Community Structure and Distribution Character of Lichens on a Volcanic Mountain in Northern Japan

(日本北部の火山性高山における地衣類の群集構造と分布特性)

学位論文内容の要旨

地衣類は菌と藻が共生した複合生物で、その多様な生活形と栄養獲得能によって、維管束植物が生育しにくい環境にも広く分布する。特に、高山帯や火山性の地域では、地衣類が優占することも多く、あたかも遷移のパイオニア植物であるかのように扱われがちであるが、これらの種はそういった特殊な環境にハビタットを占めていると考えるのが妥当であろう。火山に類似の酸性環境は、近年ヒトによる環境汚染によってもたらされており、地衣類はその指標生物として有用である。

本研究では、日本北部の火山性高山の高ストレス下における地衣類群集において、火山ガスなどの環境要因が群集にどのような影響をもたらしているか？ 及び、定着に関する種間の interaction にはどのような特性があるのか？ を明らかにした。さらに、8年間にわたる十勝岳周辺の地衣フロラの研究から、各種の分布特性を明らかにした。

方法としては、まず、十勝岳の噴気口 (62-II 火口) の周辺の半径 4 km の地域の岩上に 73 の調査区を設け、8 つの恒常的な環境要因 (NWCF: 噴気口からの方位の NW-SE 成分, NECF: 噴気口からの方位の NE-SW 成分, DISF: 噴気口からの距離, pH, NWCS: 岩表面の面する方角の NW-SE 成分, SCS: 岩表面の面する方角の N-S 成分, GRS: 岩表面の傾斜角, ELE: 標高) を測定するとともに、採集した 89 種類の岩上生地衣類の分類学的研究を行った。

次に、環境要因を総合的に評価し、種ごとのハビタットの違いを明らかにするために、相関分析、重回帰分析、CCA (Ter Braak 1986) などによる統計学的解析を行った。

さらに、種間の interaction を直接的に捉えるため、近隣種の解析 (neighboring species analysis) を考案した。これは、採取した 545 個のサンプルの全てで各種のコンタクトラインを実体顕微鏡で観察し、これらの接触が対等か、または一方が他方を覆って後から定着したかを評価し、コンタクトラインの長さを定量化して種間関係を推測するものである。

相関及び重回帰分析の結果、各調査区の総種数を強く規定しているのは噴気口からの距離 (DISF) であり、pH などの要因は副次的であった。DISF に対して総種数には指数回帰がよく適合し、火山ガスの二次元的なエリアへの拡散が群集構造に影響を与えていることが示唆された。

CCA のダイアグラムにおいても、第 1 軸に対して最も重要な要因が DISF であることが示されたが、種ごとの環境要因に対する選好性には、これに加えて調査地の噴気口からの方位成分 (NECF)、岩表面の傾斜 (GRS) などが関与していた。NECF は火山列における形成年代の違いを反映していると考えられるが、岩体の形成年代が必ずしもその露出年代を示さないことなどから、詳しい評価は難しかった。また、光合成に関係すると思われる岩表面の方位成分 (SCS) は、重要ではなかった。

近隣種の解析 (neighboring species analysis)の結果をもとに、種ごとに %N(no neighbor), %S(superior), %I(inferior), %E(even)を算出し、これらに coverage%と DISF の加重平均を加えた 6 項目を用いて UPGMA 法でクラスター分析を行ったところ、群集形成に関して 1) ストレス耐性あるいは岩上への接着力の強い種(stress endurable or clinging species)、2) 定着に関して移行的な種 (transitional colonizers)、3) 後から定着する種 (later colonizers)の 3 つの種群が認められた。前述の CCA の結果と合わせると、*Micarea* sp.1, *Lecanora* sp.1, *Lecanora polytropa* など噴気口の近くに特徴的な種は、ストレス環境に適応することで、競争を回避していることがうかがえる。こういった高ストレス環境やその周辺域における定着の初期においては、岩上における種間のコンタクトは頻繁で、種間の関係は対等あるいは序列が決まっていることから、先に定着した種の横に定着することによる促進化 (facilitation)の存在が示唆される。そしてその後、立体的に立ち上がる種が侵入するにつれて競争が増加し、これらの過程を経てそのハビタットに特徴的な地衣類としての極相群集が形成されていくことが推測される。

他方、フロラ研究においては、1997 年から 2003 年に十勝岳周辺で採集した 1325 点の標本をもとに、地上生、樹上生の種を含めて 159 種を記載した。そのうち、*Trapelia involuta* (Taylor) Hertel は日本新産である。また、これらの種を地衣類における植物地理学的分布パターン (Galloway 1996, Moon 1999) に沿って分類すると、Arctic-alpine group: 35 種(22%), circumboreal group: 38 種(24%), Beringian group: 6 種(4%), Eastern Asia - North America disjunctive group: 8 種(5%), pan-temperate group: 29 種(18%), Far-Eastern group: 43 種(27%)であった。

