The Society for Bioscience and Bioengineering, Japan

野生種トマト－その多様性と利用性－

飯島　陽子

近年，ベランダや小さな庭でもできる家庭菜園が流行しているが，その中でもトマトはもっともポピュラーな野菜であり，その種類も非常にバラエティに富んでいる．また，比較的育てやすく，「芽が出て，花が咲いて，実がつき，それが赤くなったら食べる」という植物の成長の全過程を数か月で“わくわく感”を持って楽しむことができるため，最近では小学生の栽培体験授業でも頻繁に扱われている．トマトは生食用および調理用として世界的に品種改良が進んでおり，その数は現在世界で8000種を超えると言われている．トマトは日本のみならず，世界的にもっとも食される野菜の一つであり，食品の3機能（栄養・おいしさ・ヒトでの生体調節機能）すべてを満たす数少ない食品の一つといえる．栄養面では，糖や有機酸，ビタミンなどを多く含み，おいしさとしては，うま味成分であるグルタミン酸，酸味成分であるクエン酸を多く含む．また，香りも豊かである．さらに，生体調節機能として，赤色色素のリコペンをはじめとするカロテノイド，フラボノイド，グリコアルカロイド，オキシリピンなどさまざまな有用成分が見いだされている．

しかし，トマトが世界的に食品として認知されたのはほんの2, 3百年前であり，それまでは“毒草”扱いであった[1]．それは，本来の野生トマトのもつ香りや味，形などの“強烈さ”に起因しており，いかにこれらの性質を抑えるかが品種改良の課題であった（図1）．しかし近年，この野生種トマトの育種または食品としての利用価値の可能性が期待されてきている．ここでは，野生種トマトの魅力と研究材料としての利用性について触れたい．

野生種トマトの特長

トマトの原産地は，南アメリカのアンデス地方で標高が高い高原乾燥地帯であり，これは他のナス科植物であるジャガイモなどとほぼ同じであるといわれている．カリフォルニア大学附属のC. M. Rickトマト遺伝資源センター（TGRC；C. M. Rick Tomato Genetics Resource Center, http://tgrc.ucdavis.edu/）では，野生種トマトや突然変異体トマトについて統括的に種の維持，種子の管理がなされている．現在，野生種トマトとして保存されているおもな9系統とその特徴を表1に示した．その中で，栽培種トマトの原種は，ミニトマト種の*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*であるといわれている．

これまでに野生種トマト間における分子系統解析がい

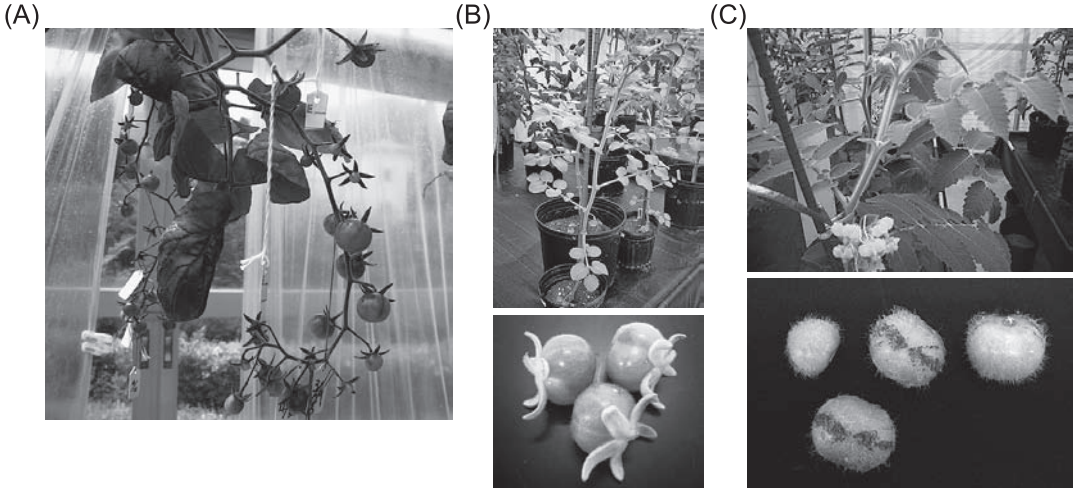

図1．野生種トマトの様子．（A）*S. pimpinellifolium*の植物体と果実，（B）*S. pennellii* の植物体（上）と果実（下），（C）*S. habrochaites* の植物体（上）と果実（下）

