ニホンナシ栽培品種の変遷と農研機構における品種育成の現状

齋 藤 寿 広

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 果樹茶業研究部門品種育成研究領域

Transitions in Leading Japanese Pear Cultivars and Current Status of Pear Breeding at NIFTS, NARO, Japan

Toshihiro Saito

Division of breeding and genetics, Institute of Fruit Tree and Tea Science, National Agriculture and Food Research Organization (NARO), 2-1 Fujimoto, Tsukuba, Ibaraki 305-8605

The Japanese pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai) is one of the most commercialized fruit trees in Japan and it has been consumed for a long time. The concept of pear cultivars was first developed in the middle of Edo Era (1603-1887). Commercial pear orchards were established in the late Edo Era and over 1000 cultivar name have since been recorded. 'Taihei' was the leading cultivar in 1890-1900, followed by 'Kozo' in 1900-1910. 'Chojuro' became the leading cultivar from the 1910s to the late 1940s due to its high productivity and disease resistance, but 'Nijisseiki' replaced it until the late 1980s, as this cultivar had superior flesh texture despite its extreme susceptibility to black spot disease. The systematic breeding program of the Horticultural Research Station [currently National Institute of Fruit Tree and Tea Science (NIFTS), National Agricultural Research Organization (NARO)] began in 1935 and it mainly aimed to improve fruit quality by focusing on flesh texture and black spot disease. As a result, cultivars 'Kosui' and 'Hosui' were released in 1959 and 1972, respectively. 'Kosui' became a leading cultivar in the late 1980s and 'Hosui' became second in the beginning of the 1990s. Current breeding at NIFTS uses DNA marker-assisted selection for combining superior fruit quality with traits related to labor and cost reduction, multiple disease resistance, and self-compatibility. (Accepted Jan. 31, 2018)

Keywords : *Pyrus pyrifolia*, leading cultivar, fruit quality, cross-breeding, DNA marker

キーワード : *Pyrus pyrifolia*, 主要品種, 果実品質, 交雑育種, DNA マーカー

1. はじめに

ナシはバラ科ナシ属に属する、商業的に重要な果樹である。世界には少なくとも29の種と11の種間雑種がありⁱ⁾、生食に供される主要な種は、セイヨウナシ、チュウゴクナシ、ニホンナシである。世界の落葉果樹の中では、リンゴ、ブドウに次いで生産量が多く、2016年には世界87か国で計約2730万トンが生産され、果樹全体の1.9%を占めるⁱⁱ⁾。セイヨウナシ (*Pyrus communis* L.) の主要生産国はアルゼンチン、アメリカ、イタリア、トルコ、南アフリカと4大陸に分布する等、最も栽培されている地域が広い。チュウゴクナシは主に中国で栽培され、最も生産量が多く、世界の生産量の約71%を占める。中国東北部には比較的小果で耐寒性の高い秋子梨 (*P. ussuriensis* Maxim.) が³⁾、中部には秋子梨と砂梨との雑種とされる白梨 (*P. bretschneideri* Rehd.) が³⁾、南部には大果の砂梨 (*P. pyrifolia* Nakai) が分

布する。ニホンナシ (*P. pyrifolia* Nakai) は日本の他、中国南部や朝鮮半島に分布する。最近の遺伝子解析研究によると、東アジアのナシ属栽培植物であるチュウゴクナシとニホンナシとは種よりもむしろ品種群として分類することが妥当であるほど非常に近縁であることが明らかになっている¹⁾。

日本のナシ生産量は世界で12位であり、1.0%を占める。国内ではニホンナシが主要な栽培種であり、ナシ全体の栽培面積の86.7%を占め、沖縄を除く全ての都道府県で栽培されているⁱⁱⁱ⁾。一方、セイヨウナシは全体の13%、チュウゴクナシは0.3%である。2016年度におけるニホンナシの産出額は786億円で、農産物全体の23位、果樹の中ではミカン、リンゴ、ブドウに次いで第4位である^{iv)}。

