

富士学会 2021 年秋季学術大会 講演要旨集

大会会長 増澤武弘

実行委員長 徳岡徹

2021. 11. 13

富士山森林限界は上昇した！—現在,過去,未来—

○崎尾均¹・増澤武弘² (¹Botanical Academy 新潟大学佐渡自然共生科学センター・²静岡大学防災総合センター)

森林限界とは、極域や高山に形成される森林の限界線で、ここでは、樹木は厳しい冬の強風や低温、乾燥による生存競争を行っている。このような生態系は気候変動の影響を受けやすいことがこれまでの研究で指摘されている。そこで、日本最高峰の富士山の森林限界の変化を1978年から2018年まで40年間追跡して、気候変動との関係を調べた。

1978年に富士山南東斜面の亜高山帯の森林から森林限界上部の裸地まで、長さ220m、幅10mの調査地を設定した。そして、その中に分布する樹高1.3m以上の全ての樹木の樹種・直径・樹高を記録した。また、最上部の裸地から森林限界までの区間の植被率も測定した。その後、再調査を1999年と2018年に行うとともに、新たに侵入した樹木の実生の定着を確認し、40年間の変化を把握した。

富士山の森林限界は、最上部が裸地で、下方に向かってパッチ状の草本植物（オンタデ・コタヌキラン・タイツリオウギ）、落葉広葉樹（ミヤマハノキ・ミヤマナギ）の低木林、カラマツの低木林から高木林、亜高山帯性常緑針葉樹林（シラビソ・トウヒ）へと変化していた。森林限界を構成する樹木の優占種は落葉針葉樹のカラマツであり、1978年から2018年の40年間の間に上昇を続けていた。それは個体数や材積の増加に現れている。特に最近20年間の増加が著しく、1999年から2018年の増加は、1978年から1999年の増加量を超えていた。また、森林限界上部では、カラマツの実生が新たに裸地に侵入して、分布域を広げていた。カラマツの実生の生存場所が草本植生のパッチに限られていたことから、これらのパッチがカラマツの実生を厳しい森林限界の環境から保護する役目を果たしていると考えられる。樹齢解析からカラマツなどで形成される森林限界は上昇をつづけてきた。その際、森林限界に定着したカラマツの樹形はテーブル状の矮性低木を経て、主幹が立ち上がっていたが、最近では定着後から幹が直立していた。富士山周辺では、気温の上昇や大気中の二酸化炭素濃度の上昇が続いており、富士山における森林限界の上昇やカラマツの樹形の変化は、これらの気候変動の影響の結果と予想される。

一般講演

沼津高専・電子制御工学科の科目「社会と技術」におけるデータサイエンス教育

○鈴木静男・大庭勝久・角田育俊（沼津工業高等専門学校）

文部科学省は、人工知能(AI)戦略等を踏まえたAI人材の育成についてとりまとめている。教育改革に向けた取り組みとして、デジタル社会の「読み・書き・そろばん」である「数理・データサイエンス・AI」の基礎などの必要な力を大学や高専の学生が育み、あらゆる分野で人材が活躍することを目指している。データサイエンス教育を実施するにあたって、竹村(2019)は、データサイエンティストの育成に必要な教育として、1)大規模なデータを加工、処理する情報技術(データエンジニアリング)、2)多様なデータを分析、解析する統計技術(データアナリシス)、3)ビジネスや政策など様々な領域の課題を読み取りデータ分析による知見を活かして解決していく能力(価値創造スキル)が重要であることを記している。

情報通信技術が進み、社会の様々な分野で膨大な量のデータが集積され、データの活用と価値創造が大切になってきた。そこで、沼津高専では、昨年度からデータサイエンス教育を実験や授業に取り入れ始めた。著者が所属する電子制御工学科では、社会的な課題等を探し出し、データサイエンスを通して、課題解決に向けた提案ができることを目指す科目として「社会と技術」を立ち上げた。