著者紹介　神奈川工科大学応用バイオ科学部栄養生命科学科（准教授）　E-mail: iijima@bio.kanagawa-it.ac.jp

NII-Electronic Library Service

The Society for Bioscience and Bioengineering, Japan

くつか報告がある[2]．いずれもその分類は同様の傾向を示し，栽培種の*S. lycopersicum* と近い関係にあるのは，*S. pimpinellifolium*（図1A）や*S. cheesmaniae*であり，一方遠い関係にあるのが，*S. pennellii*（図1B）や*S. habrochaites*（図1C）などである．またごく最近，我々も野生種トマト果実を用いて，トマチンなどのグリコアルカロイド組成の違いから多変量解析を行ったところ，その分類は分子系統解析と同様な傾向を示し（図2）[3]，遺伝子情報が類似したものは，代謝物組成も類似性を示すことが推測された．また，グリコアルカロイド以外の成分組成についても，野生種トマト果実間で代謝物プロファイルが大きく異なり，野生種には，栽培種にはない有用成分が多くあることが推測できる（図3）．

各野生種トマトについてみてみると，栽培種と近縁である*S. pimpinellifolium*の果実のサイズは直径1 cmほどで小さな果実であるが，成熟すると赤くなり，糖度も高いことで知られる（図1A）．とてもかわいらしい果実なので，マイクロトマト（極小トマト）として，サラダのつけ合せ用や観賞用として市販されている．*S. pimpinellifolium*は，昨年報告されたトマトの全ゲノム配列の解読において，栽培種トマトとともに解読された野生種であり，ゲノム上では栽培種とはわずか0.6%しか異ならないことが分かっている[4]．

表1．おもな野生種トマトとその特性

種　　名	熟した果実色	栽培種との交配
S. lycopersicum (*L. esculentum var. cerasiforme*)	赤	可
S. cheesmaniae	黄色～赤色	可
S. pimpinellifolium	赤	可
S. chmielewskii	緑	可
S. neorickii	緑	可
S. peruvianum	緑	不可
S. chilense	緑	不可
S. habrochaites	緑	可
S. pennellii	緑	可