2. 日本におけるナシの利用形態

2017年に日本農林規格に格付された果汁量の実績は、セ

〒305-8605 茨城県つくば市藤本2-1

連絡先 (Corresponding author), saito@affrc.go.jp

イヨウナシが果実ジュースとして 154kL あったのに対し、ニホンナシはチュウゴクナシとともに 0kL であった²⁾。また、ナシの果実缶詰が 2014 年に 452t 生産されているが、その原料もセイヨウナシであった³⁾。これらのことから、セイヨウナシは加工原料としても積極的に利用されているのに対し、ニホンナシは地域特産的に加工品が製造されているものの、その量はごくわずかであり、ほとんどは生食されていると考えられる。これは、ニホンナシは明確な香りに乏しいこと、特有の肉質や石細胞が加工品の品質向上の妨げになること等から、現状ニホンナシの特徴を生かした加工品の製造が困難と判断されているためと推察される。農研機構では、今後こうした点を改善した品種育成も視野に入れる必要があると考えている。

3. 日本におけるナシの来歴

日本におけるナシの利用は、弥生時代後期の集落・水田遺跡である登呂遺跡から炭化した種子が出土したことから、この頃すでにナシを食用に供していたと考えられる⁴⁾。文献に初めて登場するのは「日本書紀」巻第三十であり、天皇がナシの栽培を奨励する記述が見られ、ナシの栽培がそれ以前に始まっていたことがうかがえる。室町時代の 1401 年に著された「庭訓往来」には主要な果樹としてナシがあげられているが、16～17 世紀までは品種の概念が薄く、庭先果樹として植えられていたと想像される。18 世紀に入ると、園地に栽培されるようになり、産地が形成され、品種という概念が形成されるようになったと考えられている。江戸時代末期には 1000 以上の品種名が記録されるなど、この時期までは各地で在来品種が栽培されていたが、その後は後述する通り、発見・改良された優良品種が主要品種となって全国で栽培されるようになった⁵⁾⁶⁾。現在は 49 品種が栽培されており、収穫量は約 245 000 トンで、果樹ではミカン、リンゴに次いで第 3 位である。

チュウゴクナシは、明治時代に「鴨梨」や「慈梨」が導入されたが、ほとんど普及せず⁷⁾、現在では北海道で「身不知」、岡山県で「鴨梨」がわずかに栽培されているに過ぎない⁸⁾。

セイヨウナシは明治時代の初期に欧米から導入され、各地で試作されたが、生育期に雨が多い気候に適応せず、山形、青森、新潟、長野県等の冷涼で開花期に雨が少ない地域への定着にとどまった⁷⁾。現在は北日本を中心とした 12 道県に 18 品種が栽培されており、生産量は約 29 000 トンで、果樹の中では 8 位である。主な品種は「ラフランス」、「ルレクチェ」、「パートレット」であり、それぞれのシェアは約 63、9、6% である⁹⁾。

4. ニホンナシにおける主要栽培品種の変遷

1880 年頃から千葉や神奈川で優良品種が発見されて全国に広まり、各地の在来品種を駆逐していった⁵⁾。1890 年

図 1 「長十郎」の果実

図 2 「二十世紀」の果実

頃は江戸時代に神奈川県で発見された晩生品種の「太平」が、甘味が強いことから主要品種となった。1900 年頃には、神奈川県で 1892 年頃に発見された中生の「幸蔵」にその座を明け渡した。「幸蔵」は果肉が軟らかく、多汁であり、品質は良好だったものの、収量性が低く日持ち性も短かったことから生産が減少した⁸⁾。その後は 19 世紀末に発見された「長十郎」(図 1) が、隔年結果せずに豊産性で栽培しやすく、糖度が高くて甘いこと、さらに黒星病の大発生年にも被害が少なかったことから全国に広まって 1910 年代以降主要品種となった。

