

氏 名	やまぐち あやこ 山 口 礼 子
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	理 博 第 3059 号
学位授与の日付	平 成 18 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	理 学 研 究 科 生 物 科 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	花成制御における <i>FT</i> 相同遺伝子 <i>TSF</i> の機能

論文調査委員	(主 査) 助教授 荒 木 崇	教 授 岡 田 清 孝	教 授 西 村 い く こ
--------	--------------------	-------------	---------------

論 文 内 容 の 要 旨

学位申請者は、花成過程を制御する機構の分子基盤を明らかにすることを目的として、花成経路統合遺伝子 *FT* の相同遺伝子 *TWIN SISTER OF FT* (*TSF*) に着目して分子遺伝学的な研究をおこなった。

申請者はまず、*TSF* 遺伝子の機能喪失変異体 (*tsf* 変異) を同定し、*tsf* 変異は長日条件での花成時期に影響を与えないが、短日条件では野生型に比べて明瞭な花成遅延を示すこと、長日・短日の両条件下で *ft* 変異体の花成遅延表現型を昂進すること、*TSF* 遺伝子の過剰発現体は日長および *CONSTANS* (*CO*) 機能の有無によらない極端な花成早化表現型を示すことを明らかにした。これらの結果から、*TSF* 遺伝子は長日条件においては *FT* 遺伝子と冗長的に機能して花成を促進すると結論された。一方、短日条件では *TSF* 遺伝子は *FT* 遺伝子によってはその欠損が補完できない独自の役割を持つことが示唆された。ついで、*TSF* 遺伝子の転写レベルの発現制御について詳細な解析をおこない、*co* 変異体において mRNA レベルの顕著な低下が観察されること、*CO* 活性の誘導に伴い速やかに発現誘導が観察されること、mRNA レベルに明瞭な日周変動が見られること、mRNA レベルが短日条件と比べて長日条件で高いこと、短日から長日への移行に伴い発現が誘導されることから、*TSF* 遺伝子の転写は光周期経路の制御下にあり、同経路で中心的な役割を果たす転写制御因子 *CO* の直接の制御標的であるとの結論を得た。この結論は遺伝解析の結果からも支持された。さらに、*TSF* 遺伝子の転写は、春化経路と自律経路の共通の制御標的である *FLOWERING LOCUS C* (*FLC*) 遺伝子によって抑制されること、また、その抑制は長期間の低温処理 (春化处理) によって解かれることを見だし、*TSF* 遺伝子が *FLC* 遺伝子の下流にも位置づけられると結論づけた。*CO* 遺伝子および *FLC* 遺伝子による制御に加えて、光受容体フィトクローム B およびクロマチン構造の制御因子 *EARLY BOLTING IN SHORT DAYS* による転写レベルの制御を受けることを明らかにした。以上から、*TSF* 遺伝子は、花成を制御する主要な 3 つの経路 (光周期経路、自律経路、春化経路) に加え、光質による制御経路などの情報を統合する新たな花成経路統合遺伝子であると結論づけられた。また、花成経路統合遺伝子間にも制御階層が存在することも明らかにした。申請者は、*TSF* 遺伝子の発現の空間的なパターンを解析し、*TSF* 遺伝子が胚軸および葉柄の維管束篩部組織と茎頂周辺の比較的少数の細胞で発現することを明らかにし、発現パターンに対する様々な制御要因の影響を解析した。これらの結果と *FT* 遺伝子の発現パターンとの比較解析に基づいて、花成制御経路の統合の場が維管束篩部であることを提唱した。最後に、*TSF* 遺伝子が花成を促進する機構について解析し、*FT* 遺伝子の場合と同様に茎頂で特異的に発現する bZIP 転写因子 *FD* を必要とすること、また、その基盤に蛋白質間相互作用があることを明らかにした。このことは、植物体内で *TSF* 蛋白質の機能が発揮される部位は茎頂であることを示しており、*TSF* 遺伝子の転写が主に胚軸の基部でおこることと合わせて、*TSF* 遺伝子産物が *FT* 遺伝子産物とともに、花成を促進する長距離シグナル (フロリゲン) として働くことを示唆する。

以上の結果に基づいて、申請者は、空間的な構成を踏まえた花成制御カスケードの新しいモデルを提唱した。

論文審査の結果の要旨

高等植物が栄養成長から生殖成長へと移行する過程を花成といい、日長（光周期）や温度等の環境要因と齢などの内生要因により制御される複雑な発生過程である。近年の研究から、環境要因と内生要因からの情報は「花成経路統合遺伝子」と呼ばれる3つの遺伝子の転写制御の段階で統合されるという図式が広く支持されている。学位申請者は、花成過程を制御する機構の分子基盤を明らかにすることを目的として、花成経路統合遺伝子 *FT* の相同遺伝子 *TWIN SISTER OF FT* (*TSF*) に着目して分子遺伝学的な研究をおこなった。その結果、花成制御カスケードにおける *TSF* 遺伝子の位置づけを明らかにし、*TSF* 遺伝子が、先行研究から存在が予想されていた第4の花成経路統合遺伝子に相当することを明らかにした。さらに、様々な制御経路の統合の場が維管束篩部であるという新しい視点を提唱し、これに基づいて花成制御カスケードの新しいモデルを提唱した。

これまでの研究から、花成を制御する主要な4つの制御経路を遺伝学的・生理学的に遮断すると花成がおこらなくなること、しかし、既知の3つの花成経路統合遺伝子をすべて欠損させても花成がおこることから、未同定の花成経路統合遺伝子があることが予想されていた。申請者の研究は、*TSF* 遺伝子とその未同定の花成経路統合遺伝子であることを明らかにした点で高く評価される。また、申請者の研究から、花成経路統合遺伝子間にも制御階層が存在することも明らかになった。これは従来の研究に新しいを加えるものであるが、ほどなくして、ほぼ同様の知見が海外のほかの研究グループによっても得られており、今後支持を広げていくと考えられる。花成制御に関わる多くの遺伝子は発現レベルが低く、発現の空間的なパターンの解析は困難であった。そのため、従来の花成制御カスケードのモデルには空間的な視点が欠けており、これが現行のモデルにおける大きな欠点であることは多くの研究者によって認識されてきた。申請者の研究はそうした問題の克服に向けた先駆的な研究のひとつになる点からも高く評価される。

申請者は、*TSF* 遺伝子による花成促進機構の解析から、*TSF* 遺伝子産物が *FT* 遺伝子産物とともに、花成を促進する長距離シグナル（フロリゲン）として働くという仮説を提唱した。この仮説は、花成生理学の大御所のひとりであるリエージュ大学の George Bernier によって「exciting idea」と評されており（Flowering Newsletter 2005年秋号）、今後、この分野の多くの研究者の注目を引くものと期待される。

申請者の学位論文の主要部分は、日本植物生理学会の国際誌 *Plant Cell Physiology* に、優れた内容を持ち速報性がある論文のカテゴリーである Rapid Paper として発表され、掲載号の表紙にも採用された。掲載後数ヶ月間にわたり、同誌のアクセス件数トップ10にランクされている。

以上の観点から、本申請論文は優れた内容を持つものであり、博士（理学）の学位論文として価値のあるものと認める。また、論文内容とそれに関連した事項についての口頭試問をおこなった結果、合格と認めた。