

# 遺伝子と文献から探る水菜と壬生菜の歴史

～文理融合研究の1例として～

木村 成介

## Combination of Genetic Analysis and Ancient Literature Survey Reveals the Divergence of Mizuna and Mibuna

KIMURA Seisuke

### 1. はじめに

本稿では、伝統的な京野菜である水菜から壬生菜が分岐して誕生した過程について、筆者が遺伝子レベルでの研究と文献調査から明らかにしたことを文理融合研究の1例として紹介する。なお本稿は、2022年7月27日に開催された世界問題研究所研究会で発表した内容をまとめたものである。

### 2. 葉の形の多様性

自然界には様々な形の植物がいる。その中でも葉の形は大きな変化に富み、植物の形を特徴づけているとあってよい。光合成器官である葉の形は、光のあたりやすさやガス交換のしやすさなど、生育環境との関係の中で多様な形に進化してきたと考えられている。しかしながら、葉の形の違いにどのような意義があるのかはほとんどわかっておらず、また、葉の形の違いが生じる仕組みにも不明な点が多い。筆者の研究室では、自然界に見られる葉の形の多様性が進化の過程でどのようにうみだされてきたのかを発生学および遺伝学的な解析により明らかにしようとしている。特に、身近な野菜などに見られる特徴のある葉の形に注目した研究を進めている。

### 3. 水菜と壬生菜の葉の形の違い

京都には京野菜とよばれる伝統野菜が多く知られている。その中の代表的なものに水菜と壬生菜が

ある。水菜は近畿地方を中心に古くから食されていた漬菜（主に葉を漬物にして食べる野菜類）で、ギザギザとした切れ込みのある葉（切葉）を有するのが特徴である。一方の壬生菜は、葉縁が滑らかでヘラのような形の葉（丸葉）を有している。両者は葉の形だけ見ると全く関係のない植物のように見えるが、分類学的には同一種であり、遺伝的には非常に近い関係にある。これまで、文献の記載を根拠として、京都の壬生地方において水菜の栽培過程で生じたのが壬生菜であると伝えられていたが、1787年の文献である『拾遺都名所図会』（図1）には、現在の水菜のような切れ込みのある葉を有している壬生菜が描かれているなど、壬生菜の丸葉が、いつ、どのようにして現在のような形になったのかは不明であった。

筆者は、2010年に新設された総合生命科学部に赴任し、葉の形の多様性に関する研究を進めることになっていた。その際、せっかく京都に来たので、何か「京都らしい」研究をしたいと考え、水菜と壬生菜の葉の形の違いに着目した研究を行うことにした。筆者は植物の進化発生学（エボデボ：発生に関する現象の進化的な背景を明らかにしようとする分野）が専門なので、その知識や技術を活かせば、水菜と壬生菜の葉の形の違いの原因となっている遺伝子を同定できる。また、水菜と壬生菜が分岐したとされる江戸時代後期は、農書や本草書が多く出版されており水菜や壬生菜に関する記載も多



図1 拾遺都名所図会 卷之一「壬生集社」1787年（早稲田大学古典籍総合データベース）

く残っている。そこで、このような文献から得られる情報を遺伝子レベルの研究結果と合わせて考察することで、水菜と壬生菜に見られる葉形変化の歴史を多面的に明らかにできると考えたのである。

