

平成21年 5月25日現在

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2007～2008年度
 課題番号：19580163
 研究課題名（和文） 都市における湧水生態系の保全に関する生態遺伝学・景観生態学的研究
 研究課題名（英文） Ecological-genetic and landscape-ecological study on the conservation of the spring marsh ecosystem in urban area
 研究代表者
 氏名（ローマ字）：小林 達明（KOBAYASHI TATSUAKI）
 所属機関・部局・職：千葉大学・大学院園芸学研究科・教授
 研究者番号：40178322

研究成果の概要：柏市こんぶくろ池湿地に自生するズミ集団の保全のために、個体の開花・結実状況、実生の更新状況、アロザイム遺伝子構造、自家不和合性対立遺伝子構造、花の形態変異を調べた。その結果、こんぶくろ池ズミ集団の結実率は低く、実生の更新状況は不良だったが、アロザイム遺伝子多様度、自家不和合性遺伝子多様度とも高く、遺伝的劣化は見られなかった。同湿地の再生目標を明らかにするために江戸期以来の絵地図・絵図の変遷を検討し、周辺はクヌギを主とする立木密度の低い林だったことがわかった。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,600,000	780,000	3,380,000
2008年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,700,000	1,110,000	4,810,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：林学・森林工学

キーワード：保全生態、湧水湿地、ズミ、遺存植物、自家不和合性遺伝子、牧、アズマネザサ

1. 研究開始当初の背景

柏市こんぶくろ池は、台地上に形成された珍しい湧水池であるが、ズミ・ヌマガヤをはじめ多くの冷温帯性植物が遺存的に自生しており、暖温帯に属する千葉県において、稀少かつ貴重な自然環境を形成している。千葉県環境会議はそのような自然環境の保全について配慮するよう提言をまとめ、こんぶくろ池自然博物公園の開設が計画されている。しかし、つくばエクスプレス開通などにより周辺の都市化が急速に進みつつあり、その環境は急激に悪化しており、湧水生態系の保全

とともに再生が急務となっている。

湿地に隔離的に分布する木本植物の生態遺伝学的研究として Ueno ら(2005)によるシデコブシの研究が、草本植物を含めると鷺谷のグループによるサクラソウに関する一連の研究があるが、まだ多いとは言えない。都市の湧水保全に関しては、土木的な立場からの東京地下水研究会(2003)などがあるが、緑地の生態的な機能と結びつけた研究はほとんどない。湧水地を含む歴史的景観に関しては小椋(1993, 1994)の研究があり、武蔵野の雑木林の成立と管理に関しては中静

(2004)が断片的に紹介しているが、台地上湧水地を含む「牧」の管理については何も明らかにされていない。特に都市域の湧水湿地生態系の保全に関するまとまった研究は皆無と言ってよい。

本研究の大きな目的は、遺伝的系譜、地下水涵養のシステム、歴史的土地利用という、従来、隠されていた湧水生態系の多面的ランドスケープ構造を明らかにし、都市域の湧水生態系の保全に役立てることである。

2. 研究の目的

本研究では、消失の危機にある台地上湧水湿地である柏市こんぶくろ池を例に、その湧水を支える地域の土地利用のための景観水文学的研究、当地の代表的・象徴的な湿地植物であるズミの保全遺伝学的研究、生態系の再生計画の目標参照のための「牧」の歴史的景観の復元に関する研究を行い、こんぶくろ池湿地と生態系の持続的な保全・再生の基礎とすることを目的とした。

(1) ズミの保全遺伝学的研究

ズミは本来冷温帯の草原や湿地を中心に分布する樹種だが、暖温帯域に位置する千葉県では、特異的にこんぶくろ池に個体群を形成しており、稀少植物として、また美しい花から、こんぶくろ池湿地を代表する植物となっている。しかし、湿地環境の悪化に伴って、群落の劣化が危惧されており、その保全が求められている。本研究では、ズミ個体群の生育状況や開花・結実・実生成立などの繁殖状況を把握し、更新上の問題を明らかにした。更新不良の機構探求のために、分子生態学的手法を用いて、隔離された分布地である当地におけるズミの遺伝的多様性など遺伝構造を調べて、隔離による遺伝的な劣化の有無を検証した。また、こんぶくろ池個体群の集団内変異を調べると同時に、関東地域の他の自生集団との遺伝的関係を調べた。さらに、バラ科花木に特有の自家不和合性遺伝子を調べて、遺伝的劣化の実態を調べた。