今後このような厳しい環境下における地衣類群集をさらに調べることで、地衣類のユニークな適応戦略や種間関係が解明され、また、環境指標として地衣類を用いる際の基礎的データが得られるものと期待される。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 甲 山 隆 司
副 査 教 授 戸 田 正 憲
副 査 教 授 柏 谷 博 之 (東京大学大学院理学系研究科)
副 査 助 教 授 露 崎 史 朗
副 査 助 教 授 工 藤 岳

学 位 論 文 題 名

Community Structure and Distribution Character of Lichens on a Volcanic Mountain in Northern Japan

(日本北部の火山性高山における地衣類の群集構造と分布特性)

地衣類は菌と藻が共生した生物群であり、その多様な生活形と栄養獲得能によって、維管束植物が生育しにくい環境にも広く分布する。特に、高山帯や火山性の地域では、地衣類が優占することも多く、あたかも遷移のパイオニア植物であるかのように扱われがちであるが、これらの種はこうした特殊な環境にハビタットを占めていると考えるのが妥当であろう。火山に類似の酸性環境は、近年ヒトによる環境汚染によってもたらされており、地衣類はその指標生物としても有用である。

本研究では、日本北部の火山性高山の高ストレス下における地衣類群集において、火山ガスなどの環境要因が群集にどのような影響をもたらしているか、及び、定着に関する種間相互作用にはどのような特性があるのか、を明らかにした。さらに、8年間にわたる十勝岳周辺の地衣フロアの研究から、各種の分布特性を明らかにした。

十勝岳の噴気口 (62-II 火口) の周辺の半径 4 km の地域の岩上に 73 の調査区を設け、恒常的な環境要因を測定するとともに、採集した 89 種類の岩上生地衣類の分類学的研究を行った。環境要因を総合的に評価し、種ごとのハビタットの違いを明らかにするために、相関分析、重回帰分析、正準判別解析 (CCA) による統計学的解析を行った。これらに加えて、種間相互作用を直接的に捉えるため、採取した 545 個のサンプル

相関及び重回帰分析の結果、各調査区の総種数を強く規定しているのは噴気口からの距離であり、pH などの要因は副次的であった。噴気口からの距離に対して総種数には指数回帰がよく適合し、火山ガスの二次元的なエリアへの拡散が群集構造に影響を与えていることが示唆された。CCA の第 1 軸に対して最も重要な要因は、噴気口からの距離であることが示されたが、種ごとの環境要因に対する選好性には、これに加えて調査地の噴気口からの NE-SW 方位成分、岩表面の傾斜などが関与していた。NE-SW 方位成分は火山列における形成年代の違いを反映していると考えら

れるが、岩体の形成年代が必ずしもその露出年代を示さないことなどから、詳しい評価は難しかった。光合成に関係すると思われる岩表面の方位成分は、重要ではなかった。

隣接種間の解析の結果をもとに、種ごとに、i) 隣接種なし、ii) 優位に(覆うように)隣接、iii) 劣位に(覆われるように)隣接、iv) 均等に隣接、の4区分の割合を算出し、これらに被度と噴気孔からの距離の加重平均を加えた6項目を用いてクラスタ分析を行ったところ、群集形成に関して、1) ストレス耐性あるいは岩上への接着力の強い種群、2) 定着に関して移行的な種群、3) 後から定着する種群、の3つの種群が認められた。前述のCCAの結果と合わせると、*Micarea* sp.1, *Lecanora* sp. 1, *Lecanora polytropha* など噴気口の近くに特徴的な種は、ストレス環境に適応することで、競争を回避していることがうかがえた。こういった高ストレス環境やその周辺域における定着の初期においては、岩上における種間の接触は頻繁で、種間の関係は対等あるいは序列が決まっていたことから、先に定着した種の横に定着することによる促進化 (facilitation)の存在が示唆された。そしてその後、立体的に立ち上がる種が侵入するにつれて競争が増加し、これらの過程を経てそのハビタットに特徴的な地衣類としての極相群集が形成されていくことが推測された。

同地域の地衣類フロラ研究としては、1997年から2003年に十勝岳周辺で採集した1,325点の標本をもとに、地上生、樹上生の種を含めて159種を記載した。そのうち、*Trapelia involuta* (Taylor) Hertel は日本新産であった。また、これらの種を地衣類における植物地理学的分布パターン (Galloway 1996, Moon 1999) に沿って分類すると、arctic-alpine group: 35種, circumboreal group: 38種, Beringian group: 6種, Eastern Asia-North America disjunctive group: 8種, pan-temperate group: 29種, Far-Eastern group: 43種であった。

申請者は、大学院博士課程において、地衣類分類学を修得し、日本でも数少ない地衣類学者の一人となった。その知見をベースに、詳細に展開した本群集研究の成果はユニークであり、今後、地衣類の適応戦略や種間関係が解明され、環境指標として地衣類を用いる際の基礎的データを提供したものである。以上から、審査員一同は申請者が博士(地球環境科学)の学位に相当する十分な資格を有するものと判定した。