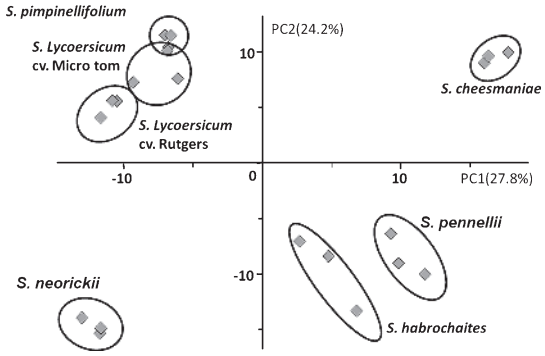

図2．トマト果実のグリコアルカロイド組成に基づく主成分分析結果（各検出成分のlog値を使用）

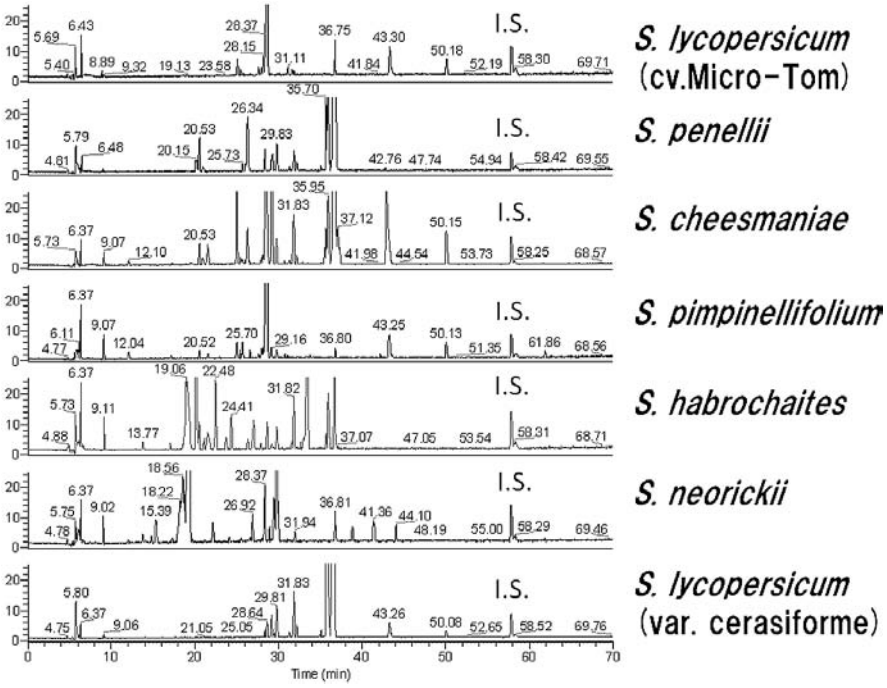

図3．野生種トマト間のLC-MSによる果実代謝物プロファイルの違い（I.S.：内部標準）

NII-Electronic Library Service

The Society for Bioscience and Bioengineering, Japan

野生種トマトとして見た目が特徴的であるのが*S. pennellii*と*S. habrochaites*である．これらの野生種トマトは，系統的に栽培種と距離が遠いにもかかわらず，栽培種トマトの交配が可能であることから，研究材料としてもっとも利用されている野生種トマトである．*S. pennellii*は，葉も果実も丸くかわいらしいが，他のトマトと比べて茎の柔軟性がない（図1B）．また，*S. pennellii*の植物体に触ると手がベトベトするのが特徴である．一般に，トマトは植物体全体がトライコーム（微小な毛）に覆われているが，特に*S. pennellii*では，このトライコームからトマト糖脂質と呼ばれるアシル糖を大量に分泌するからである[5]．トマト糖脂質は，昆虫やカビに対する忌避効果があることが分かっており，トマトの生体防御物質として分泌していると考えられる．一方，*S. habrochaites*は，トライコームが非常に長く，見た目も“毛深い”トマトであり，果実の表面すらも長い毛で覆われている（図1C）．*S. habrochaites*を触ると，非常に強い独特な香りが放出される．このトマトは，他のトマトに比べてテルペン系香気成分が多く分泌されているためである[6]．また，*S. habrochaites*の中には，ブルーチーズなどの香気成分で知られるメチルケトン類をトライコームに多く分泌するものもあり，この種類は非常に臭い特徴がある[7]．

野生種トマトの利用性①
野生種トマトの持つ優良形質

近年トマトに関するさまざまな研究において，野生種トマトが注目されるようになった．そのおもな理由として，野生種トマトのもつ優良形質の有用性にある．野生種トマトの中には，栽培種に比べて抗菌活性，昆虫忌避作用，耐寒性や耐塩性，耐旱性などストレス状況下でも生育できる有用な性質をもつものがある．また，糖度が高かったり（スクロースを多く蓄積する），β-カロテンやフェノール化合物，アントシアニン，ミネラルなどの栄養や食品機能性に関与する成分の高蓄積が見られるものもある．図4にトマトの機能性成分として知られるクロロゲン酸類（抗酸化作用や動脈硬化抑制作用があるといわれる）や，ルチン（毛細血管を強くし、血圧降下作用があるといわれる）の相対比較量を示した．クロロゲン酸などが栽培種のトマト（Micro Tom）よりも多く含まれる野生種トマトもある．野生種と栽培種を交配することによって，このような野生種トマトの“優良形質”を栽培種トマトに役立てることが可能となり，実際に開発も進められている．