(2) 湧水の景観水文学的研究

こんぶくろ池のある柏市全域を対象に、土地利用形態と湧水湿地の分布の関係について、1970年代以降の既往の資料を基にしたGISを用いた分析を行った。本研究では航空写真や衛星画像、既成のGISデータを利用して、透水面や蒸発面の分類を行い、水文学的特性に応じた土地の分布状況を把握する。そのようにして得られる土地被覆状況の経時的变化と湧水の消長の関係について分析し、湧水の持続のために必要な土地利用のあり方について検討した。

(3) 「牧」の歴史的景観の復元に関する研究

柏市周辺は、江戸時代、「小金牧」と呼ばれる、軍馬育成のための幕府の直轄牧場だっ

た。こんぶくろ池もその一角に当たり、湧水地は馬の水場として機能していたと推測されている。里山雑木林の成立について、近年、史的研究が進んでいるが、「牧」を原型とする雑木林の成立についてはまだ研究されておらず、「牧」の具体的な植生管理方法は明らかでない。本研究では、「牧」を受託管理していた「牧士」家の文書や絵図などをたよりに「牧」の植生景観や管理方法を明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

(1) こんぶくろ池公園域の植生類型の把握
航空写真を用いて、こんぶくろ池公園全域の相観区分を行い、現地調査によって群落型を把握した。予定地全域に37カ所のコドラートを設置し、Mueller-Dombois&Ellenberg法によって、種組成と群落構造を把握し、群落断面構造をスケッチした。

(2) ズミの保全遺伝学的研究

こんぶくろ池のズミの更新実態を把握するために、全生育個体の樹高・幹径・樹冠径・活力度・着花率・結果率を調べ、生育環境として、林冠空隙率・相対光量子束密度、土壌硬度・含水率・酸化還元電位・酸度・全炭素量・全窒素量を計測した。また実生稚樹の分布とその生育立地を調べた。

こんぶくろ池ズミ個体群の遺伝的劣化状況と他地域の個体群との系統遺伝学的関係を明らかにするために、こんぶくろ池のほか、日光・戦場ヶ原、鹿沼市井戸湿原、沼田市玉原湿原、山梨市乾徳山、山中湖、箱根・仙石原の個体群の遺伝的構造をアロザイム法により調べた。また、各個体群から葉や花の標本を採取し、その形態を調べた。

着果率が低いこんぶくろ池個体群とそれが高い玉原湿原個体群について、自家不和合性遺伝子型の個体群特性を調べて比較した。また、こんぶくろ池のズミ個体に対しては、自家不和合性遺伝子型を配慮した人工受粉実験を行い、同遺伝子の機能発現について検証した。

(3) 湧水の景観水文学的研究

柏市では1988年に総合的な湧水調査を行っている。それと現状の湧水データを比較することによって湧水の変化を把握した。現状の湧水については、水量についてヒアリングを伴う現地調査を行った。

湧水の消長との関係を把握するために、土地利用状況とその変化を分析した。2007年については、衛星画像データをもとにGIS上で土地利用を把握した。2007年衛星画像を用いて土地被覆分類を行った。画像処理ソフトにはERDAS IMAGINE 8.4 (Leica Geosystems社)を使用した。土地利用形態を捉えるために最尤法による教師付き分類を行った。本研究では、2002年1m解像度のオルソ化した航

