

15. 流域の地域特性に基づく生物多様性保全手法の構築

流域の地域特性に基づく生物多様性保全手法の構築 —平成18年度の成果—

西野麻知子・細谷和海¹⁾・藤田朝彦¹⁾・大野朋子²⁾・前中久行²⁾・
藤井伸二³⁾・金子有子・前迫ゆり⁴⁾・神谷要⁵⁾

要約

①近年においても比較的多くの在来魚の生息が確認されている西の湖で、どのような環境が在来魚の生存を支えているのかを明らかにするため、西の湖とその周辺のべ54地点で魚類の繁殖状況調査を行った。その結果、西の湖の本湖では、オオクチバス仔稚魚が卓越し、逆に周辺水域ではコイ科仔稚魚が多いことが明らかとなった。このことから、各地点の環境構造が、魚種ごとの繁殖場所としての利用形態をとおして、生残に影響を与えていると推測された。②琵琶湖の沿岸域環境を特徴づける寒地性湿性植物8種の分布を規定する要因を明らかにするため、浜分沼、曽根沼、西の湖の3地域で、地下約10cmの土壌温度を計測した。8月の高温期の解析から、浜分沼における低温性、曽根沼における恒温性（変動幅小）、浜分沼の変温性（変動幅大）の3点が明らかになった。寒地性湿生植物8種と8月の土壌温度との相関を解析した結果、ヤナギトラノオの生育地が低温条件で、ヌマゼリの生育地が変動幅の小さい恒温条件であることが明らかになった。しかし他の6種については、8月の土壌温度との明瞭な関係を見いだすことはできなかった。③前年度に西の湖周辺で行った3次元航測で、航空写真上の標高に誤差が生じていることが判明したため、補正を行ったのち、貴重植物種と地盤高との関係を解析した。その結果、各植物種の生育中心に対応する地表高の差は、最も大きなコバノカモメヅルで0.3m、タコノアシやクサレダマではわずかに0.1mで、これらの植物が水位との関係で極めて限られた範囲に生育していることが明らかになった。またオニナルコスゲ、コバノカモメヅル、ノウルシ、タコノアシの生育中心は、ほぼ琵琶湖の水位調節範囲と重なっており、これらの植物は、季節によって冠水と陸化とを繰り返す極めて湿潤な土地を生育地としていることが明らかになった。④琵琶湖集団を含むヨシの国内14集団について遺伝構造を解析したところ、遺伝距離と地理的距離の間には有意な正の相関があった。また、繁殖特性に関する調査の結果、クローンの多様性が高い集団で有意に自然結実率が高く、クローン多様性が低い集団では有性繁殖の可能性が低下していることが示唆された。袋がけ実験からは、琵琶湖地域の集団には自家和合性の集団と自家不和合性の集団がみられることや宇治大橋集団との交配で外交弱勢がみられること等が明らかになった。⑤近畿地方の69調査区でタブノキ林の群落植生調査を行った結果、島嶼および内陸部においてマダケの侵入、外来種等の侵入、森林面積の断片化などさまざまな要因でタブノキ林の孤立化と消失が進んでいることが確認された。とくに竹生島では、竹林拡大や森林更新の阻害、カワウの営巣等による被害が急速に進み、森林崩壊（特にタブノキ林）が危惧される。

さらに、他の島嶼よりヤブツバキクラス構成種数が少なかった。⑥鳥類による植物の運搬機能を評価するため、水鳥の糞採集用パネルの設置方法など、調査方法の改良を行い、早崎ビオトープで水鳥の糞を採集した。その結果、早崎ビオトープでは1日1haあたり約7万個の植物種子が供給されていると推定された。また採集した糞の撒きだし実験から、糞中の植物種子の一部に発芽能力があることを確認した。

1. はじめに

滋賀県が2000年に発行した「滋賀県の大切にすべき野生生物」では、琵琶湖水系固有種61種のうち31種（51%）が絶滅危惧種、絶滅危機増大種、希少種に指定された。2006年に発行された改訂版では、この3カテゴリーに指定された固有種数がさらに増加し、63%（38種）にのぼった。とくに魚類では、固有魚種15種の73%にあたる11種が、また琵琶湖に生息すると考え

られる在来魚約60種の半数にあたる31種が、この3カテゴリーに指定されている。このことが示すように、琵琶湖の生物多様性は危機的状況に陥っているといっても過言ではない。固有種を含む琵琶湖の水生生物の保全は、古代湖である琵琶湖の社会、文化的、学術的価値を保持するうえで喫緊の課題といえる。

琵琶湖の固有種をはじめとする在来動植物の多くは、琵琶湖の沿岸部に生育、生息するか、あるいは繁

1) 近畿大学、2) 大阪府立大学、3) 人間環境大学、4) 奈良佐保短期大学（現在は大阪産業大学）、5) 中海水鳥国際交流基金財団

殖期に沿岸部や内湖、琵琶湖の流入河川等の周辺水域に移動するものがほとんどである。そのため在来種の保全には、琵琶湖だけでなく内湖や流入・流出河川を含めた周辺水域の保全が不可欠である。

滋賀県の策定した琵琶湖総合保全計画(マザーレイク21計画)でも、自然的景観・環境保全が水質保全、水源涵養とともに中心的な政策課題となっている。今後、琵琶湖とその周辺水域を対象に、固有種をはじめとする在来種が生息しやすい環境構造を解析し、保全手法および評価指標を確立することが求められる。

本プロジェクト研究は、琵琶湖周辺の代表的な水域において魚類や貴重種の分布、遺伝的多様性などを解析することにより、流域の地域特性にもとづいた生物多様性保全・評価手法の開発を行うことを目的としている。上記の目的を達成するため、平成17年度に、代表的流域における種多様性(特に魚類および植物)と環境構造との関係について解析を行うとともに、遺伝的多様性から見た琵琶湖流域の評価を行うために、国内外における琵琶湖流域の植物集団について、対象となる植物種の選定および遺伝分析手法の確立を行った。

平成18年度は、昨年度の成果をもとに、下記の5つのサブテーマについて調査研究を行った。

- ①繁殖期を中心とした在来魚類と外来魚類の仔稚魚の分布状況
- ②寒地性湿性植物の分布と温度要因解析
- ③3次元航測を用いた西の湖における貴重植物種の分布と環境解析
- ④ヨシの遺伝構造と繁殖特性
- ⑤近畿地方のタブノキ林の群落植生調査
- ⑥鳥類による植物の運搬能力の解析

以下、平成18年度の成果について章別に述べる。

なお、2章は藤田、細谷、3章は藤井、4章は大野、前中、5章は金子、6章は前迫、7章は神谷が担当し、西野が全体をまとめた。

2. 西の湖における魚類の繁殖現況

近江八幡市から安土町にかけて存在する西の湖とその周辺水域は、かつて大中の湖、小中の湖、津田内湖に隣接していた内湖で、現在でも残存内湖で最大の面積(2.22km²)を有している。西の湖西部の円山町から北の庄町にかけてはヨシ群落で形成された水郷が形成され、水郷内には西の湖園地、北の庄沢といった開放水面が連続している。西の湖本湖、北の庄沢、西の湖園地の周辺には非常に発達したヨシ帯が広がり、地場産業としてのヨシ産業を支えている。西の湖周辺部の大部分は水田、畑と隣接している(図2-1)。西の湖へ

の主要な流入河川は、安土川、山本川、蛇砂川の3河川で、流出河川は長命寺川のみである(図2-3)。

このように、西の湖は広面積であると同時に、きわめて多様な環境が広がり、また琵琶湖や水田、流出入河川も含めた周辺水域との連続性も保持されている。

また西の湖では、古くからオオクチバス、ブルーギルの生息が確認されているにもかかわらず、近年においても比較的多くの在来種が生息していることが平成17年度の調査で明らかになっている(細谷, 2006)。



図2-1 西の湖の航空写真(東側からのぞむ)

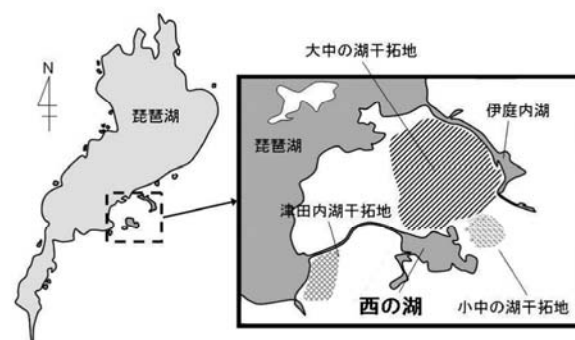


図2-2 西の湖の周辺図



図2-3 調査地点図

さらに西の湖周辺では、1992年に特別天然記念物アユモドキが採集されており、これは琵琶湖周辺で本種最後の採集記録である（細谷，2006；西野他，2006）。

このことは、西の湖の魚類相が他の残存内湖と比べて極めて多様であることを示しており、その背景には、西の湖とその周辺水域には、近年においても在来魚の存続を可能にする良好な生息環境が残されていることを示唆している。

本研究では、西の湖のどのような環境構造が在来魚の生息を支えているのかを明らかにするため、西の湖とその周辺水域を対象に、在来魚と外来魚繁殖の実態を把握し、魚種ごとの繁殖場所選択条件の解明を試みた。

2.1 調査地点

西の湖および流入河川、流出河川、北の庄沢、小中土地改良区水質保全池などの周辺水域から、西の湖の多様な環境を構成すると考えられる特徴的なマイクロハビタットを抽出し、様々な特性を有する54調査地点を選定して仔稚魚調査を行った（図2-3）。調査期間は、細谷（2004，2005）を参考に、内湖で在来魚類とオオクチバスを中心とした外来魚類の繁殖期が重なる期間を考慮して2006年5月21日から25日にかけて行った。