現在、大学や高専でデータサイエンス教育のための教材づくりが行われている。その教材として、プログラミング言語Pythonを用いたオープンデータや衛星画像データの解析を実施しているコンテンツを利用することとした。理由の一つとして、Pythonは、人工知能を含むデータサイエンスの分野で最も良く用いられている言語だからである。もう一つは、衛星画像が防災・災害監視、土木・建設、地理情報、農林水産、エネルギー・資源、気象・環境、海洋、通信・測位、教育・デザイン、国際協力など社会の隅々でつかわれビッグデータ化していること、近年、日本発のクラウド環境で衛星と地上の複数データを結合して分析ができるプラットフォームが登場したことが挙げられる。

以上から、学生が取り組んだ内容について、データエンジニアリング、データアナリシス、価値創造スキルの点から紹介する。また、授業最終回に行ったアンケートとその回答から今回の授業事例を考察する。

富士山宝永第二火口付近の菌類の垂直分布

○池ヶ谷のり子¹・増澤武弘²（¹NPO 法人静岡自然環境研究会・²静岡大学防災総合センター）

1987年に富士山宝永第二火口付近に設置された10m×10mの22区のコードラート内に生育する、肉眼的に見える子実体を作る子嚢菌および担子菌類を調査対象とした。コードラートは火口に近い標高2,400m付近のスコリアの堆積する火山荒原に設置された第1区から下に向かう。9区が森林限界となり、14区以下では亜高山帯の針葉樹林となる。その構成樹種はシラビソ、トウヒ、キタゴヨウ、カラマツ、ダケカンバなどである。森林限界以上の高山帯では、カラマツ、ミヤマヤナギ、ミヤマハンノキ、ダケカンバなどからなるが、高木限界を越えて樹高が低い状態となり、2区では木本限界に達する。調査は2018年10月に1回、2019年6月から11月にかけて10回行った。同定は子実体の形質によった。調査期間に22区内で確認された種は、子嚢菌で3目4科4種、担子菌では9目23科88種であった。以下分布が特徴的であった種を挙げる。

14区以下の亜高山帯針葉樹林では、主にカバノキ属樹種を宿主として冷温帯以上に生育するベニテングタケの発生が確認された。ダケカンバは森林限界以上にも生育しているが、高山帯では発生が確認できなかった。同様のことはマツ科、ブナ科などを宿主として暖温帯以上に生育するアンズタケ、腐朽木に生育する腐生菌のフェムスジョウタケにもいえた。

一方、3区から7区では、菌根菌でカバノキ属を宿主として冷温帯以上に生育するアシボソムラサキハツの発生が確認された。腐生菌では冷温帯以北で広葉樹材を白色腐朽するキノハダアシグロタケが生育していたが、これらは森林限界以下では確認できなかった。アシボソムラサキハツは攪乱地を好むと考えられた。また針葉樹の落葉などを主に分解利用するシロコナカブリ、アオミアシナガタケ、ホテイシメジがカラマツ樹下で多く確認された。2区ではカラマツの実生が少しではあるが、草本植物のPATCH付近に生育しており、その樹下に菌根菌のキヌメリガサ、アセタケ属1種、キツネタケ属1種、腐生菌のモリノカレバタケなどが確認された。カラマツには、そのみもしくは主にカラマツを宿主とする菌根菌がいくつかあるが、キヌメリガサもその一つで、高山帯、亜高山帯双方でカラマツがあれば発生がみられた。先駆植物のカラマツは、菌根共生により、厳しい環境を生きている側面があるといえる。

富士山南麓における ナツツバキ属（ツバキ科）3種の分布と遺伝構造

○シャワーペンタナシャ¹・徳岡徹²（¹静岡大学創造科学技術大学院・²静岡大学理学部）

日本にはツバキ科ナツツバキ属は3種が知られており、瀬戸内海から本州中部域より南部にヒメシャラとヒコサンヒメシャラが、それよりも北部にナツツバキが分布している。富士山南麓にはこの3種が同所的に分布しているが、それぞれ種がどのように棲み分けているのか、これらの遺伝的構造がどうなっているのかは分かっていなかった。そこで、富士山南麓の3種が分布する標高1357mから1452m、幅95mにかけて調査区を設定した。

