

植物の成長と共生を制御するストリゴラクトンの二面的機能：その起源と進化

	研究代表者	東北大学・生命科学研究科・教授 経塚 淳子 (きょうづか じゅんこ)	研究者番号:90273838
	研究課題情報	課題番号：23H05409 キーワード：植物ホルモン、ストリゴラクトン、進化、植物の陸上進出、KAI2リガンド (KL)	研究期間：2023年度～2027年度

なぜこの研究を行おうと思ったのか（研究の背景・目的）

●研究の全体像

ストリゴラクトン (SL) は、植物の根から分泌されて土壤中でアーバスキュラー菌根菌 (AM菌) との共生を促進する種間シグナル物質である。AM菌共生は5億年以上前の植物の陸上進出を可能とし、その後の植物の繁栄を支えてきた。種子植物 (被子植物と裸子植物) はSL受容体D14をもち、SLは個体内で成長を調節する植物ホルモンとしても働く。種間シグナル物質であり植物ホルモンであるというSLの二面的機能の獲得は、養分吸収と成長のバランスを制御して成長を最適化する仕組みの進化につながった。本研究では、植物がSLを用いてAM菌との共生関係を構築し、さらにSLが種間シグナル物質と植物ホルモンという二面的機能を獲得し栄養環境に合わせて成長を調節する仕組みを進化させた道筋をその起源までさかのぼり、鍵となる過程を分子レベルで復元することを目的とする。本研究は、植物と微生物が長い年月をかけて作り上げた、環境に適応した植物の旺盛な増殖の仕組みの起源と進化を理解するものであり、地球が緑の惑星となりえた理由の一端を明らかにすることができる。

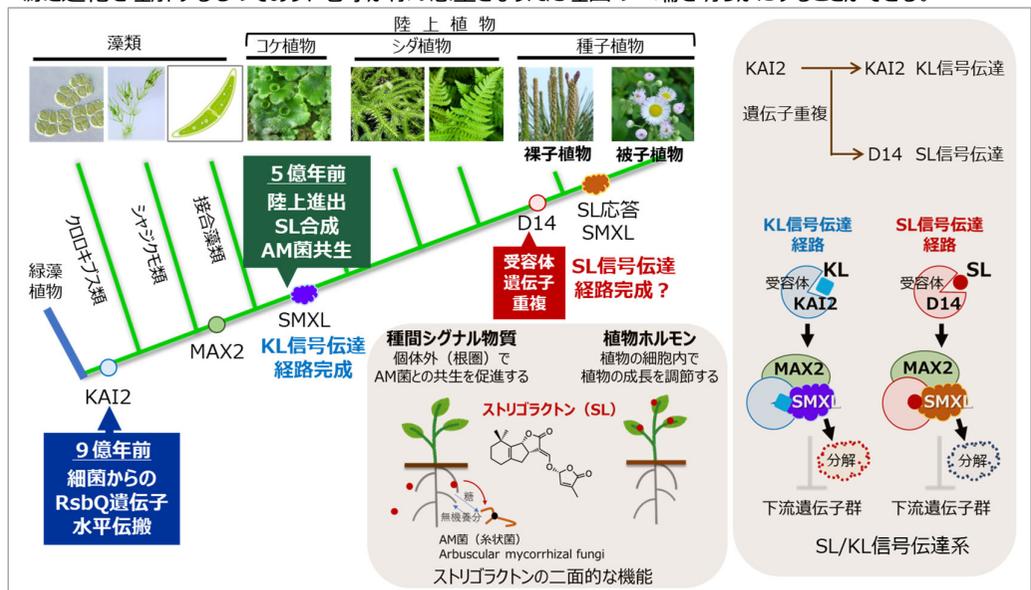


図1 ストリゴラクトンの二面的機能とその段階的な構築

●SLの二面的機能は9億年前の細菌から植物への遺伝子の水平伝搬まで遡る

植物ホルモンSLの受容体D14は、未同定の植物ホルモンKL受容体であるKAI2の遺伝子重複により生れた。また、KAI2の起源は約9億年前に起こった細菌から植物 (藻類) へのRsbQ遺伝子の水平伝搬であることが最近報告された。その後、藻類においてRsbQ遺伝子がKAI2へと進化し、陸上植物の祖先でKAI2を介したKL信号伝達経路が完成した。さらに、種子植物の祖先でKAI2の遺伝子重複が起こりSL受容体が誕生し、被子植物において信号伝達因子が多様化しSL信号伝達経路が完成したと考えられている。本研究では、藻類、コケ植物、シダ植物、裸子植物、被子植物などを研究対象として、9億年かけて段階的に起こった進化イベントを実験的に検証する。藻類に入ったRsbQや祖先的KAI2の機能、KLの同定などが重要課題である。