2.2 調査方法

それぞれの採集地点で、GPSにより緯度・経度、水温を計測した後、調査員2名が500 μ mの稚魚ネットを用いてそれぞれ15分間ランダムスウィーピングを行った後、現地で70%エタノールで固定した。

採集した仔稚魚は、実験室に持ち帰り、体長を測定した後、中村（1969）、沖山（1993）、細谷（2002）により、亜科から属レベルまでの同定を行った。

形態学的情報から下位分類階級の同定が困難な場合には、ミトコンドリアDNAの Cytochrome b 領域をダイレクトシーケンス法により決定し、塩基配列により種レベルでの正確な同定を行った。

2.3 結果

2.3.1 西の湖の仔稚魚相

仔稚魚相の調査結果を図2-4に示す。採集個体数は、のべ1857個体で、うちコイ科は9種461個体、サンフィッシュ科は外来魚のオオクチバスとブルーギルが2種1374個体、その他の分類群が3種21個体だった。

数が最も多かったのはオオクチバスで1362個体、全採集個体の73.4%を占めた。図2-4に示すように、サンフィッシュ科仔稚魚が採集された場所と在来コイ科仔稚魚が採集された場所はほとんど重ならなかった。

サンフィッシュ科が採集されたのはSt. 6,14,24, 25,

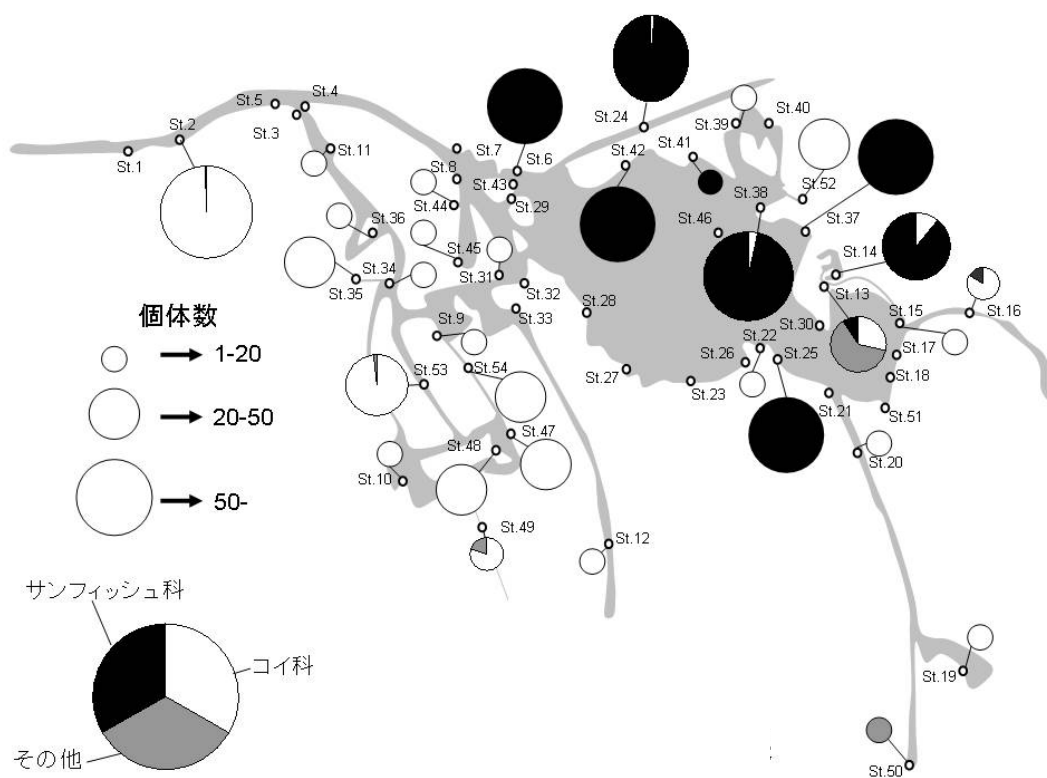


図2-4 西の湖と周辺水域の仔稚魚の分布から見た繁殖環境



採集されたオオクチバス仔魚



オオクチバス稚魚最大個体



標準的な体長の
オオクチバス仔魚

図2-5 採集されたオオクチバス仔稚魚

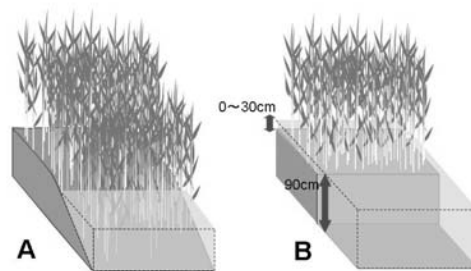


図2-6 ヨシ帯沿岸部の環境構造
(A：周辺水域、B：西の湖本湖沿岸)

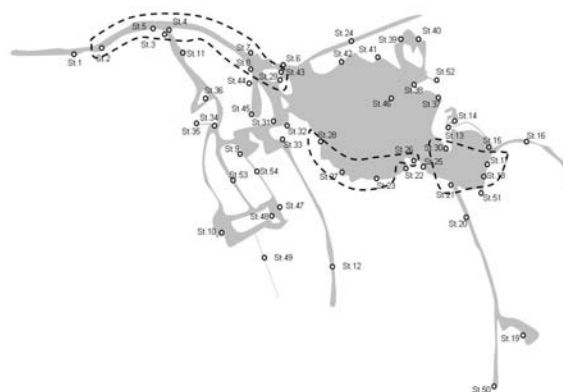


図2-7 仔稚魚の生息が確認されなかった地点

37, 38, 42で、西の湖の本湖沿岸に集中していた。これらの地点におけるサンフィッシュ科の個体数は30尾から449尾で、平均194尾だった。

採集されたオオクチバス仔稚魚の体長は最大で約14.5mmで、いずれも仔魚～稚魚期の個体だった(図2-5)。そのため、本調査で採集された個体は、親魚の保護下で群れを形成している時期に相当する(赤星, 1996; 環境省自然環境局, 2004)。オオクチバス仔稚魚が集団で雄親の保護下で生活している時期に採集されたと考えられる。

一方、コイ科魚類の仔稚魚は、おもに北の庄沢や西の湖園地を中心とした周辺水域(St. 35, 47, 48, 52, 53, 54)で採集された。採集個体数が最も多かった地点は長命寺川のSt. 1で、DNA解析の結果、すべての個体がカネヒラと同定された。

採集されたコイ科魚類の体サイズは4.1mmから20.8mmだった。発生段階は前期仔魚から稚魚期にあたる(中村, 1969)。

このことから、採集された在来魚仔稚魚の大半は前期仔魚～後期仔魚で、十分な遊泳力を有しておらず、産卵場所からの大規模な移動を行っていないと考えられた。また今回確認された仔稚魚は、コイ以外のいず

れの種においても体長約15mm程度で稚魚に達するものが多かった。

一方、体長15mmを超えるものは24個体のみで、その大部分がSt. 53から採集された。St. 53は、北の庄沢と西の湖をつなぐ水路に位置している。北の庄沢で多くのコイ科仔稚魚が採集されたが、このことは、これらの個体が西の湖に向かって流出、あるいは移動している可能性が示唆している。

2.3.2 在来魚と外来魚の繁殖環境の違い

このように、外来魚のサンフィッシュ科魚類仔稚魚とコイ科魚類仔稚魚との出現場所は大きく異なっていた。前者と後者の出現場所の環境条件を比較した結果、以下のような違いがみられた。

サンフィッシュ科魚類仔稚魚が多数採集されたのは、西の湖本湖沿岸だった。ここでは陸上部のヨシ帯から水中に向かって地盤が切り立ち、水深90cm前後にまで急激に落ち込んでいた。(図2-6B)。ヨシ帯内の水深はきわめて浅く、冠水しないで陸ヨシとなっている場所も多かった。またヨシ帯は湖岸線付近から底質は砂礫底が多く、オオクチバスの産卵床造成、卵稚魚の保護といった繁殖生態に適した環境条件だと考えられる。

オオクチバスは、泥底であっても切り株や水草の茎を使って産卵することが知られている（前畑，2001）。

本調査でも、St. 37, 38は砂礫底ではなかったが、オオクチバス稚魚を多数確認した。この地点では擦れたヨシやホテイアオイを中心としたリターが多く、これらの存在により、泥底であってもオオクチバスが産卵できる環境が形成されていたと考えられる。

一方、コイ科魚類が多く確認された西の湖の周辺水域では、地盤高の傾斜が緩やかで、陸域から水域への移行帯が連続的である場合が多かった（図2-6A）。

St. 34, 35など水田と隣接している地点では、ほとんどの場所で斜面に移行帯が形成されていた。これは水田における畦の構造と関連があると思われる。北の庄沢と西の湖園地では、在来コイ科魚類の確認個体数が多く、在来種が再生産するための重要な水域と考えられたが、これらの地点では、水辺の傾斜が緩やかで、斜面に沿ってヨシ、マコモなどの抽水植物が生育していた。さらに、西の湖の本湖沿岸では砂礫底が見られるのに対し、周辺水域ではほぼすべての地点が泥底であった。サンフィッシュ科魚類は、繁殖生態上、親魚が水底に産卵床を作成するための、硬い底質を必要とするが、これらの地点にはそのような底質が存在していないことが、在来魚の繁殖に有利に作用していると考えられる。

