

論文内容の要旨

論文題目 景観スケールにおけるアカマツ林の遺伝的多様性維持機構

氏名 小澤 創

攪乱跡地や再造林放棄地における二次遷移を確実に進行させるためには、遷移初期木本種の種子供給源が景観内に存在することが重要である。また、森林資源を利用しながら森林の生態系としての機能や構造も維持するためには、遷移を構成する樹種の種多様性や遺伝的多様性を維持するような森林管理が必要とされている。しかしながら、景観スケールで遷移初期木本種の遺伝的多様性維持機構、特に、遺伝子流動の特性について明らかにした例はこれまでにない。そのため、景観内にどの程度の遷移初期木本種集団が存在すればよいのか、また、それらの集団をどのように管理すればよいのかという森林管理上の問題には答えられていない。

代表的な遷移初期種であるアカマツは、明治以降日本の近代化に伴い日本各地において放棄された草地を中心にその分布を拡大したと考えられる。一方、近年、管理放棄、都市化、マツ枯れ等により急激なアカマツ林分の縮小、分断化が進行している。こうした分布域の拡大や縮小にもかかわらず、日本のアカマツ集団の遺伝的多様性は非常に高く、集団間の遺伝的分化の程度も小さい。そのため、アカマツは景観スケールにおいて遺伝的多様性を高く維持するのに適した、繁殖上の特徴を有するものと考えられる。そこで本研究では、アカマツの景観レベルにおける遺伝的多様性の維持機構を遺伝子流動の観点から明らかにすることを目的とした。また、具体的に明らかにする事柄として、(1) 景観内を流動する花粉の遺伝的多様性、遺伝的構成の解明、(2) 長距離散布種子が集団の遺伝的多様性に与える影響の解明の2点を取りあげた。

第1章では、景観におけるアカマツの遷移初期木本種としての役割や重要性、アカマツの生態的特徴および日本における歴史的利用の実態、近代におけるアカマツ林の変遷などを概説し、本論文の目的と構成について述べた。続く、第2章では、マツ属樹木を中心とした風媒、風散布種子樹木の遺伝子流動研究をレビューし、アカマツの広域的な遺伝子流動について明らかになっている点を整理した。

第3章では、アカマツ林分の縮小・分断化の顕著な阿武隈山地の東斜面に立地する福島県相馬郡新地町に調査地を設定し、調査地のアカマツ林分の分断化の経緯を過去の空中写真の判読等により明らかにするとともにし、集団遺伝学的解析に基づいて分断化がアカマツの遺伝的多様性に与える影響を評価した。

その結果、過去30年間で調査地の森林面積はほとんど減少していないものの、アカマツ林分の分断化は進行し、調査地の2004年のアカマツ林分の総面積は1974年の38.2%に、林分面積は1974年の平均5.9haから2.0haに減少したことを明らかにした。また、調査地から8つのアカマツ林分を選定し、近隣の同樹種集団までの距離を調査したところ、1974年の平均154mから2004年の328mに174m増加した。一方、調査8林分(集団)の成木、シードレイン、シー

ドレインの母性アレル、父性アレルの遺伝的多様性は、アカマツ保護林や天然林と同程度であった。また、これら4つのサンプル間の遺伝的多様性には有意差がほとんど検出されず、親世代、子世代とも高く維持されていると判断された。各サンプルの遺伝的多様性は集団の規模（面積と立木本数）と有意な相関関係が検出されなかったことから、集団の規模に関わらず、集団の遺伝的多様性は高く維持されていると判断された。これらの結果から、過去30年間に起こったアカマツ林の分断化は、アカマツの遺伝的多様性に影響を与えていないことが明らかになった。

第4章では、最初に、景観内を流動する花粉を捕捉する場としてのアカマツクローン採種園の能力を評価し、次に、景観内を流動する花粉の遺伝的多様性や遺伝的構成が調査地の花粉散布期間中にどれだけ変化するのか、また、アカマツ集団の遺伝的背景をどれくらい反映しているかを明らかにした。

まず、調査地の中央に設置されている採種園について、その交配実態を調査し、大部分の種子が園外から飛来する花粉（園外花粉）との交配によって得られていることを明らかにした。園外花粉は景観内を流動する花粉とみなすことができる。そのため、この採種園を利用して景観内を流動する花粉を捕捉することができると判断した。

次いで、採種園構成クローンのうち、選抜地が異なる3クローンの雌花の受粉期間を調査し、この3クローンを利用することで調査地の花粉散布期間のうち、前期、中期、後期の3期に景観内を流動する花粉を実際に捕捉することができることを明らかにした。また、3クローンとも花粉親識別に供した分析種子の82%以上の花粉親が採種園の周囲のアカマツ集団の成木である（園外花粉との交配による）と判断されたことから、この3クローンは景観内を流動する花粉を効率的に捕捉していると判断した。