この調査区に生育するナツツバキ属3種の合計141個体から葉を採集し、その個体の位置をGPSで測定した。採集した葉からDNAを抽出し、核ITS領域（418塩基対）と葉緑体matK遺伝子（906塩基対）、遺伝子間領域であるtrnC-petN領域（725塩基対）、psbM-trnD領域（742塩基対）の塩基配列を読み取った。

GPSによる位置測定の結果、ナツツバキは調査区の標高1371mから上部にかけて分布していた。また、ヒメシャラは調査区の標高1415mより下部にかけて分布しており、ヒコサンヒメシャラはナツツバキと同様な分布であったが、標高1373mから1448mの間に限られていた。DNA解析の結果、核ITS領域には22箇所の変異が見られ、8つのDNA型と3つのグループに分類できた。この3つの単系統群はナツツバキ属3種にそれぞれ相当していた。一方、葉緑体3領域には合計6箇所の変異が見られ、4つのハプロタイプに分類できた。ヒメシャラとヒコサンヒメシャラはそれぞれ1つのハプロタイプを持っていたが、ナツツバキはそれらとは異なる2つのハプロタイプが見られた。このうち一方のハプロタイプはヒメシャラのハプロタイプと1塩基しか異ならず非常に近縁であった。また、ナツツバキの1個体にはヒメシャラのハプロタイプを持つものが見つかり、この個体はナツツバキとヒメシャラの交雑個体である可能性が示された。

以上の結果から、ナツツバキとヒメシャラは標高1400mを境界として上部にナツツバキ、下部にヒメシャラが棲み分けていることが分かった。ヒコサンヒメシャラはナツツバキと分布が重なっているが、ナツツバキよりもやや下部に分布することが分かった。この分布パターンは日本全国の3種の分布パターンとも相関していた。また、ナツツバキとヒメシャラは同所的に分布する場合、花粉親をヒメシャラとする交雑が起こっており、花粉親をナツツバキとする交雑の可能性も示唆された。

駿河湾から遠州灘における潜在自然植生と防災林

○内海明 (NPO 法人静岡自然環境研究会)

1. はじめに

東日本大震災後、海岸域における防災林はクロマツ林から広葉樹林に転換が一部地域で行われている。クロマツ林は人為的に管理してきたものであるが(村井 ほか, 1992), 人為的な干渉がなければ日本の海岸域の大部分には常緑の広葉樹林が成立すると考えられている(宮脇, 1980)。現在では自然植生の多くは人の手によって失われてしまったが、社寺林などわずかに残っている箇所があり、津波などの災害にも耐えて生き残ってきたと示唆されている(原, 2014)。静岡県をはじめとする東海地域のヤブツバキクラス域での潜在自然植生及び植生図化は現地調査を通してきわめて精度高く行われた。(宮脇 ほか, 1976; 宮脇 ほか, 1987)。しかし、東海地方の海岸域における潜在自然植生の存在は、まだ多くが明らかにされていない。そこで、本研究では自然度が高いとみられる海岸域の群落の現地調査や資料調査などを行い、それらの群落がどのような構造、機能をもつのか、またどのように残ってきたのかを明らかにすることを目的とした。

2. 研究の方法：毎木調査による

3. 調査結果：構成樹種、群落高、個体密度、DBH 等をグラフにまとめる事により林内の構造を明らかにした。

4. 考察

調査から東海地方における海岸域に成立する照葉樹林は多様であることが分かった。構成樹種、群落高、個体密度、胸高直径などさまざまである。防災海岸林を造成する際には、対象とする海岸域で植生遷移がどのように進むのか、現存植生と潜在自然植生に基づき検討することが重要といえる。また、海岸林の防災機能を見積もるためには、植生が作る空間の構造を知る必要がある。最大樹高や最大胸高直径は樹種によって異なるが、これらは空間構造、ひいては防災林としての機能に直結するため、それぞれの樹種の生育特性を知ることでもまた重要であろう。海岸林の造成には費用と時間が多くかかる。それぞれの土地に適した海岸林を効果的に造成するためには、植物学的な検討が必要であり、本研究のような形で植生の現状を把握することが重要といえるだろう。