一方、西の湖本湖沿岸でも、St. 41, 52のように、水路状となっている地点では、コイ科魚類が多数出現していた。この2地点は、いずれも隣接する水田への灌漑のための用水路であり、開放水面が小さいことや、西の湖の本湖沿岸に見られる切り立ったヨシ帯が存在しないことから、これらの地点では、北の庄沢などの周辺水域と類似した環境を有しているといえる。このことから、コイ科魚類の産卵はマイクロハビタット（微生物場所）の物理的な構造に大きく影響されると考えられ、西の湖本湖沿岸であっても、産卵に適した構造があれば繁殖可能であると推測される。

2.3.3 仔稚魚が確認されなかった地点

本調査では、全54地点のうち仔稚魚が確認されなかった調査地点が21地点もあった（図2-7）。St. 2～5, 7, 8はいずれも長命寺川に面した調査地点で、特にSt. 2, 5は、水深が深く、コンクリート張りの河岸で仔稚魚の隠れ場となる構造物もなかった。また、St. 7, 8, 29, 43は西の湖と長命寺川の境界部に位置する。これらの地点の湖底は泥深い場所が多いため、オオクチバスやブルーギルの産卵に向かないと考えられる。これらの地点に、コイ科仔稚魚が出現しないことについては明確な理由がないが、比較的西の湖や長命寺に直接面して

いる場所が多く、開水面積が大きいことが共通した特徴である。

西の湖本湖沿岸のSt. 17, 18, 21, 23, 25～28, 30, 40, 46, 51では、仔稚魚が確認できなかった。このうちSt. 26～28は西の湖の南岸で、湖底は砂礫に覆われ、全調査地点中で最も硬く、環境条件が互いに似ていた。このような場所は、オオクチバスの産卵場所として適していると考えられる。実際、隣接するSt. 25では、多数のオオクチバス仔魚が確認されており、西の湖南岸もオオクチバスの産卵可能な地域だと推測される。ただ西の湖南岸は北岸に比べ浮葉植物のホテイアオイが多い。これは西の湖では北風の影響が強いことを示しており、北岸に比べ南岸は北からの風送流が強いことを示唆している。このことが、魚類仔稚魚の生息に影響を与えているのかも知れない。

St. 17, 18, 21, 23, 30はすべて西の湖南東部で、安土川と山本川が流入する湾状の地域に位置する。これら流入河川では仔稚魚が確認されている。にもかかわらず湾周辺を産卵環境として選択しない理由については、不明である。ただ、ヨシ帯が発達していないことや、堤防で閉鎖された地域であるため、泥の堆積が著しいことなどが湾周辺の特徴的な環境条件として考えられる。このような環境条件は、産卵および仔稚魚の育成のためには適していない可能性が高い。

平成18年度はのべ54地点で網羅的な調査を行ったが、調査時期がオオクチバスの産卵期とほぼ同時期で、ブルーギルの産卵期には早かった。そのため、平成19年度は典型的なマイクロハビタットに限定し、魚類の繁殖環境が季節的にどのように変動するかの調査を予定している。これらの調査を行うことで、在来魚が繁殖しやすく、外来魚が繁殖しにくい環境構造を明らかにすることができると考えられる。

3. 寒地性湿性植物の分布と温度要因解析

琵琶湖とその周辺の植物相の特徴は、①亜熱帯～暖温帯の海岸要素であるタブノキの分布（北村，1968）、②海浜植物の分布（北村，1968；藤井，1994）、③水生植物の豊富さ（角野，1991）、④氾濫原性植物の集中分布（梅原他，1988；梅原・栗林，1991；藤井，1994）、⑤寒地性植物の分布（Kokawa，1961；玉城他，1969；千葉，1992；藤井，1998；藤井他，1999；藤井他，2000；藤井他，2007）が挙げられる。

これらの植物群は琵琶湖の自然史を考える上で重要な意味を持つだけでなく、琵琶湖沿岸の主要な群落や植生帯を形成する植物を数多く含んでおり、生態系

の構成要素としても無視できない存在である。これらの植物群を保全することは、琵琶湖の生物多様性やその固有性の保全に資するとともに、湖沼生態系の安定的な維持にも繋がると考えられる。

保全手法の策定には、これらの植物群が生育している要因についての解明が不可欠である。例えば、琵琶湖岸に卓越する砂浜環境と海浜植物の関係、大規模水塊の存在と冬季の低温緩和との関係、大型湖沼が持つ湖岸環境の多様性と水生植物の豊富さの関係、大規模水系における多様な攪乱環境の存在と汎濫原性植物の集中分布との関係などを想起することは可能だが、それらの因果関係が科学的に検証できればより効率的な保全策を立案することが可能になるであろう。

琵琶湖周辺で寒冷地性の植物種が数多く見いだされることが認識されたのは比較的新しく、1990年代の後半以降である（藤井・西川，2005；藤井，2006）。なかでも、藤井他（1999）および藤井他（2007）によるヤナギトラノオとツルスゲの発見は、琵琶湖の植物相研究史上でも特筆すべきものであるが、両種とも沿岸の内湖環境に限って生育することは興味深い。藤井・西川（2005）および藤井（2006）によれば、本湖よりも内湖に多くの寒冷地性植物が見いだされている。また、一部の内湖における詳細な分布調査では、これらの植物群について微視的なホットスポットの存在が示唆されている。

植物の分布を規定する要因には物理的環境要因と生物的環境要因の2つがあり、さらにそれらの要因に地史的な変遷（あるいは持続性）を加味して考える必要がある。しかし、物理的環境要因一つとってみても、日照、温度、水分、養分、地形・地質、攪乱の程度や頻度など様々な要素を考慮する必要があり、実際に分布を規定している要因の特定やそのメカニズムを明らかにすることは容易ではない。

本研究は、物理的環境要因として土壌温度に注目し、内湖における寒冷地性湿性植物の分布に土壌温度がどのように関係しているかを明らかにすることを目的とした。とくに、夏季の低温性と恒温性から寒地性植物種の分布様式をどの程度説明可能かを検討する。

3.1 調査場所および方法

3.1.1 調査地

琵琶湖沿岸の以下の3内湖に設定した。

- ・高島市今津町浜分沼
- ・近江八幡市・安土町西の湖
- ・彦根市曾根沼

3.1.2 土壌温度の計測

水温データロガーを上記の3内湖に設置し、以下の要領で土壌温度を測定した。

・使用機器：水温データロガー StoeAway TidbiT Temp Logger v1 (TBI32-20+50)

計測温度範囲：-20 ～ +50℃

計測精度：測定誤差は最大で約0.3℃（使用温度条件によって誤差は変化する）

・地下約10cmの地面に埋設

・2時間毎に計測（0時，2時，4時，6時，8時，…，20時，22時）

・計測地点 合計：57地点

高島市今津町浜分沼：14地点（図3-1）

近江八幡市安土町西の湖：29地点（図3-2）

彦根市曾根沼：14地点（図3-3）

・計測期間

浜分沼：2006年7月30日－12月30日

（7月28日設置，12月30日回収）

西の湖：2006年7月30日－12月16日

（7月29日設置，12月16日回収）

曾根沼：2006年7月30日－12月30日

（7月28日設置，12月30日回収）

・機器作動確認および保安のための巡回

浜分沼：2006年8月29日，9月23日，11月3日，11月17日，12月2日

西の湖：2006年8月29日，9月14日，9月23日，10月22日

曾根沼：2006年8月29日，9月14日，10月22日

・計測環境の概要

裸地：西の湖2地点（対照地点，非過湿環境）

湿地：47地点

水際：浜分沼2地点，西の湖2地点，曾根沼3地点

流水中：浜分沼1地点（流入水路）

3.1.3 土壌温度計測地点周囲の湿性植物

寒地性植物とその他の主な湿性植物種の3内湖における分布について、以下の要領で調査を行った。

計測点を中心に半径約1.5mの範囲に生育する主要な植物種、寒地性湿性植物（ツルスゲ、オオマルバノホロシ等）の有無、その他の主な湿性植物種（ナガバノウナギツカミ、ノウルシ等）の有無を調査した。（表3-1～表3-3）。

3.2 土壌温度の季節変化

高島市今津町浜分沼で12地点、近江八幡市・安土町西の湖で26地点、彦根市曾根沼で14地点、合計52地点のデータロガーを回収した。残り5地点については、調査期間中に消失した。対照のために非過湿環境の裸地