空写真（パスコ社）を教師とし、分類を行った。

1984年の土地利用の把握には細密数値情報（首都圏版）・国土地理院発行を用いた（表1）。細密数値情報では空地や造成中地、公共地など14項目に細分類されているが、衛星画像ではそれらの判別ができない上、地下水への影響はないと考えられるために統合して、2007年土地利用は9項目に分類した（表2）。空地は森林や荒地であることが多かったため森林・荒地に分類した。一般低層住宅・密集低層住宅・中高層住宅・商業用地・造成中地は全て宅地にまとめた。

地形の解析にあたっては、数値地図10mメッシュ（国土地理院）を、DEM（digital elevation map）として用いた。

（4）「牧」の歴史的景観の復元に関する研究

江戸期およびその後のこんぶくろ池周辺の牧の景観を明らかにするために、小金牧周辺野絵図、中野牧・老本柵牧・下野牧図、小金牧大絵図、小金牧絵図、小金原勝景絵図、富士三十六景下絵小金原、四州真景図釜原、手書彩色関東實測図などの絵地図・絵図の検討、古文書の検討、古老への聞き取り調査を行った。絵図類に描かれた植生・景観に関する資料性を明らかにするために、作者や制作年代、牧内の施設の写実性、地勢、植生の写実性、彩色、同地点・同時系列の絵図類との比較、同時代の文献資料と比較考察をし、絵図類に関わる情報を読み取り資料性の検討をした。

江戸前期の土地利用が詳細に描かれた小金牧周辺野絵図において、こんぶくろ池周辺を、画像処理ソフト（Photoshop Elements 3.0、Adobe社）を用いてトレースし、土地利用図を作成し、現在の土地利用状況と比較した。

4. 研究成果

（1）こんぶくろ池周辺域の植生把握

こんぶくろ池とその周辺の植生調査を行い、5タイプの森林植生と5タイプの湿地植生を把握した。森林植生はアカマツ林とクヌギ・コナラ林に大きく分類され、前者はマツノザイセンチュウ病によって近年の枯損が急激に進んだ。後者は下層にアズマネザサが密生する型とそうでない3つの型に分類された。湿地植生はオニスゲ・ハンノキ群集とクヌギ・コナラ群集に大別された。後者は攪乱地型のほか3つの型があった。ズミやゴマギといった貴重樹種は、オニスゲ・ハンノキ群集とクヌギ・コナラ群集の下層に夏緑草本・中低木を含む型で出現した。

（2）ズミの保全遺伝学的研究

こんぶくろ池のズミの個体調査の結果、樹高150cm以上の個体で着花が見られたが、林冠空隙率が10%を下回る条件では、着花量が少なかった。結果率は低く、着花個体の50%以上で結果が観察されず、3/4は結果率が5%以下だった。結果率の不良と特定の環境条件との相関は見られなかった。実生の発生数は著しく少なかったが、その成立立地の多くは、リターに覆われない湿地の裸地面だった。

こんぶくろ池を含む関東地域7集団の遺伝的構造と花の形態変異を調べた。アロザイム分析の結果、全集団の遺伝子多様度は0.264と高く、遺伝的分化係数は他殖性の動物散布型植物の平均的な値だった。全体のヘテロ接合度期待値は0.22と双子葉植物としては高い値を示したが、こんぶくろ池集団のそれは0.247でもっとも高かった。これらのことから、こんぶくろ池集団の遺伝的劣化は生じておらず、別の理由によって結果率の低下が生じていると考えられる。

アロザイム分析より得られた遺伝的距離より作成した系統図からは、こんぶくろ池集団は東関東グループに属すると考えられた。しかし、花の形態は地理的グループにとらわれない独特な特徴を持っており、適応的変異が生じていることを示唆していた。

結果率が低い柏市こんぶくろ池のズミ個体群と高い結果率を示す群馬県玉原湿原のズミ個体群について、リンゴ栽培種の自家不和合性対立遺伝子抽出に用いられるASPF3とASPR3プライマーを用いて、自家不和合性遺伝子型を調べて比較した。前者では6種類、後者では4種類のS対立遺伝子が確認され、このほかに使用したプライマーでは増殖できないS対立遺伝子があった。前者のS対立遺伝子多様度は低くなく、その結果率の低さが、自家不和合性遺伝子の多様性低下に起因するものではないことが確認された。