遠州地域におけるウバメガシ防災林の天然更新に関する研究

○¹望月靖郎・²内海明・³増澤武弘 (¹ふじのくに防災フェロー・²NPO 法人静岡自然環境研究会・³静岡大学防災総合センター)

静岡県の西部に位置する遠州灘沿いの海岸線は、太平洋に面する温暖な気候条件下にあり、ほぼ全域がヤブツバキクラスに該当する。植栽によって造成されたクロマツ林を除いた自然度の高い林には、スダジヤやタブノキの優占する林が多くあるほか、ウバメガシが優占する林も存在している。2011年の東日本大震災以降、海岸林は防風、飛砂防備等の機能だけでなく、津波被害の軽減等の防災機能も重要視されるようになった。津波への耐性と被害の軽減を考慮すると、地中深く根を張り、幹が太い高木層と、枝葉を茂らせた低木層が存在する林が望ましいとされ、ウバメガシは、海岸防災林として求められる構造を持つ林を構成する樹種であると考えられる。遠州地域は自然の遷移が進めば照葉樹林化する地域であるが、ウバメガシの天然更新には解明されていないことも多く、この調査は、林床に自然発生したウバメガシの稚樹の生育過程を調査し、その特徴を把握することで、今後の海岸防災林の造成・管理に資するために行った。

御前崎市池新田にあるクロマツ林の林床のウバメガシの調査では、2013年に毎木調査が行われた区域を2021年に再度調査することで、生育状況の比較を行った。調査は5m×5mの方形区を3箇所設定し、その中の樹木の種名、樹高、胸高直径又は根本直径を記録した。掛川市浜野及び菊川市合戸のウバメガシが構成樹種の多くを占める林内では、1m×1mまたは0.5m×0.5mの方形区を各地区4箇所設定し、ウバメガシの当年生実生の発芽及び既存の樹高20cm程度の稚樹の生育の推移を5月～10月の間、1ヶ月に1回程の頻度で記録した。

御前崎市池新田の調査地では、2013年調査時は樹高7～9mのクロマツが林冠を形成していたのに対し、今回は9～11mとなっていた。ウバメガシの平均樹高は2013年の約50cmから約160cmに伸長しており、2013年調査時と同様、林床で最も優占する樹種であった。掛川市浜野及び菊川市合戸の調査地の実生の発芽及び稚樹の生育状況について、方形区内のウバメガシ稚樹は、10%程度の相対照度の林床で、9割が生残した。当年生実生は、5月から9月まで発芽が確認され、6月までに8割が発芽した。10月の時点で約78%が生残し、平均高さ8cm程に成長した。2年生以上の稚樹の枯死率は1%以下と極めて低かった。

今回の調査から、林冠が閉鎖した林の林床でも、ウバメガシの実生の発芽及び稚樹の生育が可能であることが示唆された。

狩野川におけるメダケの分布とその生育特性

○村山龍斗・徳岡徹（静岡大学理学部）

狩野川は、伊豆半島の天城山系にその源を発し北流する一級河川である。狩野川流域は多雨地帯で洪水が多発するため、昭和 40 年に洪水防止の要として狩野川放水路が完成した。一方で河川管理を行う中で様々な調査が行われており、狩野川放水路上下流の両側でメダケ等の樹林化が進んでいると報告された。メダケはモウソウチクなどよりも小型であるがササ類よりも大型で、これらが河道内において増加すると、流下能力の低下、流木等の障害を発生させるなどの治水上の問題を引き起こすだけでなく、見通しが悪くなり景観上の問題も起こっている。そのため現在ではメダケは駆除の対象となっているが、太い根茎が残ると容易に再生するため、非常に多大な労力をかけて駆除作業が行われている。そこで、河道内においてメダケを効果的に管理する方法を明らかにするため、本研究では、まずメダケの分布を明らかにして、その生育特性を明らかにすることとした。

メダケの繁茂が激しい狩野川の四地点（神島橋上流付近、松原橋上流付近、日守大橋付近、新城橋下流付近）を選び、ドローンを飛ばしてその付近の写真撮影を行った。得られた画像と現地調査を重ね合わせて、メダケ群落の位置と面積を測定した。