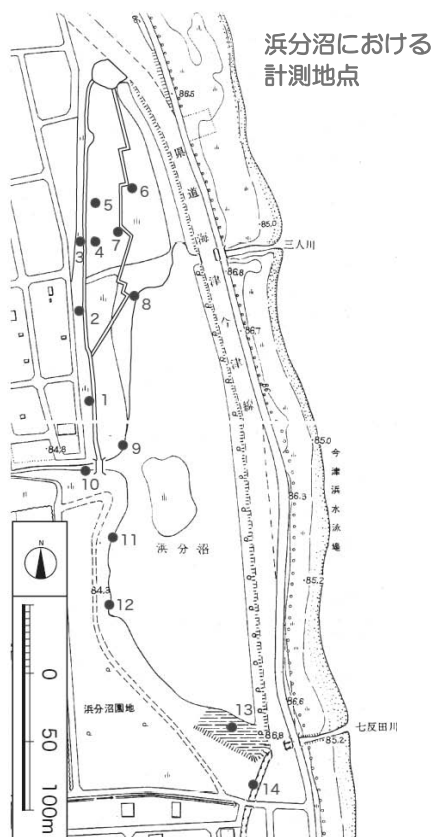


図3-1 浜分沼の計測地点

西の湖における土壌温度計測地点

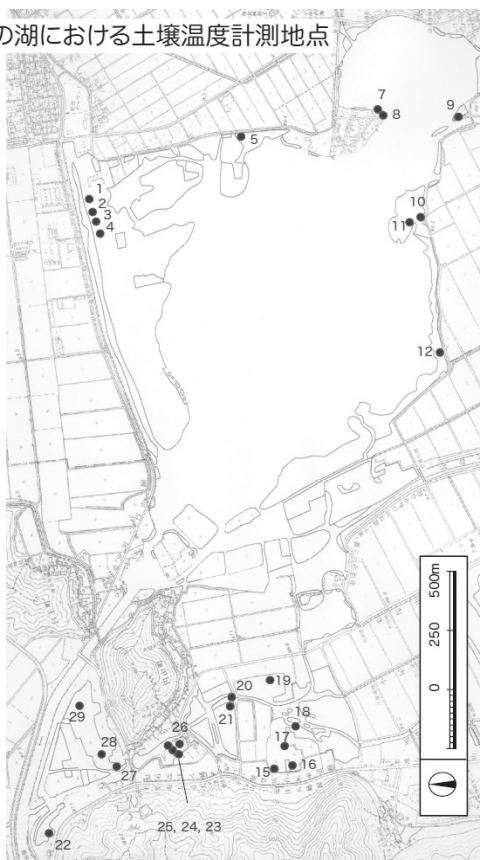


図3-2 西の湖の計測地点

曽根沼における土壌温度計測地点



図3-3 曽根沼の計測地点

に設置したN07（陰地）とN08（陽地）では、ともに極大値と格差が大きい（表3-4）。H11（浜分沼）では極大値と格差の両方が大きい値を示した（表3-4）が、これは人為攪乱によってデータロガーが地表面に露出状態であったためと考えられる。また、S13（曽根沼）では極大値と格差とも大きい（表3-4）、これは土壤浸食によってデータロガーが土壤中の空洞に露出していたためと考えられる。これら2地点を除くと、水湿地の土壤温度特性は対照とした陽光裸地（N08）に比べて極大値も格差も小さい（表3-5）。ただし、日陰裸地（N07）と比べた場合には極大値と格差の点からは明瞭な差はない。

過湿環境（H11, N07, N08, S13の4地点を除いた他の計測地点）における土壌温度の季節変化の概要は次の通りであった。3内湖の水湿地土壌温度は、8月で最も高く、それ以降は12月まで次第に低下した。

なお、7月末の低温は、多量の降雨と水位上昇で、データロガー設置地点の大部分が冠水したためと思われる、水位低下とともに数日後には温度が上昇した。

3内湖のほぼ共通したパターンとして、9/20前後の低温期、9/8頃の低温期とその直後の高温期、9/15前後の低温期と9/20前後の高温期、10/5前後の高温期などの変動の動きを読み取ることができる（図3-4～図3-6）。

日較差は高温期（8-9月）に顕著で、低温期（11-12

表3-1 浜分沼における主な湿性植物の分布地点

種名	H01	H02	H03	H04	H05	H06	H07	H08	H09	H10	H11	H12	H13	H14
ホソバノウナギツカミ														
ナガバノウナギツカミ														
シロバナサクラタデ														
サデクサ														
ミズオトギリ														
ミズタガラシ														
ハンゲショウ														
タコノアシ														
ノウルシ														
シロネ														
イヌゴマ														
マツカサススキ														
ドクゼリ														
ヌマゼリ														
ヤナギトラノオ														
クサレダマ														
コバノカモメヅル														
ヒメナミキ														
オオマルバノホロシ														
ツルスゲ														
オニナルコスゲ														
出現種数	2	3	0	2	4	3	2	2	2	0	1	3	1	0
寒地性植物の種類数	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0

表3-3 曽根沼における主な湿性植物の分布地点

種名	S01	S02	S03	S04	S05	S06	S07	S08	S09	S10	S11	S12	S13	S14
ホソバノウナギツカミ														
ナガバノウナギツカミ														
シロバナサクラタデ														
サデクサ														
ミズオトギリ														
ミズタガラシ														
ハンゲショウ														
タコノアシ														
ノウルシ														
シロネ														
イヌゴマ														
マツカサススキ														
ドクゼリ														
ヌマゼリ														
ヤナギトラノオ														
クサレダマ														
コバノカモメヅル														
ヒメナミキ														
オオマルバノホロシ														
ツルスゲ														
オニナルコスゲ														
出現種数	5	8	5	3	4	4	2	3	3	0	0	0	1	2
寒地性植物の種類数	1	4	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1

表3-2 西の湖における主な湿性植物の分布地点

種名		N01	N02	N03	N04	N05	N07	N08	N09	N10	N11	N12	N15	N16	N17	N18	N19	N20	N21	N22	N23	N24	N25	N26	N27	N28	N29	N30	N31	N32	
非寒地性植物	ホソバノウナギツカミ																														
	ナガバノウナギツカミ																														
	シロバナサクラタデ																														
	サデクサ																														
	ミズオトギリ																														
	ミズタガラシ																														
	ハンゲショウ																														
	タコノアシ																														
	ノウルシ																														
	シロネ																														
寒地性植物	イヌゴマ																														
	マツカサススキ																														
	ドクゼリ																														
	ヌマゼリ																														
	ヤナギトラノオ																														
	クサレダマ																														
	コバノカモメヅル																														
	ヒメナミキ																														
	オオマルバノホロシ																														
	ツルスゲ																														
オニナルコスゲ																															
出現種数		0	3	4	1	1	0	0	0	1	0	0	2	5	1	3	2	5	1	5	3	6	6	2	4	3	2	4	2	3	5
寒地性植物の種類数		0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	2	0	1	1	3	3	0	2	1	2	2	0	1	3

月)には小さくなる。11月-12月は1週間-10日間程度の周期で土壌温度の上下動が認められるが、8月-10月はそのような変動パターンは顕著ではない。ただし、これらの変動パターンは、高温で日較差の大きい地点では明瞭だが、低温で日較差の小さな地点では不明瞭である。

3.3 8月の土壌温度における3内湖の違い

8月の土壌温度について解析した結果、浜分沼が他の2内湖に比べて有意に低温であった(表3-6)。また、変動係数については、曽根沼が有意に小さい値を示

表3-4 西の湖の対照地点における土壌濃度の極値

	日陰裸地(地点N07)	陽光裸地(地点N08)
極大値	29.56℃	37.35℃
極小値	5.32℃	6.21℃
格差	24.24℃	31.14℃

表3-5 3内湖の湿性環境における土壌濃度の極値

	浜分沼	西の湖	曽根沼
極大値	33.61℃(地点H11)	29.87℃(地点N27)	35.15℃(地点S13)
極小値	5.86℃(地点H07)	5.69℃(地点N26)	4.59℃(地点S13)
格差最大値	25.32℃(地点H11)	23.12℃(地点N27)	30.56℃(地点S13)
格差最小値	12.26℃(地点H03)	17.05℃(地点N23)	16.96℃(地点S01)

し、浜分沼は有意に大きな値を示した(表3-7)。

つまり、8月の土壌温度に関しては、浜分沼は低温で温度変化の大きな内湖、曽根沼は温度変化の小さな内湖、西の湖は明瞭な特徴を持たない内湖といえる。

3.4 寒地性植物種の分布

平成18年度の調査によって若干の追加知見はあったものの、藤井(2006)の報告をほぼ再確認することになった。すなわち、浜分沼北西部、西の湖西端部、曽根沼南西半島部の各地点が、寒地性植物種(ヌマゼリ、クサレダマ、ヤナギトラノオ、ツルスゲ)のホットスポットとして認識された。ただし、コバノカモメヅル、ヒメナミキ、オオマルバノホロシ、オニナルコスゲについては、明瞭なホットスポットを見いだすことはできなかった。