これらに基づき、3クローンが捉えた園外花粉プールの遺伝的多様性や遺伝的構成をクローン間や調査地のアカマツ集団と比較した結果、3クローンの園外花粉プールの遺伝的多様性はアカマツ保護林や天然林と同じレベルであることが明らかとなった。また、園外花粉プールの遺伝的多様性や遺伝的構成はクローン間で有意差が検出されなかったことから、遺伝的多様性・遺伝的構成とも調査地の花粉散布期間中に変化しないと判断された。さらに、園外花粉プールの遺伝的多様性・遺伝的構成とも、景観内の存在するアカマツ集団との間に有意差が検出されなかったことから、景観内を流動する花粉の遺伝的特徴は、景観内に存在するアカマツ集団の遺伝的背景を反映していると考えられた。

第5章では、景観内を流動する花粉及び長距離散布種子が集団のシードレインの遺伝的多様性に与える影響を明らかにした。具体的には、集団の規模によってシードレインに対する、①集団内の親の寄与の程度、②寄与した親数がどのように変化するのかについて、それぞれ推定し比較する。①の結果と②の結果が同じ傾向を示せば、シードレインに貢献する親は集団内のみで構成されていると判断され、異なる傾向にあれば、集団外から飛来する長距離散布種子がシードレインの遺伝的多様性に何らかの影響を与えていると判断される。

第3章で設定された8つのアカマツ集団から集団の規模に関係なくほぼ同数の調査木を選定し、集団から任意に採取したシードレインに対して調査木が親としてどれだけ貢献しているかを

親子鑑定法によって推定した。その結果、集団内の調査木のシードレインに対する貢献度は花粉親としての場合は集団の規模との間に有意な負の相関関係、種子親としての場合は弱い負の相関関係が検出された。この結果から、シードレインに集団内の親だけが貢献しているのであれば、規模が小さい集団ほどシードレインの近親度は高くなるか、もしくは、親数が少なくなると想定され、逆に規模が大きな集団ほど近親度は低くなるか、もしくは親数が多くなることが想定された。一方、シードレインの親数を近親関係復元分析により推定したところ、親数は分析に供した55~57種子に対して花粉親で33~46個体、種子親で28~38個体であった。これら親数については集団の規模と有意な相関関係は検出されなかった。このことから、集団の規模に関係なく、シードレインは多くの親で構成されていることが明らかになった。規模が小さい集団でのシードレインの親数の多さは、集団内の親のみの貢献だけでは説明することができず、集団外の親が貢献していると考えられる。

以上のことから、景観内を流動する花粉および長距離散布種子が集団にない遺伝子の供給源になり、シードレインの親数に貢献することで、結果的に遺伝的多様性を高めることに寄与していることを明らかにした。

第6章では、まず、アカマツの遺伝的多様性維持機構について考察し、その上でアカマツの維持管理に関する提案を行った。

アカマツは種子を長距離散布させる能力を持ち、攪乱跡地や放棄された草地に分布域を拡大させる場合、散布源からかなり離れた場所でも種子を長距離散布させて侵入・定着すると考えられる。一般的に、マツ属のような風散布型種子では上昇気流によって散布された種子のうち、数%が100mより遠くに散布されることから、アカマツでも最大で数百m程度の長距離散布がなされるものと想定される。また、過去の研究で100m以上離れたアカマツ集団から長距離散布され、他の集団のシードレインとして集団内に散布された種子の遺伝的多様性はアカマツ保護林や天然林と同じであることが明らかにされていることから、攪乱跡地や放棄された草地に侵入・定着した集団の遺伝的多様性は高いと考えられる。

景観内を流動する花粉が持つ遺伝的多様性は、花粉散布期間を通して高くかつ均質に維持され、立地環境や規模が異なる集団に対して、集団内に存在しない遺伝子を供給する働きを持っていること、また、種子が長距離散布されることで、集団と血縁関係がある種子が集団外に散布され、代わりに血縁関係のない種子が集団外から飛来することによって、シードレインの遺伝的多様性が改善されることが明らかになった。すなわち、アカマツが分布を拡大させた後、景観内に分布する集団は高い遺伝的多様性を持った花粉や種子によって、分断化が進んだ現在でも遺伝的につながっていると結論された。

なお、アカマツ林の遺伝的多様性保全に関しては、本研究の結論から、現在のところ特別な管理の必要性はないと考えられた。しかし、さらに分断化が進行し種子による集団間の遺伝子流動が保てなくなった場合、花粉による遺伝子流動だけではその遺伝的多様性は維持されず、攪乱跡地や再造林放棄地への遺伝的多様性が高い集団の定着が困難になることが予想される。そのため、アカマツ林のさらなる分断化は避けるべきであると考えられた。