その結果、神島橋上流付近と日守大橋付近ではメダケ群落は川の流れのカーブの外側や砂州が安定しない中州や支流の合流点などの植物の生育条件が悪い場所で形成されていた。この付近にはメダケ群落の他にもスキヤツルヨシなどの群落が見られたが、これらはメダケ群落よりも生育条件の良い砂州が安定した場所で多く見られた。また、松原橋上流付近では河道を浚渫する際に人工的に作られたワンドにメダケ群落が繁茂していた。

これらの結果から、メダケは人工的な浚渫や増水時の大きな攪乱によく適応しており、スキヤツルヨシは比較的攪乱の少ない場所に適応していた。これを利用して今後の効果的なメダケの管理方法を明らかにしていく。

マザ科（シソ目）の生殖器官の比較解剖学

○磯田みのり・徳岡徹（静岡大学理学部）

マザ科は、以前は広義ゴマノハグサ科に含まれていたが、ハエドクソウ科の一部として扱われるなどの変遷を経て(APG III 2009)、最新の分類体系(APG IV 2016)から新たに 3 属 38 種を含む独立した科として扱われている科である。最近の分子系統解析から、シソ科、マザ科、ハエドクソウ科、キリ科、ハマウツボ科は単系統群を形成し、この順でそれぞれ派生したと考えられている。しかし、マザ科とシソ科が単系統群を形成し、以下同順で派生した可能性も示唆されており(Xia Z 2019)、遺伝情報を用いた系統解析においても見解が分かれている。近年、遺伝情報を用いた系統解析に基づく系統関係や、科の定義の変更、分類群の再編成を裏付けるデータとして生殖器官の解剖学的形質は重要視されている。これより、マザ科植物における特異的な形質を見つけることは、未だ定まっていないマザ科の系統上の位置を考察する手掛かりになると考えられる。生殖器官の解剖学的形質に関して、マザ科に最も近縁と考えられるシソ科とハエドクソウ科では既に報告されている。特に、受精後、種子の珠孔側とカラザ側に特徴的な胚乳吸器が形成されることが知られている。しかし、マザ科に関しては、断片的な報告はあるものの、これらの形質については明らかとなっていない。そこで本研究では、マザ科の解剖学的形質を明らかにし、マザ科とその近縁群における類縁関係を明らかにすると共に、その形態進化を明らかにすることを目的とした。

天城山及び静岡市内において、マザ科植物であるムラサキサギゴケ、トキワハゼを採集し、FAA で固定した。通常のパラフィン作成方法により 6 μ m の薄型切片を作成、光学顕微鏡にて観察を行った。

観察に用いた 2 種において、単珠皮性胚珠、半倒生～倒生胚珠、薄層珠心、胚嚢形成様式が polygonum 型、胚乳形成様式は cellular 型であることを明らかにした。これらの特徴はマザ科を含む単系統群 5 科において共通しており、マザ科がこの単系統群に含まれることを強く支持している。また、受精後の胚形成過程において、珠孔側とカラザ側の両方に胚乳吸器を形成することが観察された。特に、珠孔側に大きな 2 細胞の胚乳吸器を形成するという特徴はハエドクソウ科と類似しているということを明らかにした。

ナツツバキ属(ツバキ科)の生殖器官の比較解剖学

○高木美菜・徳岡徹 (静岡大学理学部)

富士山の山地帯には広大なブナ林が広がっている。このブナ林ではブナ、ミズナラ、イタヤカエデなどとともにツバキ科ナツツバキ属 3 種 (ナツツバキ、ヒメシャラ、ヒコサンヒメシャラ) が優占している。ツバキ科は最新の分類体系 (APGIV, 2016) ではツツジ目に分類され、科内はナツツバキ属のみからなるナツツバキ連とタイワンツバキ連、チャノキ連に分類されている。近年の分子系統解析ではタイワンツバキ連とチャノキ連が単系統群となることが知られており、それぞれの連内の属間、種間の系統関係も明らかとなっている。一方で、生殖器官の解剖学的形質は高次の植物分類群の比較や進化の解明に有用であることが知られており、ツバキ科でもタイワンツバキ連やチャノキ連で研究が進められてきた。その結果、これらのツバキ科では薄層珠心で二珠皮性の胚珠を持ち、内珠皮もしくは外珠皮に維管束を持つことなどが報告されている。このうち、二珠皮性胚珠は近縁なツツジ目植物とは大きく異なっているが、ツバキ科内の基部の分岐にあたるナツツバキ連について生殖器官の解剖学的形質はこれまでに報告されていない。そこで、本研究ではナツツバキ属のヒメシャラについて、その生殖器官の解剖学的形質を明らかにし、その形質進化を明らかにすることを目的とした。