#### 4. 葉形変化の遺伝子レベルでの解析

水菜と壬生菜に見られる葉形の違いを引き起こしている遺伝子を同定するため、遺伝学的な解析を進めた。まず水菜と壬生菜を交配して雑種第一代 ( $F_1$ ) を作出したところ、この  $F_1$  の個体の葉は水菜と壬生菜の葉が混ざったような中間的な形態を示した。また、 $F_1$  を自殖して得た  $F_2$  世代では、葉の形が水菜のようにギザギザしたものから壬生菜のように丸いものまで、様々な形の葉を有する個体が得られた。この結果は、水菜と壬生菜の葉の形は複数の遺伝子の働きで決定されていることを示唆していた。そこで、 $F_2$  集団に対して、量的形質遺伝子座解析 (Quantitative Trait Locus Analysis: QTL 解析)<sup>1)</sup> を行ったところ、水菜と壬生菜の葉の形の違いに寄与している遺伝子座が4箇所あることがわかった。この結果は、水菜の切葉から壬生菜の丸葉への変化は、4個の独立した遺伝子に起きた突然変異が寄与していることを意味している。次に、QTL-seq 解析という次世代シーケンサー<sup>2)</sup> を活用した遺伝子解析を実施することで、水菜から壬生菜への変化に寄与する遺伝子領域を絞り込んだところ、7番染色体にある遺伝子領域の寄与が大きいことがわかった。遺伝子配列を詳しく解析すると、この領域から *TEOSINTE BRANCHED/CYCLOIDEA/PCF15* (*TCPI5*) という遺伝子が見つかった。*TCPI5* 遺伝子は、葉の形態形成に寄与することがシロイヌナズナの研究から知られていたことから、「水菜と壬生菜の葉の形の違いの原因は *TCPI5* を含む合計4つの遺伝子の配列の違いである」と結論づけることができた。しかしながら、突然変異の自然発生率は極めて低く、壬生菜が成立したと考えられる江戸時代の比較的短い期間に4つの遺伝子に突然変異生じたとは考えられない。それでは何が要因で水菜の4つの遺伝子に突然変異が生じたのであろうか。

#### 5. 文献調査による葉形変化の過程の解明

壬生菜の来歴については、江戸時代から明治時代に書かれた農書や本草書の記述を根拠として、200年ほど前に壬生地方において水菜から生じた新品種であると言われてきた。例えば、「壬生菜」が初めて出てくる文献は、1787年に刊行された『拾遺都名所図会』である。『拾遺都名所図会』は、京都の観光ガイドブックで、壬生の隼社 (現在の隼神社) を紹介している箇所に壬生菜を栽培している様子が描かれており、「壬生地方で作られている水菜は味が良く評判が良いため「壬生菜」とよばれている」という旨の説明がある (図1)。これまでは、この記載を根拠にして1700年の終わりには壬生菜が成立していたという説が一般的であった。しかしながら、よく注意して見ると、『拾遺都名所

図会』に描かれている壬生菜の葉は切葉であり、現在の水菜に近いように見える。これに対しては、「ここに描かれているのは水菜であって壬生菜ではない」という解釈がされることがあったが、やや不自然な解釈であるように思われた。

そこで、水菜から壬生菜への分岐の過程を明らかにするために、文献（古文書）の調査を行うことにした。幸い、壬生菜が分岐したと考えられる江戸時代は、人口増大に対応するため農業技術が劇的に発達した時代で、その技術を広く伝えるための農書が日本各地で出版されていた。また、京都は歴史的な町であることから、京都での生活など様子が記載された文献も多く残されており、このような文献にある情報を辿っていけば、いつ壬生菜の丸葉が成立したのかを明らかにできると考えたのである。筆者は理学系研究者であり、文献調査などしたこともなかったが、最初は大学図書館にある京都関係の古そうな本を端から眺めていくことから始め、京都府立図書館や総合資料館、国会図書館、オンラインで得られる情報などを片っ端から2年ほどかけて調査した。その結果は論文としてまとめているので詳細は省略するが<sup>3)</sup>、概要は以下のとおりである。

まず、「壬生菜」という言葉の初出は前述の『拾遺都名所図会』（1787年）であるが、ここに描かれた壬生菜の葉は、明らかに切葉である。時代を少し遡ると、『水の富貴寄』（1778）には「壬生水菜」という名称が登場し、そこに描かれている絵も切葉を有している。興味深いことに、この時代に書かれた『成形図説』など他の文献には、壬生菜の葉が丸かったという記載は一切ないだけでなく、水菜と壬生菜を別の野菜として区別しているものも存在しなかった。つまり、当時の壬生菜の葉が丸かったとは考えづらく、壬生菜の葉の形が丸葉へと変化する前に、壬生菜（壬生水菜）という呼称は成立していたと思われる。