1929 年から 2015 年における、品種別栽培面積の年次推移について表 1 に示した。20 世紀初頭の鉄道網の整備に伴って新たな産地が形成され、主に「長十郎」が植えられたことから、全体の 80% 以上を占めたともいわれる「長十郎」全盛時代を迎えた。その後、1950 年前後に「二十世紀」(図 2) に首位の座を明け渡したものの、同品種とともに 2 大品種時代を築き、1980 年代後半まで主要品種として栽培され続けた。1960 年代から数度に渡って価格が暴落した経緯や⁹⁾、「幸水」(図 3)、「豊水」(図 4) が普及したことから、特に 1980 年代以降減少が著しく、現在の栽培面積は 53ha と全体の 0.5% 程度となっている。

表 1 ニホンナシにおける品種別栽培面積の年次推移 (ha)

品 種	年 次 ²									
	1929	1936	1947	1953	1958	1974	1986	1995	2005	2015
長十郎	5042	5376	2168	3087	4876	5936	1975	468	124	53
二十世紀	844	1527	1978	3363	5503	6675	5605	3180	1591	586
幸 水						1414	5328	6818	5384	3982
新 水						705	1049	297	83	33
豊 水						361	2847	4128	3663	2627
新 興						271	96	388	348	232
新 高							316	1331	1305	930
南 水									208	246
あきづき									118	375
計	11138	12169	7076	9873	14700	18773	18813	17880	13410	9896

² 1929-1974 年は Machida (1979)¹⁷⁾ を改, 1986 は果樹栽培状況等調査昭和 61 年産³⁸⁾, 1995 は果樹栽培状況等調査平成 6 年産³⁹⁾

2005 は特産果樹栽培状況等調査平成 17 年産^{v)}, 2015 は特産果樹栽培状況等調査平成 27 年産ⁱⁱⁱ⁾ からそれぞれ抜粋

図 3 「幸水」の果実

図 5 「あきづき」の果実

図 4 「豊水」の果実

一方、「長十郎」と同時期に発見された「二十世紀」は、当時の品種としては果実品質、特に肉質が極めて優れてい

たものの、黒斑病に対して感受性が著しく高かったため、普及していなかった。しかし、1926 年に袋かけと薬剤散布技術が開発されて防除技術が確立したことから、栽培面積が大きく増加し、1950 年頃には最も栽培面積の多い品種となり、1970 年代まで面積は増加し続け、1980 年代後半に「幸水」に抜かれるまで約 40 年間首位であり続けた。1990 年代以降は「幸水」、「豊水」の普及や、放射線によって耐病性を獲得した「ゴールド二十世紀」の育成¹⁰⁾ もあって急速に面積が減少し、2015 年では 586 ha と全体の約 6% になっている。

農研機構が 1959 年に公表した「幸水」は¹¹⁾、当初早生で、果実品質特に肉質が優れているものの、小果で花芽の着生が少ないという栽培面での問題がみられた。しかし、間もなく公立試験研究機関や篤農家と呼ばれる先進的な生産者によって大果生産技術が確立されたことにより、栽培面積は大きく増加し、1980 年代後半に最も栽培面積が多い品種

となった。1965 年に公表した「新水」は¹²⁾、「幸水」より早生の品質が優れる品種として注目され、当初栽培面積を伸ばしたが、黒斑病に弱かったことや小果であったこと、さらに花芽の着生がやや不良で収量性が劣ったため、その後は減少の一途をたどっている。一方、1972 年に公表された「豊水」は¹³⁾、中生品種で果実品質が極めて優れ、栽培上大きな問題点もなかったことから、当初から着実に面積を増やし、1990 年代から「幸水」に次ぐ面積となった。1990 年代から現在に至るまで両品種で全栽培面積の 60% 以上を占める状況が続いている。