天城山に生育するヒメシャラの蕾から成熟した果実の段階までを FAA で固定し、観察の材料とした。これらを通常のパラフィン切片とし、光学顕微鏡で観察した。

その結果、ヒメシャラは薄層珠心であり、内珠皮の内層がエンドテリウムとして分化するなど、多くのツツジ目が持つ特徴を共有していた。一方、ヒメシャラは他のツバキ科と同様に胚珠に二枚の珠皮を持ち、その二枚の珠皮は表皮のから発達すること、成熟胚嚢の段階で珠心の組織が残っていることが明らかになった。これらの形質状態は近縁なツツジ目植物には見られず、ツバキ科の共有派生形質であることが示唆された。また、ヒメシャラの二枚の珠皮には維管束が通っていなかった。これはツバキ科の原始形質であり、タイワンツバキ連とチャノキ連にそれぞれ外種皮と内種皮に維管束が見られるのはそれぞれの派生形質であることが示唆された。

大井川上流の河岸林の構造

○¹渡邊誠太・²増澤武弘・³徳岡徹 (¹京都大学大学院理学研究科・²静岡大学防災総合センター・³静岡大学理学部)

大井川は、静岡県の農業・生態系を支える重要な河川であり、その流路は非常に長く、南アルプスの間ノ岳から 100 km 以上南下の駿河湾に達する。また、大井川は豊富な水源に加えて、上流に崩落地帯を含み、流路が幾度も曲がった穿入蛇行河川である。

著者らは、2014 年より、大井川上流の天然林の構造を把握するために、周辺の調査を行ってきた。中でも千枚岳東に位置する燕沢では、豊富な水源の大井川を基に、付近からの潤沢な砂礫供給のおかげで標高 1300m の深山にも関わらず広大な扇状地と堆積面が形成されており、このような環境を好むオオバヤナギ・ドロノキ群集が見られる。この群集は、本州では上高地・立山などの一部でしか見られず、燕沢はその南限にあたるため生物地理学の点からも重要である。この重要性を評価するために、2019 年 8 月に著者らは燕沢の毎木調査を行い(約 30m ごとに区画設置)、胸高円周 30 cm 以上の木本のマッピングを行った。しかし、同年 10 月の台風 19 号により大規模な氾濫が起き、燕沢の河岸林は大きなダメージを受けた。

そこで今回、著者らは群落構造の変化を明らかにするために、氾濫後に残った木を再調査し、2019 年のマッピング結果や GPS データ等を基に再マッピングを行った。また、氾濫後に新たに生じた実生のマッピングも行った。

調査の結果、北側の群落(15 区画分)は氾濫の被害はなく、南側の群落(7 区画分)は約 60%の木々が流出・枯死したことが明らかになった。また、南側の上流側 2 区画は木が一本も残らず壊滅した。残りの 5 区画では、オオバヤナギ(ヤナギ科)、ドロノキ、オノエヤナギ(ヤナギ科)の順に残存率が高く、その他の樹種はほとんど残らなかった。また、2 年生実生ではオオバヤナギ、ドロノキ、オノエヤナギの順に多かった。したがって、群落の表徴種であるオオバヤナギとドロノキの 2 種が、多くの樹種が淘汰されるような強い氾濫に耐え、裸地化した林床に多くの種子を散布することで実生段階から優占することがわかった。

今回得られた結果は、大井川上流の天然林の構造を明らかにするだけでなく、天然林の更新過程やリア開発工事後の環境整備にもつながる重要なデータである。