）コウノトリが採餌できる水深

（Ⅱ）餌となるカエル・水生生物が多くなる水管理

（Ⅲ）大型の多年生雑草が侵入しないような雑草管理が行われている場所である

という 3 つの条件を満たしていれば、コウノトリの餌場としての可能性がある。水生作物を栽培していれば、自然と浅井湛水の管理になると考えられる。実際に、今回の調査でこの 3 点を満たしているのは、ほとんど水生作物栽培地であった。

水が引きにくい、深い等の理由で稲作をしにくい場所で水生作物を栽培すれば、コウノトリの餌場となり、一石二鳥である。さらに、放棄水田を活用して水生作物を栽培すれば、放棄水田を減らすこともできる。さらに、前田（2008）によると、コウノトリは、競合種（アオサギ、ダイサギなど）との競争力が冬期から 4 月まで、一時的に弱くなる。そのため、冬期において湛水田の割合を増やすなど、地域全体としての餌生物量を増加させる必要があるので、耕作放棄地を水生作物栽培地として利用することは人にとってもコウノト

リにとっても意義がある。

コウノトリの餌場に有用と考えられる湿性作物は多くある。例えば、今回の調査地の中にも見られたクワイ、レンコンやワサビ、クレソンがあげられる。ほかにも、セリ、マコモダケ、ヒシ、オオクログワイ、ジュンサイ、ミズワラビ、スイタグワイ等があげられる。工芸用であれば、イ、ヨシなどがあげられる。観賞用にするのであれば、今回の調査地にもいくつか栽培されていた、カキツバタ、キショウブ、ハナショウブ、ショウブ、サクラソウ、クリンソウ、バイカモ、コウホネ、ミツガシワ、ミズバショウ、ミズアオイ等があげられる。これらの水生作物を栽培すれば、その栽培地は自然とコウノトリの餌場にもなると考えられる。さらに、それだけでなく、これらの作物を栽培するメリットとして、

（ア）水生作物を売れば、収入が得られる。

（イ）休耕田、稲作が困難な水田も、土地改良をせずに活用できる。

という点があげられる。

本報告書では割愛したが、スイタグワイという作物の栽培試験を試みた。スイタグワイは、なにわの伝統野菜として登録されており、希少価値が高い水生作物である。また、除草剤に弱い性質を持っているので、減農薬・無農薬に取り組んでいる豊岡市で栽培しやすい作物のひとつだと考えている。

また、調査地Ｌのコイ養殖のような放棄水田の活用法もある。調査地Ｌの所有者のＨさんによると、売り物にならないコイは廃棄せざるを得ないそうである。コウノトリの野生復帰と絡めて、廃棄するコイの活用もできれば、資源の無駄が防げる。

以上のように、水生作物栽培地はコウノトリの餌場として活用できる可能性があるため、コウノトリの野生復帰、また休耕田の有効活用を目指して、水生作物の栽培を積極的に取り入れていくとよい、と考えた。2010 年現在で、豊岡市には 14,109a もの放棄水田がある。これらの放棄水田を湿性作物栽培地として活用できれば、それだけコウノトリの餌場が増

えると期待できる。

要旨

兵庫県の県鳥、コウノトリ *Ciconia boyciana* は、日本全国の里山で普通に見られる野鳥であったが、現在では兵庫県豊岡市で人工飼育され、野生復帰に向けて野外へ放鳥が行われている。コウノトリは河川の浅瀬や湿地、湛水した水田でドジョウやフナなどの魚類、カエル類や甲殻類などの水生動物等を主に採餌する完全な肉食性の鳥である。コウノトリが再び野生で生育できるようにするためには、それを支える豊かな自然、すなわちコウノトリの餌となる生きものが生育できる河川や水路、水田、里山などの多様で豊かな自然環境の再生が必要となる。コウノトリの餌場を増やすため、水生作物栽培地の餌場としての可能性を探るために本研究を行った。

＜調査場所と方法＞

兵庫県豊岡市で水生作物栽培地 5 か所、コウノトリ育む農法の水田に隣接する水路 2 か所、人工湿地 2 か所、耕作放棄田 2 か所、合計 11 か所で調査を行なった。調査は水深、カエル、生きもの、植物の 4 種とした。水深はランダムな 10 か所測った。カエル調査は、棒で畦畔または調査地の外周を突きながら進み、飛び出したカエルの種類と個体数を記録した。生きもの調査と植物調査は、30cm×30cm のコデラートを調査地内にランダムに 5 か所置き、その中にいる生きものや植物を採取し、種類と個体数を記録した。