1980 年代以降に観光農園等直売の経営方式が増加し、営業期間をより長く保つために晩生品種への需要が高まった。これに対して「新高」は 1929 年に育成された古い品種ではあったが¹⁴⁾、晩生品種の中で比較的早熟で「豊水」との収穫期の差が小さく、豊産性で品質も良好であったことから選択され、「幸水」、「豊水」の栽培面積がいずれも 1990 年代後半になって減少に転じたのに対し、2000 年初期まで面積を増やした。現在も晩生品種の中で最も多く栽培され、シェアは約 9% である。

その他、最近大きく面積を増やした品種としては、1990 年に長野県が育成した「南水」¹⁵⁾があげられる。「豊水」の後に収穫され、糖度が高く、貯蔵性も優れることから栽培面積を伸ばし続けており、現在のシェアは約 3% である。また、農研機構が 1998 年に育成した「あきづき」¹⁶⁾も、「豊水」の後に収穫され、果実の外観と品質がともに優れる品種として、栽培面積で約 4% までシェアを伸ばしている。

5. 農研機構における品種育成の経緯と現状

農研機構では、1935 年にナシの育種を開始した¹⁷⁾。当時の主要品種は「長十郎」と「二十世紀」であり、育種目標は「長十郎」の持つ黒斑病抵抗性を含む栽培性と「二十世紀」が持つ優良な果実品質、中でも優れた肉質とを併せ持つ品種の育成であった。その代表的な成果として「幸水」、「豊水」、「あきづき」(図 5) 等を育成した。近年の育種目標は、下記の通り従来の形質の他にさらなる病害抵抗性および省力性が増えられている。

良食味：肉質が軟らかく、甘味が強く、酸味が少ない品種育成を目指している。これまでは、肉質が軟らかくてち密である点を最重視して取り組み、一定の成果をあげてきた。これに加えて最近の消費者嗜好は、「甘い」と感じられるかどうか重要となっているので、現在は甘味の強さとして高糖度であることにより重点を置いている。ニホンナシの主要糖成分はスクロース、フルクトース、グルコース、ソルビトールの 4 種類であり、その組成には大きな品種間差異がある¹⁸⁾。4 種類の中ではスクロースとフルクトースの甘味度が高いため、両種の比率が高い品種の育成も考慮している。

黒斑病・黒星病複合抵抗性：ニホンナシの防除上重要な

病害としては特に黒斑病と黒星病があげられる。黒斑病抵抗性については、育種開始以来大きな目標と位置づけて取り組み、遺伝的には多くのナシが抵抗性を示すこと、抵抗性の遺伝様式が明らかとなったことから¹⁹⁾、効率的な育種が可能となり、1970 年代以降の育成品種はすべて抵抗性を示す。一方、黒星病に対しては、ニホンナシ主要品種はすべて病性を示す。抵抗性の育種素材を探索した結果、ニホンナシでは「巾着」のみ、チュウゴクナシでは「紅梨」や「蜜梨」、セイヨウナシは供試したいずれの品種も抵抗性を示した²⁰⁾²¹⁾。また、これら抵抗性の遺伝様式は、いずれも一対の主動遺伝子によって制御され、り病性が劣性で抵抗性が優性であること、さらに抵抗性遺伝子について「巾着」とチュウゴクナシはヘテロに、セイヨウナシはホモに有することが明かになった²²⁾²³⁾。1980 年代後半から開始した両病害への複合抵抗性の品種育成への取り組みの成果として、2014 年に「巾着」の後代から「ほしあかり」が育成、公表された²⁴⁾。

自家和合性：ほとんどのニホンナシは自家不和合性を示すため、大部分の生産者は結実確保のために人工受粉を行っている。この作業は開花時の非常に短い期間に多くの労働力を必要とするため、省力化が求められている。自家不和合性は花粉遺伝子と花柱遺伝子を含む 1 対の複対立ハプロタイプ (S ハプロタイプ) によって制御されている²⁵⁾。「おさ二十世紀」は「二十世紀」が自家和合化した自然突然変異であり、1979 年に最初の自家和合性品種として品種登録された²⁶⁾。この自家和合化は、S ハプロタイプの花粉側遺伝子によるものではなく、花柱側遺伝子に変異したことによるものであることが明らかとなった²⁷⁾。1980 年代から「おさ二十世紀」を交配親として自家和合性品種育成に組み込み、「なし中間母本農 1 号」²⁸⁾と「なるみ」²⁴⁾がそれぞれ 1998 年、2015 年に育成、公表された。