3.5 土壌温度と寒地性植物種の分布

寒地性植物9種と非寒地性植物10種それぞれの生育地点の8月の土壌温度について検討した結果、寒地性種のヤナギトラノオが低温地点に、寒地性種のヌマゼリと

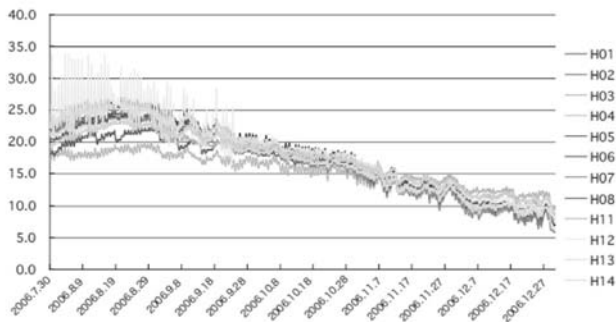


図3-4 浜分沼の土壌温度変化

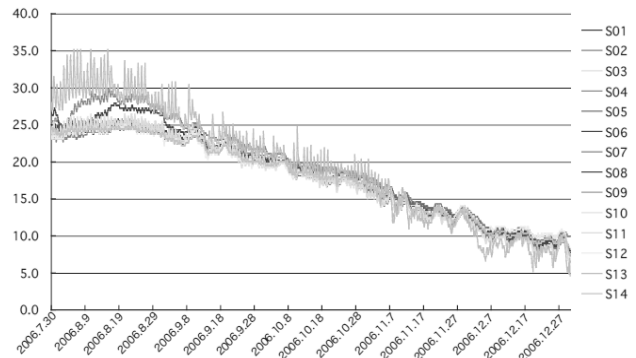


図3-6 曽根沼の土壌温度変化

上：2006年7月～12月、下：2006年8月

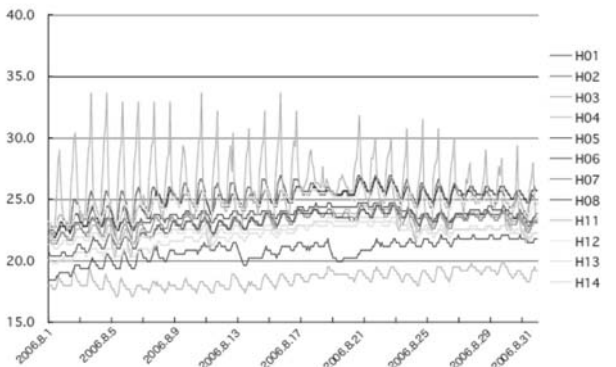


図3-5 西の湖の土壌温度変化

上：2006年7月～12月、下：2006年8月

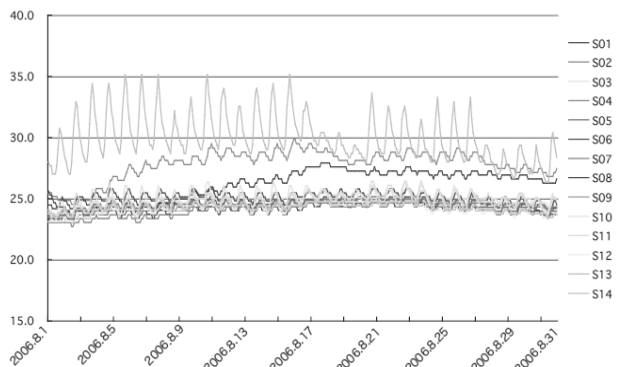


表3-6 内湖間の8月平均土壌温度についてのU検定の結果

他地点との比較	
浜分沼	p<0.01
西の湖	ns
曽根沼	ns

表3-7 内湖間の8月土壌温度の変動係数についてのU検定の結果

他地点との比較	
浜分沼	p<0.05
西の湖	ns
曽根沼	p<0.01

表3-8 各寒地性湿生植物についてのU検定の結果

	和名	8月の平均土壌温度	変動係数
非寒地性種	ホソバノウナギツカミ	ns	ns
	ナガバノウナギツカミ	ns	ns
	シロバナサクラタデ	ns	ns
	サデクサ	ns	ns
	ミスオトギリ	ns	ns
	ハンゲショウ	ns	p<0.01
	タヨノアシ	ns	ns
	シロネ	ns	ns
	イヌゴマ	ns	ns
	スマゼリ	ns	p<0.05
寒地性種	ヤナギトランポ	p<0.05	ns
	クサレタマ	ns	ns
	コバノカモメヅル	ns	ns
	ヒメナミキ	ns	ns
	オオマルバノホロシ	ns	ns
	ツルスゲ	ns	ns

非寒地性種のハンゲショウが変動係数の小さい地点に生育することが明らかになった（表3-8）。他の種については温度と有意な関係は得られなかった。

3.6 ホットスポットと土壤温度の分布

寒地性植物が集中分布する浜分沼北西部、西の湖西端部、曾根沼南西半島部について、その地域の土壤温度を同一内湖の周辺地域と比較した。その結果、いずれの内湖においても、ホットスポット地域の土壤温度の8月平均値および変動係数に有意な差はなかった（U検定、 $P > 0.05$ ）。

3.7 まとめ

今回の調査から、ヤナギトラノオの生育地点が低温であることとヌマゼリの生育地点が恒温であることが明らかになったが、他の寒地性種では温度との相関を見いだすことはできなかった。また、ホットスポットとみなしうる地域の温度については、同一内湖の周辺他地域との差を認めることができなかった。今回の解析は8月の高温期のみの検討ではあるが、内湖に生育する寒地性植物種の分布と土壤温度については明瞭な相関は見いだせず、このことは寒地性植物種の生育条件として、土壤温度は必ずしも重要ではないことを示唆している。

一方、内湖の土壤温度は場所によってその特性が大きく異なること、浜分沼のような低温特性を持つ内湖、曾根沼のような恒温特性を持つ内湖の存在が明らかになった。また、8月中の変動幅は1.3～6.0℃と計測地点によって大きく異なることや、8月平均値で最大9.3℃もの格差が存在している。寒地性植物種の分布にはさほど重要でないかも知れないが、こうした土壤温度特性をもたらし要因の解明は内湖自体の環境特性の理解と把握に資すると考えられるので、今後の継続的な調査が望まれる。

4. 西の湖における航空3次元計測による微地形と貴重植物の分布解析

琵琶湖やその周辺には貴重な植物群が現存しており、生物多様性保全の面から、保全および生育地の復元が望まれている。これらの植物はいわゆる原野の植物であり、いずれも琵琶湖および内湖周辺の低湿地を本来の生育地とする。かつてはそのような低湿地は琵琶湖周辺の各地に存在したが、各種の開発や農業様態の変化によって姿を変えつつある。琵琶湖湖岸や内湖周辺の植物の生育環境として、重要なのは水環境である。土

壤の乾湿や冠水頻度などが湿地植物の存否を決めている。

貴重植物を保全あるいは修復・復元するためには、その植物の生育に適した環境条件を継続しあるいは整備する必要がある。植物にとって重要なこれら乾湿や冠水頻度などの環境条件は、概略として水面あるいは地下水面からの水位と連動して変化している。また、琵琶湖においては水位が精緻に制御されており、琵琶湖と連続している周辺内湖の水位もそれに連動しているから、この地域の湿地植物の生育環境の説明要因として地表面のある広がりを持つ土地の地表高を把握する手法として、航空測量がある。最近のデジタル技術の発達によって、細かい分解能で上空からみた地面の表面の標高を把握することが可能であるといわれている。そこで、平成18年2月に、多様な貴重植物が生育する西の湖周辺で航空3次元測量を行なった。しかし、この標高データには、航空測量実施日の琵琶湖の水位より低い地表高データがあり、現実にはあり得ないデータが含まれていることが判明した。通常の地図作成などにおいて航空測量が採用される場合は、縮尺は高々数100分の1程度であり問題は生じないが、生育分布地が極めて局地的な貴重植物の分布解析に適用するためには、さらに標高データの精査が必要と判断された。

また、航空3次元測量によって得られる標高は、地表の物体の表面において測定されたものである。裸地の場合は、表面高がそのまま地表高となるが、ヨシその他の植物が存在する場所では地表高から植物群落表面までの様々な高さを含んでいる。したがって、航空3次元測量の素データを機械的に用いると、不正確な解析となる。そこで、平成18年度は、航空3次元測量の素データに含まれるいわゆるノイズの除去手法を検討し、植物の高さを取り除いた精査された地表高を獲得した後、貴重植物の生息地の分布解析を行った。

4.1 地表高データの取得

航空3次元測量の基礎に用いた写真は、平成18年2月22日に撮影されたもので、撮影縮尺は1/5,000である。

地表高を得るための作業の流れを図4-1に示す。撮影された航空写真フィルムを解像度1270dpiでスキャナーで読み取りデジタル化した。地上解像度は約10cmである。現地での緯度経度測量を行い写真の位置評定を行い、空中三角測量によってx、y、zの三次元の値をもったポイントを抽出しシェープファイルを得た。さらに近傍のポイント間の表層高の平均値を用いて1mメッシュの数値表層モデル（DSM）として測量業者より納品された。ただし、このDSMそのままでは前述したように

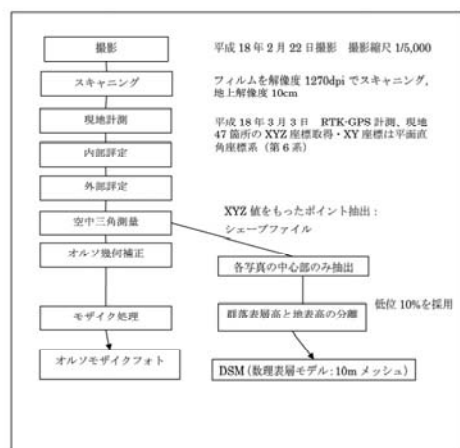


図4-1 地形データ取得と調整のフローチャート

植物との分布解析には適していないことが判明したので、今年度は、シェープファイルに戻って以下の作業を行い、データからノイズを取り除いた。

4.2 航空3次元計測

4.2.1 ノイズの除去

すなわち、写真撮影時の水位よりも表層高が低い場所が混在している点について、その位置を地図上で点検した。その結果、各航空写真と他の航空写真のつながり目付近に分布することが明らかになったため、航空写真の中心部を用いて求められたポイントデータのみを抽出した。解析に用いる写真の範囲は写真の重なりによって異なるが、辺長に対する割合で中心部の約60%～75%である。

4.2.2 地表高と植物群落表層高の分離

航空写真によって測量された標高は、地表を覆う物体の表面の高さである。したがって、ヨシ原など植物が存在する場所では、地表高から植物体の最上層までの様々な高さが混在している。そこで、近傍におけるこれらの下限付近の値を抽出して地表高の数値モデルDSMを作成した。すなわち、10mメッシュを用いて、各メッシュに含まれる表層ポイントデータの頻度分布を求め、低位側から積算して10%を超えた高さをもって地表高に相当すると考えた。

最低の高さを採らなかったのは、前述の水位よりも低いノイズと思われる値が紛れ込む確率を小さくするためである。また、10mメッシュとしたのは、高さの頻度分布を求めるためにはある程度以上の数のポイントデータが必要となるためである。メッシュあたりのポイントデータ数の平均は34ポイント、最小は11、最大は103であった。