＜結果と考察＞

水生作物栽培地の水深は 5～50cm の範囲にあり、これはコウノトリが水中で立てる深さなので、コウノトリの餌場として適した水深であることがわかった。農民の水管理により、里山の鳥コウノトリにとって適した水深になっていると考えられる。また、作物を栽培していない耕作放棄田より、作物を栽培しているところの方が、カエルの個体数が多かった。農民の定期的な管理が行われているところでカエルの生活環が回るため、カエルの数が多くなると考えられる。また、年中水が溜まったままの人工湿地は、1 年に一度水を抜く、または流れがある他の場所と比べ、コウノトリが食べられる体長 2cm 以上の水生生物の種数が少なかった。さらに、雑草の種数および個体数は耕作放棄田で大きくなった。耕作放棄田は、これ以上放置すれば、多年生の大型植物や木本が繁茂し、埋もれてしまうので、コウノトリの餌場にするには水生作物の栽培を行い、雑草管理や水管理をすることが必要となる。

＜まとめ＞

今回の調査から、水生作物栽培地は水深がコウノトリに向いており、コウノトリ育む農法の水田と同じ程度のカエル数が確認できた。また、水生生物も比較的多かった。しかし、植物の多様性は耕作放棄田で高く、水生作物栽培地で低かった。このような状況から、水生作物栽培地はコウノトリ育む農法の水田ほどカエルや生きもの数が多くないが、コウノトリの餌場として重要であると考えられる。

謝辞

本研究を行うにあたり、多くの方々からご助言・ご協力賜りました。皆様に厚く御礼申し上げます。

「コウノトリの研究がしたい」という私に、一言もダメだと言わず、快く認めてくださった伊藤一幸教授。先行きの見えにくい研究計画に、豊岡市の助成金を紹介してくださり、偉大な方々の論文をたくさん教えてくださいました。先生は、のんびり屋の私がなかなか研究を進めずにいたときに、やさしく、時には厳しく、様々なアドバイスをくださいました。伊藤先生には、感謝してもしきれないほどです。理想ばかりで、なかなかまとまりきらない私の研究に、鋭くご指摘をくださった、東哲司准教授。経時変化測定用の水深・水温計を貸してくださった庄司浩一准教授。修士論文を書くにあたり、考え方や書き方のアドバイスをくださった笹山大輔助教。

豊岡の調査では、豊岡市より「コウノトリ野生復帰学術研究補助制度」を通し、補助金を頂きました。豊岡市の皆様、豊岡市コウノトリ共生課の皆様には、大変お世話になりました。特に、コウノトリ共生課の伊崎実那様には、手続きから調査地の相談まであらゆることでお世話になりました。ありがとうございました。

また、豊岡市での湿地の調査を快く受けてくださった出石温泉館乙女の湯の皆様、磯崎茂様、奥谷栄次様、北村宜弘様、佐竹節夫様、信部あさこ様、畷悦喜様、長谷田義雄様、三好幸枝様、淀逸郎様、本当にお世話になりました。ありがとうございました。

豊岡での調査にあたり、昆虫多様性生態学研究室の渡辺恭平様にご同行いただき、たくさんのアドバイスをいただきました。篠山で調査する際、協力してくれた友人の関優里香様、北場章子様。また、私の研究の作業を手伝ってくれただけでなく、研究

に対するアドバイスや、心の支えや悩みの相談にものってくれた熱帯有用植物学研究室のみなさま。一緒に実験の作業をしてくださった、踞尾みのり様、藤原さゆり様、玉田勝也様、平山智士様、河原蕗子様、田中美涼様、中野一真様、長井拓馬様、バラ様。暑い中、さらに寒い中、大変な作業にご協力いただきました。また、Atera Evans様、置塩琢磨様、酒井久輝様、濱田友馬様、石原瑠璃子様、臺信一郎様、原田翔平様、芥子陽香様、田口あみ様、坪田裕樹様、岩見裕太様、中西沙織様、平井雄喜様、柳生知美様、そして秘書の西田真理様のおかげで、楽しく有意義な研究生活を送ることができました。