●藻類を研究対象として、SL/KL機能の起源に迫る

植物の陸上進出と前後して植物ホルモンの生合成、受容、信号伝達経路が独立に生じ、それらのマッチングによりホルモン作用が完成したという植物ホルモンの成立過程が想定されるようになったが、実験的に検証された例は少なく、藻類での研究例はほとんどない。近年、藻類のゲノム解読が進み、陸上進出に伴うゲノムの変化や遺伝子の多様化の知見が蓄積した。藻類の分子遺伝学的解析手法も開発されつつある。本研究では、藻類を用いた研究を進め、SL/KL機能の起源に迫る (図2)。

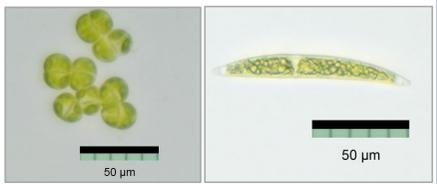


図2. 解析に用いる藻類  
左：クロロキブス、右：ヒメミカヅキモ

●土壌中での種間コミュニケーションがSLの祖先的な働きである

根から分泌される種間シグナル物質としてAM菌との共生を促すことがSLの祖先的な機能である。SL受容体は種子植物の祖先で生まれたが、SL信号を伝える因子は被子植物で多様化した。したがって、受容体を持っていても信号伝達因子の多様化が進んでいない裸子植物でのSLの植物ホルモンとしての作用は未解明の問題である。本研究では、イチヨウやマツなど裸子植物におけるSLの植物ホルモンとしての機能を明らかにする。

●SLを介したAM菌との共生

AM菌は植物の無機養分吸収を助け、植物はAM菌に光合成で作った糖を与える。陸上植物の共通祖先から、植物は、周囲の環境や自身の栄養状況に応じてSL合成量を微調整しAM菌との共生を調節する巧妙なしくみを備えていた。また、AM菌は植物の陸上進出に前後して、植物が分泌するSLを感受していたはずである。植物のSL合成の解明は進んだが、分泌メカニズムの研究は進んでいない。また、AM菌のSL受容メカニズムの解明は残された大きな課題である。本研究では、SL分泌やAM菌のSL受容システムの解明をめざす。

この研究によって何をどこまで明らかにしようとしているのか

●具体的な研究課題

- リガンドの起源：天然物化学的手法によりKLを単離し、その合成経路を遺伝学的に解明する。藻類のKL合成の可能性を検討し、藻類KLを単離する。枯草菌RsbQのリガンドを同定する。
- 受容体の起源：藻類におけるKAI2相同遺伝子の機能、KL受容の起源を解明する。土壌微生物 (AM菌を含む) のSL受容体を単離し、受容機構の一端を解明する。
- 信号伝達系の成立：接合藻類におけるKAI2、MAX2の機能を明らかにする。SL受容体出現に伴うSMXLの機能分化とSL信号伝達系の成立機構を明らかにする。SMXLの構造を解明する。
- シグナルネットワークの構築：コケ植物におけるKL信号伝達系の機能を解明し、他の植物ホルモンとのクロストークの分子機構を明らかにする。

●この研究の学術上の意義やインパクト

- 植物が自ら合成し利用している物質のうち既知のものはごく一部である。SLのように二面的機能をもつ物質だけではなく、より複雑に制御され多面的な機能をもつ未知の物質も多数存在すると考えられる。SLの機能獲得の全貌を明らかにしようという本研究は植物の未知物質の機能や進化研究のさきがけとなるものである。
- 動物とは異なり、植物は生涯にわたり幹細胞を生み出し発生・成長を続け、旺盛に増殖する。SLは環境に適応した植物の成長を支える重要な物質であり、KL/SL信号伝達はどちらも成長の調節を介して植物の増殖を最適化している。したがって、本研究は植物の独特の成長力の起源にせまり、エボデボ研究の新たな展開のさきがけとなるものでもある。AM菌共生は作物生産にとっても重要であり、作物生産に応用できる知見を提供する。
- 植物の陸上進出は、それまで水中でしか生存できなかった生命が陸上でも生態系を確立し地球環境をも大きく変えることになった生物進化の一大事であった。本提案は植物の陸上進出とその後の繁栄という地球の歴史にとって画期的なできごとへの理解に大きく貢献する研究である。