4.2.3 貴重植物の分布資料および分布解析

植物の分布資料として、滋賀県が、平成13～16年度に実施したプロジェクト研究「内湖の生物多様性維持機構の解明」のサブプロジェクト研究「水生生物からみた内湖の生物多様性の解析」によって作成された西の湖周辺に生育する貴重植物の分布データを使用した。

西の湖周辺に生育する43種の注目植物の分布データの中から、群落を形成しているクサレダマ、ノウルシ、タコノアシ、オニナルコスゲ、コバノカモメヅル計5種の貴重種について微地形との関係を調べた。この5種の分布図はGISを用いてデジタルデータ化し、表層高ポイントデータとの重ね合わせ（オーバーレイ解析）により貴重植物の分布する微地形を把握した。

微地形と貴重植物との解析には、ESRI社のArc/Info ver. 8.3とERDAS Imagine ver. 8.7および Visual Basic 6.0を用いて作成したプログラムを用いた。

4.3 結果

幾何補正して貼り合わせた西の湖およびその周辺の航空写真を図4-2に、また、今回入手できた昭和20年4月に米軍により撮影された航空写真を図4-3に示す。2つの図を比較すると、かつての西の湖は、大中の湖と広く繋がっていたことが分かる。西の湖の北東部もかつては小中の湖と繋がっていた。これらの大面積の湖が干拓され、その結果として現在のような独立した水面としての西の湖が形成されたのである。各種の生物にとって、現在の西の湖の環境はこのような変化を受けた後の状態にあることが再確認できる。

一方、西の湖およびその周辺についてみれば水際線や水路の形状はやや単純化しているが、多くは以前の位置にあり、過去の様態をかなりの程度保持しているといえる。



図4-2 オルソ幾何補正済みの西の湖周辺の航空写真



図4-3 昭和20年4月の西の湖の航空写真

また、西の湖の北東側に存在するヨシ原は、かつては湖中に張り出した砂州で、現在では陸地に接しているために単なる湖岸と誤って認識してしまうが、過去の内湖の姿を保持している重要な場所であることが再確認できる。

4.3.1 地表高による標高図と地表高の頻度分布

ノイズを除き、10mメッシュ毎に低位10%に相当する

標高を地表高として描いたのが図4-4である。西の湖の北側および北東側に標高の低い地域が存在する。この地域は、琵琶湖の基準水位（B. S. L±0m＝東京湾中等水位+84.371m）よりも低い、ポンプにより人工排水されている。図4-5では、この地域に多い標高83.5m以下を除外して、標高83.5mから87.5mまでの標高を塗り分けている。地表高が得られた総メッシュ数40263から標高83.5m以下を除くと、この範囲に属するメッシュ数の総数は32084であり、総面積は320haとなる。琵琶湖の水位は、現在、基準水位±0.3mの範囲内で制御されている。標高別のメッシュ数を表4-1および図4-6に示す。最もメッシュ数が多いのは標高85.0m付近である。この標高は、1992年に制定された瀬田川洗堰操作規則による琵琶湖の調節水位の上限であるB. S. L+0.3m上に相当する。水位調節の上限より1m以上高い85.7m以上のメッシュは合わせて3400弱、約34haで、塗り分けられた部分の約11%にすぎない。調節水位の上限よりもわずかに高い標高に、多くの土地が分布していることが分かる。

操作規則で調節される水位の調節範囲内に含まれる



図4-4 地表高を用いた標高分布図

表4-1 地表高別メッシュ数とその割合

(最低位の標高83.5mは大中干拓地でポンプ排水されている。メッシュは10m。全メッシュ数は40,263である。)

地表高m	メッシュ数 (%)	地表高m	メッシュ数 (%)	地表高m	メッシュ数 (%)	地表高m	メッシュ数 (%)	地表高m	メッシュ数 (%)
		84.0 ~	890 (2.2)	85.0 ~	3078 (7.6)	86.0 ~	335 (0.8)	87.0 ~	99 (0.2)
		84.1 ~	868 (2.2)	85.1 ~	3919 (9.7)	86.1 ~	289 (0.7)	87.1 ~	86 (0.2)
		84.2 ~	965 (2.4)	85.2 ~	2728 (6.8)	86.2 ~	213 (0.5)	87.2 ~	62 (0.2)
		84.3 ~	1159 (2.9)	85.3 ~	1201 (3.0)	86.3 ~	218 (0.5)	87.3 ~	51 (0.1)
		84.4 ~	1417 (3.5)	85.4 ~	1006 (2.5)	86.4 ~	214 (0.5)	87.4 ~	3 (0.0)
83.5 ~	8179 (20.3)	84.5 ~	1738 (4.3)	85.5 ~	800 (2.0)	86.5 ~	166 (0.4)		
83.6 ~	270 (0.7)	84.6 ~	1736 (4.3)	85.6 ~	605 (1.5)	86.6 ~	155 (0.4)		
83.7 ~	287 (0.7)	84.7 ~	1452 (3.6)	85.7 ~	411 (1.0)	86.7 ~	142 (0.4)		
83.8 ~	285 (0.7)	84.8 ~	1541 (3.8)	85.8 ~	320 (0.8)	86.8 ~	138 (0.3)		
83.9 ~	453 (1.1)	84.9 ~	2313 (5.7)	85.9 ~	356 (0.9)	86.9 ~	115 (0.3)		

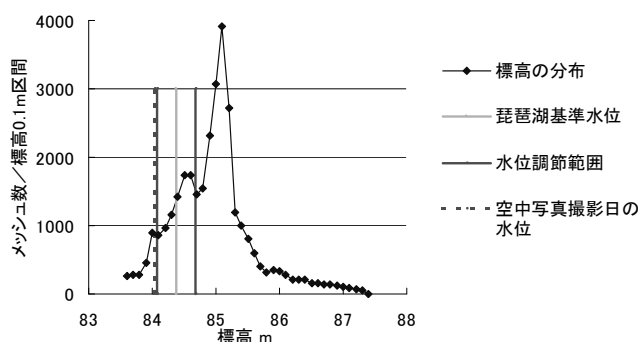


図4-5 地表高別のメッシュ数の分布と琵琶湖の基準水位との関係

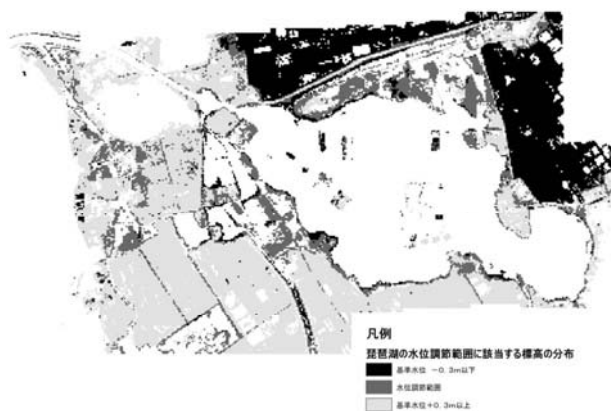


図4-6 琵琶湖の水位調節範囲(基準水位±0.3m)の標高に該当するメッシュ

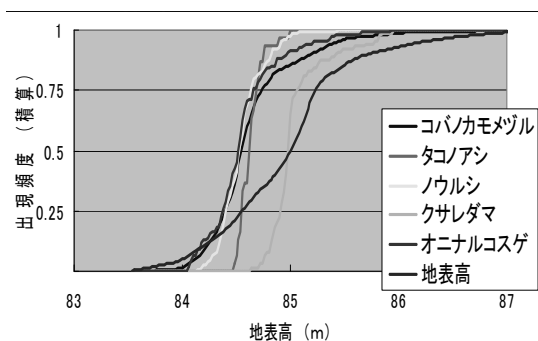


図4-7 地表高と貴重植物の出現頻度との関係

標高地の分布を示したのが図4-6である。この標高範囲の土地は、季節によって冠水と陸化を繰り返しており、西の湖北岸のヨシ原や北西の延命寺川流出部付近などにまとまって存在する。水位調節範囲に相当する84.1m～84.7mのメッシュは約7900で、西の湖周辺部では約80haである。標高別のメッシュ数の分布において、ピークが二つあり、二峰性が認められる。標高が高い側のピークは、水位調節範囲上限付近から急激にメッシュ数が増加する。このような土地標高の分布と対応して水位の上限が定まっているということであろう。

4.3.2 地表高からみた貴重植物の分布状況

図4-7に主要な貴重植物の生育地の地表高の分布を示す。各貴重植物の生育場所に対応するメッシュの総数を1とした場合の地表高の頻度分布を表している。この地域の全メッシュの地表高分布も併せて示す。全メッシュの地表高分布と比較して、それぞれの植物の生育メッシュの分布が偏っている。

すなわち、その植物の生育地が特定の地表高に結びついており、それぞれのメッシュの地表高と水位との差によって生じる植物に対する水分環境のちがいに応じて植物が生育していることの反映と思われる。

植物を相互に比較すると、もっとも分布地表高が高いのは、クサレダマで、ついでタコノアシだった。この両種は分布地の地表高が高いと同時に、分布範囲が比較的狭い区間に限定されている。この2種に比べ、コバノカモメヅル、ノウルシ、オニナルコスゲは、分布地が相対的に低位置にある。また、分布範囲がやや広い区間に亘っている。

