

( 続紙 1 )

京都大学	博士 ( 農 学 )	氏名	竹中 祥太郎
論文題目	Genetic diversity and evolutionary relationships of emmer wheat and its related species based on novel haplotypes of <i>Ppd-1</i> (photoperiod response) genes and their surrounding DNA sequences ( <i>Ppd-1</i> 遺伝子の新規ハプロタイプとその周辺領域の塩基配列に基づくエンマーコムギおよび近縁種の遺伝的多様性と進化的関係)		
(論文内容の要旨)			
<p>本研究では、コムギ栽培において重要な要因となる、日長反応性を調節していると考えられている遺伝子(<i>Ppd-1</i>)および、その周辺領域の遺伝的多様性を調査した。<i>Ppd-1</i>はpseudo-response regulator (PRR) familyに属する遺伝子であり、概日リズムに同調した発現を示すことで、日長反応性をコントロールしていると考えられている。先行研究により、数パターンの日長反応性を喪失している<i>Ppd-1</i>変異が報告されている。これらはいずれも、コード領域上流部、転写調節領域と想定される部位の変異であり、概日リズムに同調した発現ができなくなっていると考えられている。本研究では、4倍性種であるエンマーコムギを中心に、複数のパンコムギ近縁種を調査対象とした。これらの種は、パンコムギでは利用されていない遺伝資源を保有していることが期待される。本研究では、<i>Ppd-1</i>とその周辺領域の変異から、これらの種の進化的な関係および、コムギ育種のための遺伝資源としての可能性を明らかにすることを目的とした。</p> <p>エンマーコムギの<i>Ppd-A1</i>から、複数の非同義置換(Chinese springとの比較)が確認された。難脱穀性エンマーコムギからは、コード領域内に18-bp、224-bp、303-bpの欠失変異が、易脱穀性エンマーコムギからは同じく2-bp、303-bpの欠失変異が確認された。18-bp、224-bp、2-bpの欠失変異はいずれも、これまでに報告されていない新規の変異であり、303-bpの欠失変異もエンマーコムギではこれまでに報告されていないものであった。いずれの変異も、非常に広域で確認され、栽培化および易脱穀性化の初期の段階で生じたものであることが示唆された。本研究で確認した新規変異はいずれも、機能を喪失した、null変異と考えられるため、遺伝子の機能解析、また既知の変異と組み合わせることで、日長反応性の細かな調節を可能にするための遺伝資源といった利用法が考えられる。</p> <p><i>Ppd-A1</i>とその周辺領域から、エンマーコムギをType AIとType AIIの2系統に分けることができ。この2系統の差異が最も大きな領域に着目し、エンマーコムギおよび近縁種の進化的な関係を調査した。2倍性種はいずれもType AIIであったことから、Type AIは野性エンマーコムギで生じた事が示唆された。野性エンマーコムギでは、エンマーコムギの栽培化に寄与したと考えられる地域の系統は全てType AIであり、Type AIIの野生エンマーコムギはイスラエル周辺に分布していた。このことから、エンマーコムギの栽培化は、Type AIの野生エンマーコムギで起こり、Type AIIの栽培エンマーコムギは、イスラエル周辺に分布するType AIIの</p>			

野生エンマーコムギとの交雑の結果、誕生したと考えられる。また、Type AIIの4倍性種の一部の系統から、MITE様配列を含む、2パターン(約100bp)の欠失が確認された。これらの欠失をそれぞれ、Dic-del、Ara-delと名づけた。Dic-delは、イスラエルの野生エンマーコムギからのみ確認された。Ara-delは、ほぼ全ての野生チモフェビーコムギ(103系統中100系統)と10系統の難脱穀性エンマーコムギ、および1系統の野生エンマーコムギから確認された。また、3系統の野生チモフェビーコムギからはいずれの欠失も確認されなかった。エンマーコムギからはチモフェビーコムギに特異的な*Ppd-1*が、チモフェビーコムギからはエンマーコムギに特異的な*Ppd-1*が確認された。これは、両種の遺伝的浸透の痕跡を示唆していると考えられ、生殖隔離が存在するとされている両種間で、一部の系統に限られるが、互いに遺伝的に影響を与え合っていたと考えられる。自然下での両種の遺伝的交流が生じていたという報告はこれまでになく、本研究で初めて報告することができた。

注) 論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせ

て、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し  
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

パンコムギ近縁種で四倍性のエンマーコムギは、人類が最初に栽培化した植物の一つで、西南アジアから世界中に伝播した「ムギ農耕」の重要な基盤であり、さらにパンコムギの起源にも関与した作物である。三大穀物の一つであるパンコムギは、その経済的重要性のため多方面から研究されているが、四倍性コムギについては現在栽培も限られており、研究も多くない。そのため、遺伝的多様性やその内部の系統進化については、ほとんど分かっていなかった。またパンコムギは、栽培エンマーコムギと野生のタルホコムギの交雑で生じており、その起源から他の作物と比較して遺伝的多様性が小さく、多様な遺伝資源を利用する必要性が指摘されていた。本研究は、エンマーコムギをはじめとする四倍性コムギを主な対象とし、多くの系統を使い、核遺伝子領域の塩基多様性を初めて明らかにしたものである。利用した遺伝子は、出穂反応に関連するとされている日長反応性遺伝子 *Ppd-1* で、これは同時に栽培化後様々な地域へと伝播する過程で、出穂特性に関連する遺伝子に変化があったかどうかを明らかにすることも目的としている。本研究の評価できる点は、以下の3点である。

1. エンマーコムギの *Ppd-A1* および *Ppd-B1* 遺伝子内およびその周辺領域で、多数の非同義塩基置換や欠失変異を見だし、その分布を明らかにした。その結果これらの変異は、栽培化あるいは易脱穀性化の初期段階で生じ、広く拡散したものであることを明らかにした。またこれらの新規変異が、遺伝子の機能解析に有効であるだけでなく、日長反応性を調節するための遺伝資源として利用できることを示した。

2. *Ppd-A1* とその周辺領域の変異から、エンマーコムギを Type AI と Type AII の2系列に分類し、さらにその差異が最大の領域に着目し、エンマーコムギおよび二倍性種を含む近縁種の系統進化を詳細に解析した。その結果、野生エンマーコムギの分化パターン、野生から栽培化される初期の系譜などを明らかにし、またパンコムギの成立に関与したのはごく限られたタイプであることなど、コムギの系統進化について数多くの知見を得た。

3. Type AII の一部系統から、MITE様配列を含む2パターンの欠失を見だし、少数であるがエンマーコムギでチモフェービコムギ特異的な、また逆にチモフェービコムギ内にエンマー特異的な、*Ppd-1* を見いだした。このことは、生殖的隔離の存在する二つのコムギグループ間で、自然条件下で遺伝的交流があったことを初めて実証したものである。

以上のように本論文は、四倍性コムギなどを対象に、日長反応性に関与すると考えられている *Ppd-1* 遺伝子とその周辺領域の塩基多様性を解明した。これらの変異の組み合わせにより、四倍性コムギ内部の系統関係を詳細に明らかにすることによって、栽培化のプロセスやパンコムギ成立に寄与した系列など、コムギ進化について重要な知見をもたらした。また *Ppd-1* 遺伝子の発現解析を行うなど、今後の遺伝資源としての利用可能性を飛躍的に増大させたので、栽培植物起源学や植物遺伝資源学に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成25年2月13日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認められた。

注) Webでの即日公開を希望しない場合は、以下に公開可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日以降