最後に、応援してくれた両親と家族に感謝します。

以上の方々のほかにも、多くの方々に助けていただき、本研究を遂行することができました。心から感謝申し上げます。
ありがとうございました。

引用文献

朝日新聞，2009 年 6 月 5 日

朝日新聞，2010 年 1 月 14 日

朝日新聞デジタル，2012 年 8 月 20 日，おっちゃんの池　ハスの花見ごろ／豊岡

平尾 安美，2004，豊岡市円山川下流域での野生コウノトリの秋期における採食場所選択，豊岡市コウノトリ野生復帰学術研究報告書，p.2，p.6，p.17，p.27，p.31

藤原 さゆり，踞尾 みのり，中村 弥世，天羽 仁美，奥村 咲，河原 蕗子，小島 彩，齋藤 慎，田中 美涼，藤田 美幸，山村 里恵，2010，休耕田・放棄水田のりようによるコウノトリ育む生物多様性湿地の創出―いきもの暦の作成と活用の可能性―，豊岡市コウノトリ野生復帰学術研究報告書，p.6

藤原 さゆり，2010，農業生態系における雑草の機能：群落構成種の生物多様性と作物収量に及ぼす雑草群落構成の影響について，神戸大学卒業論文，pp.4-5

夫 惠眞，2005，豊岡市におけるコウノトリ野生復帰事業と環境創造型農業への取り組み，p.2，p.5

兵庫県農政環境部環境創造局自然環境課，2003，改訂・兵庫の貴重な自然 兵庫県版レッドデータブック 2003

兵庫県立コウノトリの郷公園，2013，兵庫県立コウノトリの郷公園
http://www.stork.u-hyogo.ac.jp/index.php

兵庫県，2013，ひょうごの生物多様性ひろば
http://www.pref.hyogo.lg.jp/JPN/apr/topics/biodiversity/index.html

伊藤 一幸，2010，農業機械学会シンポジウム第 15 回テクノフェスタ「科学防除から機械除草へのいざない―夢の除草法の現実へ―」

伊藤 一幸，2011，オモダカ，雑草学事典，日本雑草学会編，日本雑草学会，東京，pp.41-42

伊藤 一幸，2013，水稲作における水田雑草の生態的適応と技術革新により増えた雑草、減

った雑草，農業および園芸，養賢堂，東京

Intemational Union for Conservation of Nature, 2013,IUCN,http://www.iucn.org/

Jianming Hong, Shu Liu, Guopeng Shi, Yuqu Zhang, 2012, Soil seed bank techniques for restoring wetland vegetation diversity in Yeyahu Wetland, Beijing, Ecological Engineering 42, p.196

J-IBIS，2013，生物多様性情報システム，
Availlable from URL: http://www.biodic.go.jp/J-IBIS.html

環境省，2006，レッドリスト　鳥類，p.1

環境省，2012，日本の事例 No.3 日本・兵庫県豊岡市におけるコウノトリとの共生を目指した農業，自然資源の持続可能な利用・管理に関する手法事例（日本語版），p.8

環境省，2013，「水生生物による簡易水質調査」の指標生物と水質階級
Availlable from URL:
http://www.env.go.jp/press/file_view.php?serial=1303&hou_id=1804

菅野 徹，1978，自然観察と生態シリーズ 9　川・池の生物―水の生きものⅡ―，小学館，東京，pp.10-11，pp.16-17，pp.22-25，pp.50-51，pp.52-55

河原 蕗子，2011，抑草機や有機質資材による水田雑草コナギ防除の可能性～コウノトリ育む農法の支援を目指して～，豊岡市コウノトリ野生復帰学術研究報告書，p.2

木田 真里子，2009，ドジョウ放流による水田雑草コナギ防除の可能性，豊岡市コウノトリ野生復帰学術研究報告書，p.3，p.6

菊池 直樹，2006，蘇るコウノトリ，東京大学出版，東京，p.276

北村 泰一，2008，耕作放棄水田等を利用した水生昆虫ビオトープネットワーク構築の可能性，南九州大学研報，pp.47-48、p.50，p.52

北村わさび，2013，三百年近い歴史を持つ「わさび農家」北村わさび―伝統農法を守る―
Availlable from URL: http://kitamura-wasabi.com/index.html