6. 品種育成の効率化：DNA マーカー育種

従来の育種選抜では、交雑後代の目的形質の有無を検定するためには、耐病性であれば病原菌接種が可能な生育ステージとなるまでの播種後数ヶ月、自家和合性に至っては、自家結実率まで観察する必要があるために 5-10 年といった長年月を要していた。現在、黒斑病り病性²⁹⁾³⁰⁾、黒星病抵抗性²⁹⁾³¹⁾、自家和合性^{32)~37)}等の形質に関連する DNA マーカーが開発されており、その利用によって播種後 1~2ヶ月程度での判定が可能である。早期に目的形質の有無を明らかにし、有用形質を持つ個体だけを圃場に定植することが出来るので、実質的な育種規模の大幅な拡大による効率化が可能となっている。こうした技術を最大限に利用することで、「幸水」、「豊水」と比較してより品質が高く、かつ省力、低コストの品種育成の加速化を図っている。

文 献

- 1) Iketani, H., Katayama, H., Uematsu, C., Mase, N., Sato, Y., and Yamamoto, T. (2012). Genetic structure of East Asian cultivated pears (*Pyrus* spp.) and their reclassification in accordance with the nomenclature of cultivated plants. *Plant Syst. Evol.*, **298**, 1689–1700.
- 2) 日本果汁協会 (2017). 2017 果汁関係資料. 日本果汁協会, 東京, pp. 286.
- 3) 日本缶詰びん詰レトルト食品協会 (2016). かんづめハンドブック. 日本缶詰びん詰レトルト食品協会, 東京, pp. 80.
- 4) 梶浦一郎 (2013). ナシ：品種改良の日本史：作物と日本人の歴史物語. 鶴飼保雄, 大澤良編集, 悠書館, 東京, pp. 413–440.
- 5) 梶浦一郎 (2000). 原産と来歴：果樹園芸大百科ナシ, 農山漁村文化協会, 東京, pp. 5–12.
- 6) 梶浦一郎, 佐藤義彦 (1990). ニホンナシの育種及びその基礎研究と栽培品種の来歴及び特性. 果樹試験場報告特別報告第 1 号：1–36.
- 7) 安田 (高崎) 剛志, 田村文男 (2015). 第 5 章ナシ. 果樹園芸学, 金浜耕基編集, 文永堂出版, pp. 125–158.
- 8) 田邊賢二 (2010). 日本ナシの品種, 鳥取二十世紀梨記念館, 鳥取, pp. 128.
- 9) 農林水産省農林水産技術会議事務局昭和農業技術発達史編纂委員会編 (1997). 果樹作編. 昭和農業技術発達史第 5 巻果樹作編・野菜作編, 農林水産技術協会, 東京, pp. 27–362.
- 10) 壽 和夫, 真田哲朗, 西田, 光夫 (1992). ニホンナシ新品種 ‘ゴールド二十世紀’. 農業生物資源研究所研究報告, **7**, 105–120.
- 11) 梶浦 実 (1959). 梨新品種「幸水」について. 園芸学会昭和 34 年度春季大会研究発表要旨, 1–2.
- 12) 梶浦 実, 金戸橋夫, 町田 裕, 小崎 格 (1967). 日本ナシの新品種「新水」について. 園芸試験場報告, **A6**, 69–76.
- 13) 梶浦 実, 金戸橋夫, 町田 裕, 前田 誠, 小崎 格, 田代俊生, 岸本 修, 清家金嗣 (1974). ニホンナシの新品種 ‘八幸’ と ‘豊水’ について. 果樹試験場報告, **A1**, 1–12.
- 14) 神奈川県立農事試験場 (1927). 日本梨品種改良成績. pp. 104.
- 15) 島津忠昭, 牧田 弘, 宮下忠博, 白田 彰, 塩沢淳一, 三浦小四郎, 今川博司, 三木昌平, 赤羽三三夫, 堀 親郎 (1999). ニホンナシ新品種「南水」. 長野県南信農業試験場報告, **3**, 1–7.
- 16) 壽 和夫, 齋藤寿広, 町田 裕, 佐藤義彦, 阿部和幸, 栗原昭夫, 緒方達志, 寺井理治, 西端豊英, 小園照雄, 福田博之, 木原武士, 鈴木勝征 (2002). ニホンナシ新品種 ‘あきづき’. 果樹研究所研究報告, **1**, 11–21.
- 17) Machida, Y. (1979). Trend of breeding works for Japanese pear in Japan. *Japan Agricultural Research Quarterly*, **13**, 234–237.
- 18) 梶浦一郎, 山木昭平, 大村三男, 秋浜友也, 町田 裕 (1979). 東アジア産ナシ類の果実中に含まれる糖成分の歴史的变化と糖組成についての主成分分析による品種分類. 育種学雑誌, **29**, 1–12.
- 19) 小崎 格 (1974). 梨黒斑病抵抗性に関する育種学的研究. I ナシ黒斑病抵抗性の遺伝. 園芸試験場報告, **A12**, 17–27.