一方、1800年代の中頃の文献からは、壬生菜の葉が丸い、もしくは丸葉に近かったことが窺える文献が登場する。1850年頃に刊行された『草木図説』には「ミブナの葉は欠刻（＝ギザギザ）が少ない」と記されていた他、ほぼ同時期の文献である『植物図説雑纂』には、ミズナの一種としてやや単純な葉を持つ植物の記録が残されていた。さらに、1873年に刊行された『日本産物誌』には「ミブナの葉に欠刻なし」と記され、1878年の『植物図教授法』には水菜には「縁の平ナルモノアリ」との説明がされており、また、1889年に刊行された『穀菜弁覧』（竹中卓郎）には、丸葉の壬生菜がきれいに描かれていた。したがって、1800年代の後半に丸葉の壬生菜が成立したと考えられる。

以上の文献調査の結果から、「1700年代後半に壬生地方で作られていた水菜を壬生菜と呼ぶようになり、その後、1800年代中頃から葉の形態が単純化し始めて、1800年代後半に丸葉として定着した」と推察された。つまり呼称が先に成立し、その後に葉の形が変化したのである。壬生地方で作られる水菜は評判が良かったため、現在のブランド野菜のようなイメージで「壬生菜」と呼ぶようになったのであろう。

## 6. カブ類との交雑による壬生菜の誕生

さて、文献の解析から、50年ほどの短い期間に水菜から壬生菜への葉の形の変化が起きたことがわかった。一方、上述のように遺伝子レベルの解析からは4つの遺伝子が葉形の変化に関わっていることが明らかになっており、これほどの短い期間に4つもの遺伝子が変化（突然変異）した理由が説明できず、筆者はどうしたものか困っていた。実は、この謎を解く鍵も文献の中にあった。『拾遺都名所図会』に描かれた壬生菜に再度注目すると、カブのような大きな根部を有することに気がついた（図1）。普通の水菜や壬生菜や根がカブのように膨らむことはない。また、古くに栽培されていたカブは壬生菜のような丸葉であった。そこで、「水菜とカブとが交雑したことが、現在のヘラ型の葉を持つミブナが誕生したきっかけである」という仮説を立てた。この仮説を検証するために、水菜と壬生菜だけでなく、近畿地方で古くから栽培されていたカブ類についてゲノム配列を解読した。水菜と壬生菜とカブのゲノム配列を比較したところ、紫姫という品種のカブのゲノムは、水菜と壬生菜の葉の形の違いに関わる *TCPI5* 遺伝子を含む領域が、壬生菜に近い配列を持つことがわかった。この結果は、ミブナの丸葉の発生に関わる遺伝子がカブに由来することを示している。以上の研究から、現在の丸葉の壬生菜の誕生の原因は、1800年頃に水菜と丸葉のカブとが交雑したことであることが明らかとなった。

京都では、京野菜に代表される数多くの特色ある野菜品種が育種されてきた。本研究では、遺伝子と文献から得られる情報を組み合わせることで、京野菜を代表する伝統野菜が誕生した過程（来歴）を明らかにすることができた。近年、伝統野菜はブランド化や作物の多様性などの側面からその価値が見直されており、今後、科学的な分析によりこれらの伝統野菜の来歴を明らかにすることはますます重要になってくるだろう。

## 7. 文理融合研究を推進するには？

文理融合研究の重要性は古くから認識されており、それこそ筆者が学生の頃（おそらくもっと前から）、分野横断研究、異分野融合研究、学際研究、総合知など言葉は変われど繰り返しその重要性が謳われてきた。第6期科学技術・イノベーション基本計画にも、「人文・社会科学の厚みのある『知』の蓄積を図るとともに、自然科学の『知』との融合による、人間や社会の総合的理解と課題解決に資する『総合知』の創出・活用がますます重要」と記載されている<sup>4)</sup>。繰り返し謳われているということは、その重要性が高いのは間違いない。一方、実現していれば繰り返し謳われ続ける必要はないわけであるから、文理融合研究を実現するのはそう簡単ではないということなのだろう。