自家不和合性遺伝子型を考慮したこんぶくろ池産ズミの交配実験を行った。その結果、自家不和合性遺伝子型が対立遺伝子の二本とも異なる個体同士の交配では、88～92%の結果率だった。自家受粉では0%、自家不和合性対立遺伝子のうち一本が互いに等しい個体同士では21%の結果率となり、自家不和合性システムが予測通り機能していることを示した。

（3）湧水の景観水文学的研究

柏市で1989年に確認された市内の78カ所の湧水のうち、14カ所で湧出が見られなくなり、湧水は80%に減少していた。

柏市全域における土地利用変化としては、1974年には30%以上あった森林が2007年

には19%まで減少していた。森林とは対照的に、宅地は1974年に16%しかなかったが、2007年には27%に増加していた。同じように、道路・工場の面積も年々増加する傾向にあった。

湧水の涵養域における道路・工場面積率は、14%以内であれば湧出する可能性が高く、14%以上になると枯渇する傾向があった。また、緑地面積率が16%以下であると枯渇し、16%以上であれば湧出する傾向にあった。1984年と2007年の比較では、特に緑地面積率に著しい違いが見られ、集水域内の緑地の量が湧水の維持に大きく関係していると考えられた。

(4)「牧」の歴史的景観の復元に関する研究

牧草原は単一の植生ではなく、ススキなどの長草型の草原や、ネザサやシバなどの短草型の草原が混在していたことがわかった。牧内には林もあったが、こんぶくろ池周辺はクヌギを主とする立木密度の低い御林であり、その後、昭和期にマツやスギが多くなったことがわかった。

こうした植生が成立する要因として火入れの可能性が考えられるが、そのための防火帯造成作業などに関する廻状は、牧を管理する牧士家の文書には残されておらず、人為的な野焼きは行われていなかったと思われる。ただし、防火対策に関する廻状や、御林が『一同野火ニ而焼失立木無』しになったという記録などがあることから、冬季には野火による不定期な攪乱があったと考えられる。

絵図には、野馬の足元まで見えるネザサやシバなどの短茎型の草が描かれており、土手上の高茎型草を含めて、多様な草が展開していたと考えられる。小金牧の放牧強度は、1721年に平均10.5ha/頭、1846年は6.8ha/頭と推察された。これは放牧の適正強度から大きく余裕を持った値であるが、小金牧は通年放牧であることなどにより、江戸期の放牧強度は草原植生を維持するには十分な強度をもっていたのではないかと考えられる。

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3件)

林直樹・小林達明、都市域に隔離された湧水湿地に生育するズミの保全生態学的研究、日本緑化工学会誌、33、42-46、2007、査読有り

廣木真理・小林達明・高橋輝昌、アズマネザサ (*Pleioblastus chino* Makino) の植生管理と窒素動態の関係に関する研究、日本緑化工学会誌、33、71-76、2007、査読有り

野口敦子・野村昌史・小林達明、柏市こんぶくろ池のズミ個体群の生態的再生に向けた遺伝的構造と形態変異の分析、日本緑化工学会誌、34、39-44、2008、査読有り

[学会発表] (計1件)

Kobyayashi, T. and Sakurai, R., Restoration of the ecological landscape of spring swamp and pasture in urban area with the reference of pictures, maps and literatures of Yedo Era., The 4th International Conference on Landscape and Ecological Engineering

[図書] (計1件)

森本幸裕・小林達明 編著、最新・環境緑化学、朝倉書店、2007

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

とくになし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小林 達明 (KOBAYASHI TATSUAKI)
千葉大学・大学院園芸学研究科・教授
研究者番号：40178322

(2) 研究分担者

野村 昌史 (NOMURA MASAFUMI)
千葉大学・大学院園芸学研究科・准教授
研究者番号：50228368
佐々 英徳 (SASA HIDENORI)
千葉大学・大学院園芸学研究科・准教授
研究者番号：50295507

(3) 連携研究者

なし