- 20) Ishii, H., Udagawa, H., Nishimoto, S., Tsuda, T., and Nakashima, H. (1992). Scab resistance in pear species and cultivars. *Acta Phytopathol. Entomol. Hung.*, **27**, 293–298.
- 21) 阿部和幸, 栗原昭夫 (1993). ニホンナシ黒星病抵抗性の種・品種間差異. 園芸学会雑誌, **61**, 789–794.
- 22) Abe, K. and Kotobuki, K. (1998a). Inheritance of high resistance to *Venturia nashicola* Tanaka et Yamamoto in Japanese pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai) and Chinese pear (*P. ussuriensis* Maxim.). *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, **67**, 677–680.
- 23) Abe, K., Kotobuki, K., Saito, T., and Terai, O. (2000). Inheritance of resistance to pear scab from European pears to Asian pears. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, **69**, 1–8.
- 24) Saito, T. (2016). Advances in Japanese pear breeding in Japan. *Breeding Science*, **66**, 46–59.
- 25) 菊地秋雄 (1929). 昭和二年及三年に於ける研究事項. (一) 日本梨に於ける偏父性不親和. 園芸之研究, **24**, 1–6.
- 26) 古田 収, 今井敏彦 (1987). 日本ナシの自家結実性品種 “おさ二十世紀” の特性とその摘果法. 鳥取県果樹試験場報告, **10**, 1–19.
- 27) Sato, Y. (1993). Breeding of self-compatible Japanese pear. In: Hayashi, T. et al. (eds.) Techniques on gene diagnosis and breeding in fruit trees, Fruit Tree Research Station, Tsukuba, pp. 241–247.
- 28) 齋藤寿広, 壽 和夫, 佐藤義彦, 阿部和幸, 町田 裕, 栗原昭夫, 梶浦一郎, 寺井理治, 正田守幸, 澤村 豊, 緒方達志, 増田亮一, 西端豊英, 榎村芳記, 小園照雄, 福田博之, 木原武士, 鈴木勝征 (2015). 自家和合性ハプロタイプホモ接合体のニホンナシ新品種 ‘なし中間母本農 1 号’. 果樹研究所研究報告, **20**, 1–9.
- 29) Iketani, H., Abe, K., Yamamoto, T., Kotobuki, K., Sato, Y., Saito, T., Terai, O., Matsuta, N., and Hayashi, T. (2001). Mapping of disease related genes in Japanese pear using a molecular linkage map with RAPD markers. *Breeding Science*, **51**, 179–184.
- 30) Terakami, S., Adachi, Y., Iketani, H., Sato, Y., Sawamura, Y., Takada, N., Nishitani, C., and Yamamoto, T. (2007). Genetic mapping of genes for susceptibility to black spot disease in Japanese pears. *Genome*, **50**, 735–741.
- 31) Terakami, S., Shoda, M., Adachi, Y., Gonai, T., Kasumi, M., Sawamura, Y., Iketani, H., Kotobuki, K., Patocchi, A., Gessler, C., Hayashi, T., and Yamamoto, T. (2006). Genetic mapping of the pear scab resistance gene *Vnk* of Japanese pear cultivar Kinchaku. *Theor. Appl. Genet.*, **113**, 743–752.
- 32) Ishimizu, T., Inoue, K., Shimonaka, M., Saito, T., Terai, O., and Norioka, S. (1999). PCR-based method for identifying the S-genotypes of Japanese pear cultivars. *Theor. Appl. Genet.*, **98**, 961–967.