4.3.3 貴重植物の生育可能域および生育適地

前述したように、植物の分布範囲が特定の地表高区間に偏っていることから、その区間がそれぞれの植物にとっての生育可能地あるいは生育の適地であると考えられる。

表4-2 貴重植物が分布する標高の範囲

貴重植物	分布標高 m				25%と75%の 標高差
	下限10%	下限25%	上限75%	上限90%	
オニナルコスゲ	84.18	84.38	84.64	84.96	0.26
コバノカモメヅル	84.24	84.40	84.72	85.18	0.32
ノウルシ	84.34	84.40	84.64	84.80	0.24
タコノアシ	84.52	84.56	84.68	84.74	0.12
クサレダマ	84.82	84.92	85.04	85.47	0.12

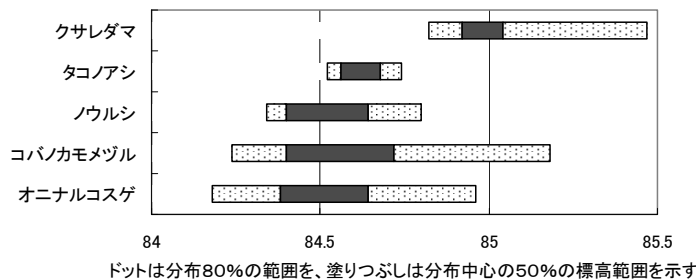


図4-8 貴重植物が生育する地表高の範囲

そこで、各植物が生育していた地表高分布の上下各10%の標高を除外した80%区間、および上下各25%を除外した中心部50%の区間に対応する地表高を算出した。80%の生育地を含む地表高区間は生育可能域、50%区間は生育中心域であることから生育適地と考えられる。各植物の地表高区間を表4-2および図4-8に示す。クサレダマの生育適地は、他の4種よりも高位置にある。各植物の中心50%の生育地に対応する地表高の差は、最も大きなコバノカモメヅルでも0.3mであり、タコノアシやクサレダマではわずかに0.1mである。これらの植物が水位との関係において極めて限られた範囲に限定して生育していることが明らかになった。また、オニナルコスゲ、コバノカモメヅル、ノウルシ、タコノアシの50%区間は、ほぼ琵琶湖の水位調節範囲と重なっている。すなわち、これらの植物は、季節によって湛水と陸化を繰り返す極めて湿潤な土地を生育地としていることが明らかになった。

4.4 潜在生育適地地図の作成

主要な貴重植物の生育地の地表高分布が明らかになったので、その関係を用いて各植物の潜在的な生育可能地あるいは生育適地を地図化した。すなわち、現存する各植物の分布地が属する地表高分布の80%を含む区間に対応する地表高のメッシュを潜在的な生育可能地、中心部80%の区間を潜在的な生育適地として、現実の植物の在否とは無関係に抽出した。このような図を作成することは、今後の保全計画や修復・復元計画

に有用である。

オニナルコスゲ、コバノカモメヅル、ノウルシ、タコノアシ、クサレダマの5種について作成された図が、図4-9～図4-13である。抽出された生育可能地および生育適地のメッシュ数を表4-3に示す。生育適地に該当するメッシュ数は、植物によって異なるが2000～5000程度である。面積として20～50ha存在する。もちろん現実には大部分の土地は農地等として利用されているが、対象地に対する面積割合としてみれば、5～10数パーセントの土地が潜在的な生育適地といえる。

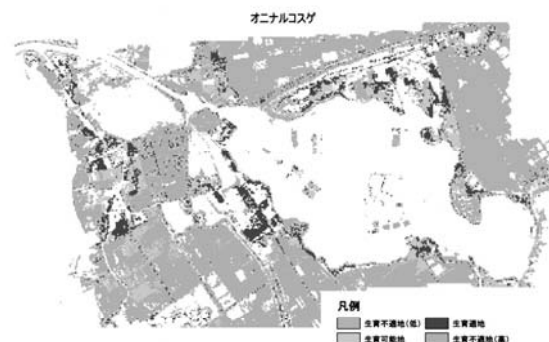


図4-9 オニナルコスゲの潜在的生育適地

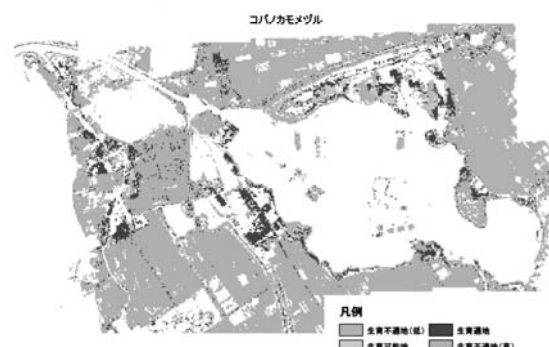


図4-10 コバノカモメヅルの潜在的生育適地

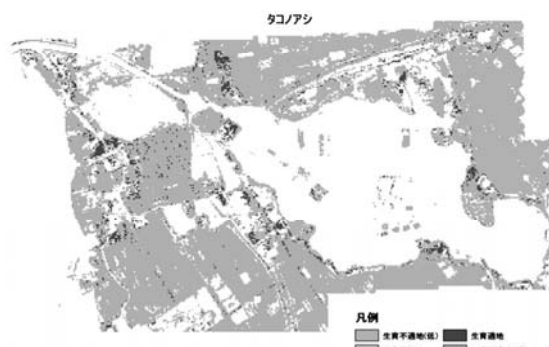


図4-11 タコノアシの潜在的生育適地



図4-12 クサレダマの潜在的生育適地

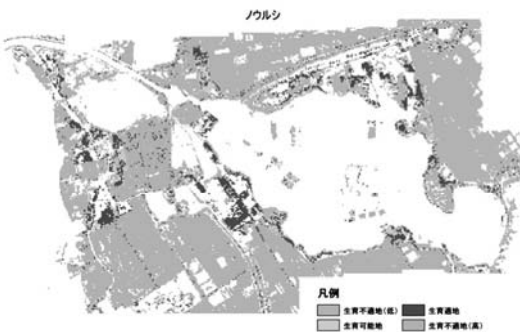


図4-13 ノウルシの潜在的生育適地

表4-3 貴重植物の生育適地および生育可能地のメッシュ数およびその割合（メッシュサイズは10m、メッシュ総数は38,046）

貴重植物	生育適地		生育可能地	
	分布中心50%のメッシュ数 と全域に対する割合		分布の80%のメッシュ数と 全域に対する割合	
オニナルコスゲ	4226	(11.1 %)	5256	(13.8 %)
コバノカモメヅル	5256	(13.8 %)	18746	(49.3 %)
ノウルシ	3954	(10.4 %)	7114	(18.7 %)
タコノアシ	2090	(5.5 %)	3724	(9.8 %)
クサレダマ	3237	(8.5 %)	15004	(39.4 %)

5. ヨシの遺伝構造と繁殖特性

5.1 目的

短期的な保全対策措置としてのヨシの人為的導入は、保全生物学的観点から、自然再生事業が守るべき風土性の原則や変異性の原則に則って実施されることが望ましい。そのためには、全国スケールおよび琵琶湖地域スケールにおける保全単位、地域集団の遺伝的多様性、遺伝的多様性が繁殖や更新に及ぼす生態的影響等についての情報が必要である。そこで平成18年度には、国内におけるヨシ集団の地理構造、各地域集団

の遺伝的分化の程度、自家和合性や外交配弱勢、および、集団内の遺伝的多様性と自然結実率の関係に関する研究を行った。

5.2 方法

5.2.1 遺伝分析

北海道から九州までの全国14集団（北海道釧路湿原、青森県鷹架沼、青森県岩木川、宮城県北上川、茨城県霞ヶ浦、茨城県渡良瀬遊水池、三重県揖斐長良川、滋賀県琵琶湖、京都府宇治大橋、岡山県阿部池、米子水鳥公園、山口県きさら浜、福岡県筑後川、佐賀県六角川；図5-1）で採取したそれぞれ24ラメット以上の葉試料からDNAを抽出した。マイクロサテライトマーカーを用いて5遺伝子座（*PaGT4*, 8, 9, 12, 16）について分析し、クローン判別を行った。AFLP法により169遺伝子座の分析を行い、遺伝距離や遺伝的分化に関する解析を行った。

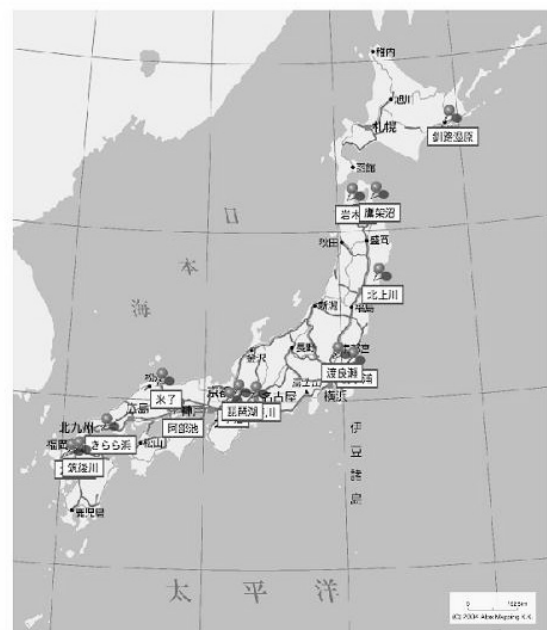


図5-1 国内の遺伝分析試料採取地点

5.2.2 繁殖特性調査

琵琶湖地域の中から、クローンの多様度が異なる8集団（浜分沼、五反田沼、エカイ沼、西の湖、彦根野田沼、曾根沼、堅田内湖、北沢沼）を選定し、自然結実率を測定した。同じ集団で自家受粉を行い、自家結実率を測定した。また、琵琶湖地域と地理的に最も近い採取地点である京都府宇治大橋集団の花粉を用いて他家受粉を行い、他家結実率を測定した。