本稿で紹介した研究は、学術論文として国際誌に発表後<sup>5)</sup>、「文理融合研究」の好例として高く評価され、マスコミなどでも多く取り上げられた<sup>6)</sup>。しかしながら、筆者は「文理融合研究」をやろうと

思っていたわけではなく、結果として「文理融合研究」になっていたというのが実情である。本研究が文理融合研究としてたまたま成功した理由を振り返って考えてみると、まずは「問い」の設定がポイントであったと思う。筆者は葉の形態を多様性を研究する進化発生学者であるが、水菜や壬生菜はもちろん当該分野の研究で使われるような植物ではない。しかしながら、「せっかく京都に来たので京都らしい研究をしたい」という軽いノリで水菜と壬生菜を材料に選んだのが、結果として学問分野の壁を取り払うことになった。最初は栽培方法などについてインターネットで情報を集めていただけであったが、伝統野菜の水菜や壬生菜については書籍も含めて多くの情報があり、それらを片っ端からのぞいているうちに自動的に数多くの文献や通説に触れざるを得なくなった。そして、それらの解釈や矛盾点などを追求しているうちに、ずぶずぶと文献調査の沼にはまっていったのである。また、京都産業大学で生命科学以外の学問分野の研究者と多く知り合えたのもよかった点である。筆者は理工学部しかない大学の出身であるため、人文もしくは社会科学系の研究者と話す機会はほとんどなかった。しかし本学に赴任してからは、いろいろな分野の専門家と話す機会に恵まれ、生命科学以外の分野における研究の進め方や考え方に触れることできた。この経験がなければ、いきなり文献を漁ろうとは考えなかったと思う。京都産業大学は、1つのキャンパスに人文科学、社会科学、理工学の幅広い分野の研究者や学生が集まる「場」であり、文理融合研究をうみだすには最高の「場」と言えるだろう。

注)

- 1) 量的形質とはヒトの身長やコメの収量など、連続した値をとりうる形質のことである。量的形質は、複数の遺伝子座によって形質が決定されていることが多く、量的形質を決定している遺伝子座を量的形質遺伝子座と呼ぶ。量的形質遺伝子座解析は、多数のマーカーによるジェノタイピングと形質評価により、量的形質遺伝子座を同定する手法である。
- 2) 次世代シーケンサーとは、DNAの配列を決定する装置である。従来よりDNA配列を決定する方法は実用化されていたが、2000年代半ばに次世代シーケンサーが登場すると、従来法とは桁違いに高速かつ大量のDNA配列を解読できるようになり、生命科学や医学研究に革命をもたらした。本学では、植物科学研究センター（旧生態進化発生学研究センター）でイルミナ社のNextSeq500という次世代シーケンサーを運用し、研究に活用している。
- 3) 木村成介、川勝弥一、水菜と壬生菜の来歴について—文献と遺伝子から探る葉形変化の歴史—、京都産業大学論集人文科学系列（2016）49: 161–181
- 4) <https://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/index6.html>（2022年12月1日閲覧）
- 5) Kawakatsu Y, Sakamoto T, Nakayama H, Kaminoyama K, Igarashi K, Yasugi M, Kudoh H, Nagano AJ, Yano K, Kubo N, Notaguchi M, Kimura S, Combination of genetic analysis and ancient literature survey reveals the divergence of traditional *Brassica rapa* varieties from Kyoto, Japan, *Horticulture Research* (2021) 8: 132-1-10
- 6) 大学プレスリリース「京の伝統野菜ミブナの育種の歴史を解明！「Horticulture Research」オンライン版に掲載」  
[https://www.kyoto-su.ac.jp/news/2021\\_release/20210602\\_345\\_release\\_ka01.html](https://www.kyoto-su.ac.jp/news/2021_release/20210602_345_release_ka01.html)（2022年12月1日閲覧）