- 33) Kim, H., Kakui, H., Koba, T., Hirata, Y., and Sassa, H. (2007). Cloning of a new S-RNase and development of a PCR-RFLP system for the determination of the S-genotypes of Japanese pear. *Breeding Science*, **57**, 159–164.
- 34) Nashima, K., Terakami, S., Kunihiisa, M., Nishitani, C., Saito, T., and Yamamoto, T. (2014). Allele-specific LAMP markers for S-RNase genes in Japanese pear. *DNA Polymor.*, **22**, 56–59.
- 35) Nashima, K., Terakami, S., Nishio, S., Kunihiisa, M., Nishitani, C., Saito, T., and Yamamoto, T. (2015). S-genotype identification based on allelespecific PCR in Japanese pear. *Breeding Science*, **65**, 208–215.
- 36) Okada, K., Tonaka, N., Moriya, Y., Norioka, N., Sawamura, Y., Matsumoto, T., Nakanishi, T., and Takasaki-Yasuda, T. (2008). Deletion of a 236 kb region around *S₄*-RNase in a stylar-part mutant *S₄sm* haplotype of Japanese pear. *Plant Mol. Biol.*, **66**, 389–400.
- 37) Takasaki, T., Okada, K., Castillo, C., Moriya, Y., Saito, T., Sawamura, Y., Norioka, N., Norioka, S., and Nakanishi, T. (2004). Sequence of the *S₉*-RNase cDNA and PCR-RFLP system for discriminating *S_J*- to *S₉*-allele in Japanese pear.

Euphytica, **135**, 157–167.

- 38) 農林水産省農蚕園芸局果樹花き課 (1987). 果樹栽培状況等調査昭和 61 年産. 農林水産省, 東京.
- 39) 農林水産省農蚕園芸局果樹花き課 (1997). 果樹栽培状況等調査平成 7 年産. 農林水産省, 東京.

引用 URL

- i) <https://npgsweb.ars-grin.gov/gringlobal/taxon/taxonomysimple.aspx> (2017. 11. 30).
- ii) <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC31> (2017. 12. 31).
- iii) <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00500503&tstat=000001020907&cycle=7&>

[tclass1=000001032892&tclass2=000001112555&second=1&second2=1](https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00500206&tstat=000001015617&cycle=7&year=20160&month=0&tclass1=000001019794&tclass2=000001114908) (2018. 7. 9).

- iv) <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00500206&tstat=000001015617&cycle=7&year=20160&month=0&tclass1=000001019794&tclass2=000001114908> (2018. 7. 9).
- v) <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00500503&tstat=000001020907&cycle=7&year=20050&month=0&tclass1=000001032892&tclass2=000001020909> (2018. 7. 9).

(平成 30 年 1 月 31 日受理)