5.3 結果

5.3.1 遺伝分析

国内ヨシ集団のクローン多様性を比較したところ、琵琶湖地域以外の集団はいずれも、琵琶湖地域で最もクローン多様性の高かった北沢沼集団より高いクローン多様性を示していた。

また、AFLPデータからAMOVA解析を行った結果、国内14集団に見られる遺伝的変異は86.5%が集団内、13.5%が集団間に見られた。花粉、種子ともに風散布であることを反映し、地域集団間の遺伝子交流は比較的大きいことが分かった。

全国スケールでは、地理的距離と遺伝距離に有意な相関があり、明瞭な地理構造を持っていた（図5-2）。

一方、琵琶湖とその周辺等といった地域レベルでは地理構造が不明瞭であるため、現時点では、地理的距離による保全単位の判断は危険であると考えられる。

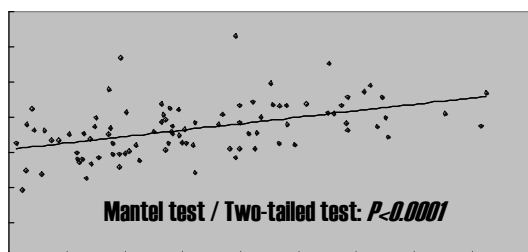


図5-2 国内14集団間における遺伝距離と地理的距離の関係

5.3.2 繁殖特性調査

袋かけ実験の結果、琵琶湖8集団の中に自家和合性の集団（浜分沼、エカイ沼、曾根沼、堅田内湖）と自家不和合性の集団（五反田沼、西の湖、彦根野田沼、北沢沼）が見られ、自家不和合性・自家和合性の程度は集団ごとに異なっていることが分かった（図5-3、図5-4）。自家和合性の集団では、自然結実率より自家結実率の方が高く、自然条件下では花粉不足が起きている可能性が示唆された（図5-3）。

宇治大橋集団と琵琶湖集団はAFLPの結果から遺伝的に有意に分化していた。自家和合性の集団では、他家結実率は自家結実率より低く、自家不和合性の集団では、他家結実率と自然結実率に有意差はなかった（図5-3、図5-4）。

これらのことから、琵琶湖地域集団と宇治集団の間で外交配弱勢が生じていると考えられた。琵琶湖淀川水系には少なくとも8倍体と10倍体が混在していることが分かっており、遺伝的分化の程度だけでなく、種内倍数性による交雑の制限や繁殖阻害が起こっている可能性も考えられる。

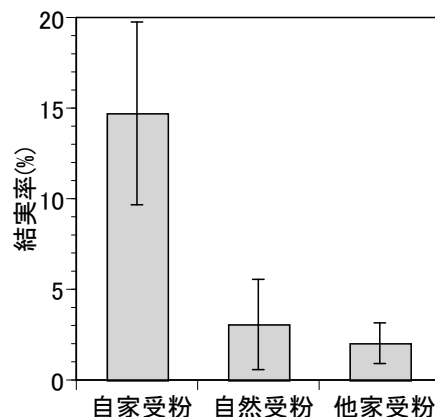


図5-3 自家和合性の集団における各結実率

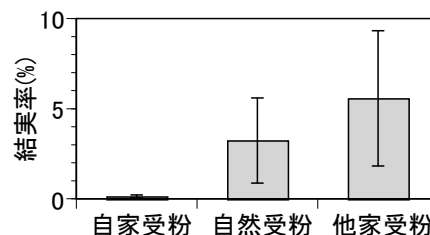


図5-4 自家不和合性の集団における各結実率

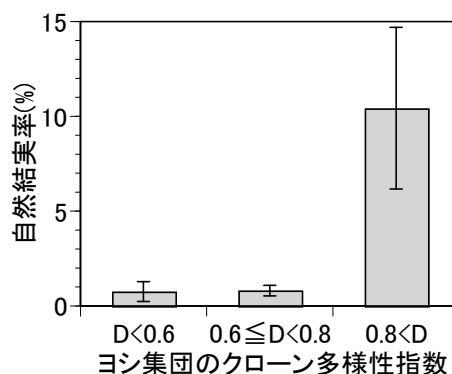


図5-5 集団のクローン多様性と結実率の関係

また、クローン多様性の高い集団で自然条件下の結実率が有意に高くなっていることが分かった（図5-5）。クローン多様性指数Dが0.8未満の集団における平均自然結実率は1%以下であった（図5-5）。

5.4 まとめ

- 1) 琵琶湖地域以外の国内ヨシ集団はいずれも高いクローン多様性を示していた。
- 2) AFLPデータからAMOVA解析を行った結果、花粉、種子ともに風散布であることを反映し、地域集団間の遺伝子交流は比較的大きいことが分かった。
- 3) 国内ヨシ集団についてAFLPデータによる解析を行ったところ、地理的距離と遺伝距離には有意な相関があり、明瞭な地理構造を持っていた。

- 4) 琵琶湖地域の8集団で自然受粉、自家受粉、他家受粉に関する袋け実験を行い、種子の稔性を調査した結果、自然条件下では花粉不足が起きていること、自家和合性の集団と自家不和合性の集団の両方が見られること、琵琶湖地域集団と宇治大橋集団の間で外交弱勢が生じていること等が分かった。
- 5) 遺伝的多様性の大小が結実率等に与える影響を明らかにするため、琵琶湖地域でクローンの多様度が異なる8集団で種子の稔性を調査した結果、クローン多様性が高い集団で有意に自然結実率が高く、クローン多様性が低い集団では有性繁殖の可能性が低下していることが明らかになった。

6. 近畿地方におけるタブノキ林の分布特性

日本の暖温帯域に成立する照葉樹林の優占種は、ブナ科のシイ・カシ類およびクスノキ科のタブノキに代表される。とりわけ沖積地を生育の中心とするタブノキは、シイ・カシ類にくらべて、人間の活動領域と重なって分布している。そのために現在、日本に成立するタブノキ林は、いわゆる社叢のような文化的事由によって残された小面積林分、海に浮かぶ島嶼、川辺近くに単木的に残存するなど、きわめて限られた面積でのみ成立する照葉樹林となっている。

世界的に見ると、照葉樹林は、ヒマラヤ山麓から中国南部、台湾を経て韓国南端に至る範囲に分布しており、日本の照葉樹林は分布北限に相当する。吉良

(1949)は、月平均気温5℃以上の月を植物が生育できる期間と考え、月平均気温から5℃を引いた値を積算し、1年間に必要な温度の積算値を温量指数（暖かさの指数、WI）とし日本の森林帯との関係を示している。

温量指数85-180は暖温帯として区分され、この範囲に照葉樹林は成立している。地域の植生が失われることにより、野生動物の生息面積は減少し、動物の局所的個体群の増加を招く一因になっていると考えられるが、日本の地域植生のなかでもタブノキを優占種とする森林はとくに孤立化が著しい。

本研究は、照葉樹林の中でもとくに断片化と孤立化が著しいタブノキ林に焦点をあて、近畿地方に断片的に分布するタブノキ林の分布とその現状を明らかにするために、植生学および保全生態学の視点から調査・研究を行った。

6.1 タブノキ林周辺の植生環境

近畿地方におけるタブノキ林の分布を図6-1に示す。各調査区の植生環境を第5回自然環境保全基礎調査資料（環境省生物多様性センター）から求めた。さらに開放水域（河川）から1km毎にバッファを発生させた。GIS図を基に、広域的な植生環境の指標として、調査地点から半径10kmにおける植生および土地利用面積とその比率を算出した（表6-1）。

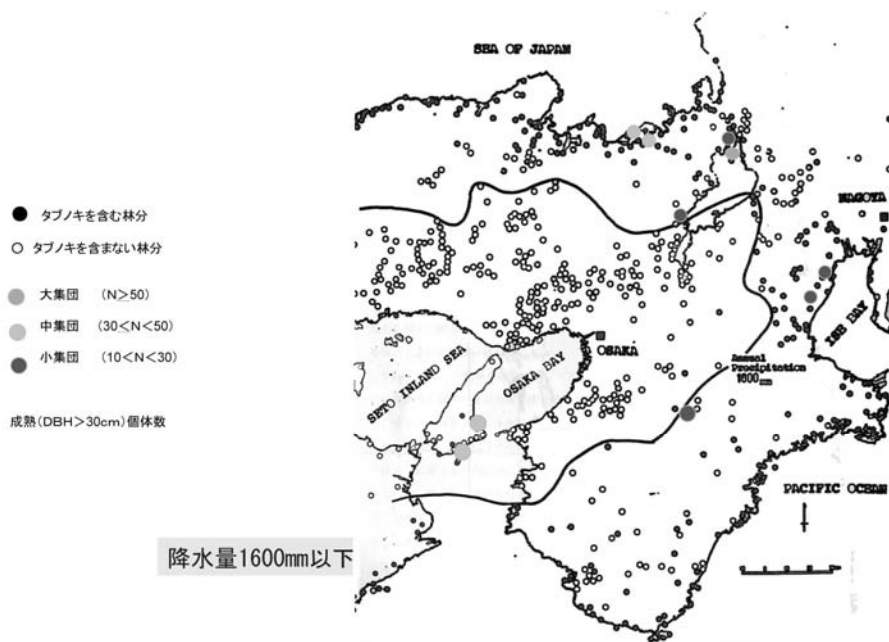


図6-1 近畿地方におけるタブノキ林の分布
(服部（1985）を改変）