国土交通省 近畿地方整備局，2005，円山水系自然再生計画書 参考資料[直轄管理区間編]

昆虫研究所，2013，～昆虫写真・昆虫図鑑サイト～
http://www.mushiken.com/index.html

コウノトリファンクラブ，2013，コウノトリファンクラブ
http://www.tajima-portal.com/kounotori/home.php

コウノトリ湿地ネット，2009，コウノトリ湿地ネットニュースレター「パタパタ」3 号，p.2

Krebs, C. J. 1999，Ecological Methodology, Addison WesleyLongman, Menlo Park.

前田 了，2008，豊岡市で放鳥されたコウノトリとアオサギ・ダイサギの採餌行動の比較，豊岡市コウノトリ野生復帰学術研究報告書，p.1，p.17，p.57，p.59

Marina Tsuji, Atushi Ushimaru, Takeshi Osawa, and Hiromune Mitsuhashi, 2011, Paddy-associated frog declines via urbanization : A test of the dispersal-dependent-decline hypothesis, Landscape and Urban Planning 103, Science Direct, pp.318-325

NPO 法人生物多様性農業支援センター，2013，みんなで作る！田んぼのいきもの図鑑
Availlable from URL: http://basc.jp/zukan/

松本 功，井上 智，和田 眞由美，2009，「コウノトリ育む農法」が育む、多様な「生きもの」，http://hyogo-nourinsuisangc.jp/13-topics/13d-press/22/nov_2.html

大垣 俊一，2008，多様度指数と類似度、分類学的新指標，Argonauta15，p.3

関家 昌志，2008，コウノトリとの共生政策「コウノトリ育む農法」の現状―産業連関分析の視点から―，
http://www.city.toyooka.lg.jp/www/contents/1214890421676/html/common/other/4f7519ef030.pdf#search='%E9%96%A2%E5%AE%B6+%E6%98%8C%E5%BF%97+%E3%82%B3%E3%82%A6%E3%83%8E%E3%83%88%E3%83%AA%E8%82%B2%E3%82%80%E8%BE%B2%E6%B3%95'

下田 路子，関岡 裕明，宇山 三穂，中本 学，筒井 宏行，2000,「水田雑草」の動態と保全―敦賀市中池見の事例―，水草研究会会報 69 号，p.9

下田 路子，2001，今、水田の生物が危ない！―わたしたちにできることは？―，地球環境関西フォーラム，pp.20-21

須藤 健一，2011，兵庫県における「コウノトリ育む農法」の展開～農法による雑草問題と生きものの多様性～，農薬春秋 No.88，pp.10 - 17，北興化学工業

武田 広子，2007，片間・三木地区を行動範囲とする放鳥コウノトリ（JO363）の採食生態，平成 19 年度豊岡市コウノトリ野生復帰学術研究報告書，p.3

武田 広子，2008，放鳥コウノトリ（J0363）の採食生態，平成 20 年度豊岡市コウノトリ野生復帰学術研究報告書，p.2

竹下 信雄，1996，野鳥カタログ，永岡書店，東京，p.152

Tatsuya Amano, Yoshinobu Kusumoto, Yoshinori tokuoka, Susumu Yamada, Eun-Young Kim, and Shori Yamamoto, 2008, Spatial and temporal variations in the use of rice-paddy dominated landscapes by birds in Japan, Biological Conservation 141, 1704 -1716

東北農業研究センター雑草制御研究室，2002，日本の水田雑草における SU 剤抵抗性の研究，1-4

都築 隆禎，渡部 秀之，竹内 亀代司，眞間 修一，2006，自然再生事業と緊急治水対策事業を踏まえたコウノトリが生育できる川づくり，リバーフロント研究所報告第 17 号，p.18, p.22

Itsuki Nishimura, 2007, Toyooka Agricultural Extension Center, 2007, White Stork Friendly Farming Method, pp.1-4

宇根 豊，2004，虫見板で豊かな田んぼへ，創森社，pp.20-25

鷲谷いづみ，2007，コウノトリの贈り物，地人書館，東京，pp.35 - 67

八木 宏典，2010，プロが教える農業のすべてがわかる本，ナツメ社，東京，p.34