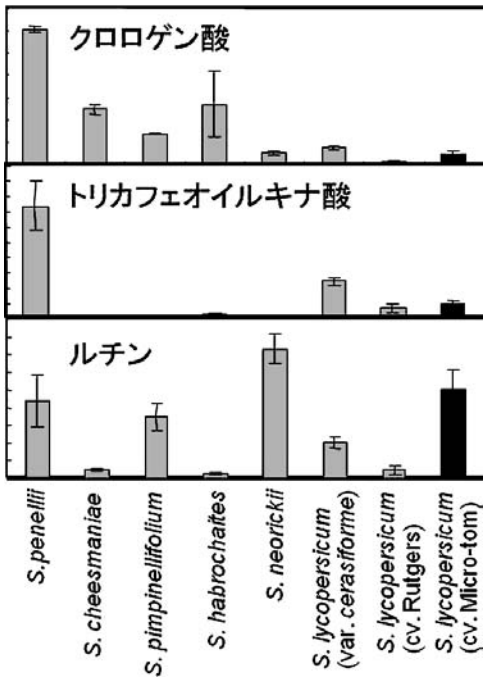

図4. 野生種トマトと栽培種トマトの有用成分量の相対比較（栽培種のMicro Tom=1として表示）

野生種トマトの利用性②
遺伝情報の活用

現在，トマトの遺伝解析，特定形質に関与する遺伝子の探索･解明において，野生種トマトの重要性は大きい．TGRCでは，栽培種トマトと野生種トマト系統を計画的に交配させたイントログレッション系統の整備もされており，*S. lycopersicum*×*S. pennellii*および*S. lycopersicum*×*S. habrochaites*系統が非常によく利用されている．イントログレッション系統があれば，ある特徴的な形質の違いがみられる系統に着目し，関与する遺伝子座をDNAマーカーなどを用いたマッピングによって絞り込み，その形質に直接関わる責任遺伝子を見いだすことができる（QTL解析）．これまでに，野生種トマトのイントログレッション系統を用いたQTL解析により，果実の性質に関与する遺伝子座の特定[8]や，さらに糖[9]や香気成分[10]などの生合成遺伝子の解明に成功している．

前項で述べたように，野生種トマトの有用形質を栽培種に取り込むことはトマトの品種改良に役立つが，通常の交配では手間と時間がかかる．しかし，QTL解析などで得た遺伝子情報をマーカーとしたDNAマーカー育種は効率的に品種改良を行え，重要な品種改良技術であると捉えられている．

NII-Electronic Library Service

The Society for Bioscience and Bioengineering, Japan

野生種トマトの生育特性と難しさ

野生種トマトは，同じ系統に分類されていても発見された場所によって見た目が異なることもあり，野生種トマトの分類は非常に複雑である．特に，トマトといえば赤色をイメージするが，野生種トマトの果実は赤くならずに緑色～黄色を示すものがほとんどで，また，果実はすべて小さく非常にかわいらしい．野生種トマトのほとんどが，おもにエクアドルからペルーにかけた乾燥地帯などの過酷な土地で自生しているため，私たちが日本で栽培しようとしてもうまく育てられないこともある．実際，私たちの研究室では，TGRCからいくつかの野生種トマト種子を入手し，生育を試みたが，発芽しにくい，葉や茎は伸びるが花が咲かない，果実が成長しないなど，おそらく“生育環境が良すぎる，自生場所との環境が違いすぎる”ゆえと思われる，いろんな生育トラブルに見舞われた．また，栽培種のトマトは自家受粉可能であるが，野生種トマトには，自家不和合性を示すものもあるなどの違いもある．さらに，栽培種トマトと交配の難易に違いがあり，*peruvianum*-complexグループに属する野生種トマトは，栽培種トマトと交配ができないことが知られている（表1）[2]．

おわりに

栽培種トマトと野生種トマトの両方を扱った研究に携わると，トマトが原種から世界的にもっとも人気のある野菜となるまで，我々人類はものすごい勢いで品種改良を進めたことに，つくづく感心してしまう．果実の大きさ，形，おいしさなど，あまりにも異なるからである．さらに実際にはトマトが食品として捉えられるようになってから歴史は浅いのである[1]．昨年，トマトの全ゲノム配列情報が解読された[4]．トマトは，ジャガイモやピーマンなどを含むナス科植物の代表的作物であり，ゲノム情報の解明は他のナス科植物の進化や育種においても大いに役立つものと期待されている．今後トマトのゲノム情報と野生種トマトの活用により，より一層トマトに関するさまざまな研究がおこなわれ，新たな発見や新品種の開発が急速に進むであろう．

文　献

1) 橘みのり：トマトが野菜になった日, 草思社 (1999).
2) Peralta, I. E. *et al.*: *System. Bot. Monogr.*, **84**, 1 (2008).
3) Iijima, Y. *et al.*: *Phytochemistry*, **95**, 145 (2013).
4) Tomato Genome Consortium: *Nature*, **485**, 635 (2012).
5) Mutschler, M. A. *et al.*: *Theor. Appl. Genet.*, **92**, 709 (1996).
6) van der Hoeven, R. S. *et al.*: *Plant Cell*, **12**, 2283 (2000).
7) Antonious, G. F.: *J. Environ. Sci. Health*, **B36**, 835 (2001).
8) Causse, M. *et al.*: *J. Exp. Bot.*, **53**, 2089 (2002).
9) Fridman, E. *et al.*: *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **97**, 4718 (2000).
10) Mathieu, S. *et al.*: *J. Exp. Bot.*, **60**, 325 (2009).

NII-Electronic Library Service