

New Japanese pear cultivar 'Nashi chuukanbohon nou 1 gou', with the homozygote of haplotype for self-compatibility (*Pyrus pyrifolia* Nakai).

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2019-03-22 キーワード (Ja): キーワード (En): self-compatibility, Ssm_4 homozygote, resistant to black spot disease 作成者: 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, 檜村, 芳記, 小園, 照雄, 福田, 博之, 木原, 武士, 鈴木, 勝征 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24514/00002094

原著論文

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’

齋藤寿広^{*}・壽 和夫^{†1}・佐藤義彦^{†1}・阿部和幸^{†2}・町田 裕^{†1}・栗原昭夫^{†1}・梶浦一郎^{†1}・
寺井理治^{†1}・正田守幸^{†3}・澤村 豊・緒方達志^{†4}・増田亮一^{†5}・西端豊英^{†6}・檜村芳記^{†7}・
小園照雄^{†1}・福田博之^{†1}・木原武士^{†1}・鈴木勝征^{†1}

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
果樹研究所品種育成・病虫害研究領域
305-8605 茨城県つくば市

New Japanese pear cultivar ‘Nashi chuukanbohon nou 1 gou’, with the homozygote of
haplotype for self-compatibility (*Pyrus pyrifolia* Nakai).

Toshihiro SAITO^{*}, Kazuo KOTOBUKI, Yoshihiko SATO, Kazuyuki ABE, Yutaka MACHIDA, Akio KURIHARA,
Ichiro KAJIURA, Osamu TERA, Moriyuki SHODA, Yutaka SAWAMURA, Tatsushi OGATA, Ryoichi MASUDA,
Toyohide NISHIBATA, Yoshiki KASHIMURA, Teruo KOSONO, Hiroyuki FUKUDA, Takeshi KIHARA
and Katsuyuki SUZUKI

Breeding and Pest Management Division, Institute of Fruit Tree Science
National Agriculture and Food Research Organization (NARO)
Tsukuba, Ibaraki 305-8605, Japan

Summary

‘Nashi chuukanbohon nou 1 gou’ is a new mid- to late-maturing cultivar of Japanese pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai) with smooth skin, released in 2002 by the NARO Institute of Fruit Tree Science (NIFTS). The Japanese name of the cultivar is translated as “the first registered clone that was shown to be useful in Japanese pear crossbreeding”. The cultivar was released from the breeding program with funds from the Ministry of

(2015年 3 月10日受付・2015年 6 月 3 日受理)

^{†1} 元 果樹研究所 茨城県つくば市

^{†2} 現 果樹研究所リンゴ研究領域 岩手県盛岡市

^{†3} 現 沖縄県農業研究センター 沖縄県糸満市

^{†4} 現 国際農林水産業研究センター熱帯・島嶼研究拠点 沖縄県石垣市

^{†5} 現 作物研究所稲研究領域 茨城県つくば市

^{†6} 現 松谷化学工業株式会社 兵庫県伊丹市

^{†7} 現 果樹研究所企画調整部 茨城県つくば市

^{*} Corresponding author. E-mail: saito@affrc.go.jp

Agriculture, Forestry and Fisheries in Japan. 'Nashi chuukanbohon nou 1 gou' originated from the selfing of 'Osanijisseiki' in 1980. 'Nashi chuukanbohon nou 1 gou' was selected as a homozygote of S_4^{sm} , a self-compatible haplotype of Japanese pear, in 1991 from cross-pollination tests. Furthermore, self-compatible offspring were obtained efficiently by using 'Nashi chuukanbohon nou 1 gou' as the parent in cross-pollination experiments from 1998 to 2000. 'Nashi chuukanbohon nou 1 gou' was registered as No. 16164 under the Plant Variety Protection and Seed Act of Japan on March 5, 2008.

The tree vigor of 'Nashi chuukanbohon nou 1 gou' is not as strong as 'Osanijisseiki'; however, the amount of fruit spurs and axillary flower buds are nearly the same for the two cultivars. 'Nashi chuukanbohon nou 1 gou' is self-compatible with a level of self-fruitfulness as high as that for 'Osanijisseiki'. 'Nashi chuukanbohon nou 1 gou' blooms later than 'Osanijisseiki', and the two cultivars ripen at almost the same time. 'Nashi chuukanbohon nou 1 gou' is resistant to black spot disease, and there are no serious problems with diseases or insect pests when trees are subjected to standard spraying programs.

The fruit of 'Nashi chuukanbohon nou 1 gou' is round in shape, weighs about 200 g, and is smaller than the fruit of 'Osanijisseiki'. An intermediate amount of suberin develops on the skin surface of fruit when grown under non-bagging culture conditions. The flesh hardness of 'Nashi chuukanbohon nou 1 gou' is 5.3 lbs., being a little harder than that of 'Osanijisseiki'. The soluble solids content and the pH in 'Nashi chuukanbohon nou 1 gou' fruit juice average around 12% and 4.7, respectively, both of which are almost as high as those of 'Osanijisseiki'.

Pistils from the S_8 haplotype accept the pollen of 'Nashi chuukanbohon nou 1 gou' to the same extent as the S_2 , S_3 , S_5 , S_6 , S_7 , S_9 and S_k haplotypes, suggesting that $S_8S_4^{sm}$ is self-compatible. The expected ratios of self-compatible offspring yielded from crosses between self-incompatible cultivars and 'Nashi chuukanbohon nou 1 gou' are almost twice as high as those from crosses between self-incompatible cultivars and the S_4^{sm} heterozygote. One notable exception arises from the incompatibility between S_4^{sm} pollen and the S_1 as well as the S_4 pistils. 'Nashi chuukanbohon nou 1 gou' is expected to be a useful genetic material for efficiently obtaining self-compatible progeny.

Key words: self-compatibility, S_4^{sm} homozygote, resistant to black spot disease

緒 言

ニホンナシのほとんどの品種は一对の複対立遺伝子 (S 遺伝子) によって支配される配偶体型の自家不和合性を示す (寺見ら, 1946) ことから, 栽培時には受粉樹の混植や人工受粉が必要である. 人工受粉に摘果を加えた作業時間は年間作業時間の約 2 割を占めており, 特に前者は短い開花期間に集中的に行う必要があることから労働集約性が非常に高い. この受粉作業を省力化するために自家和合性品種の利用が有効であると考えられる.

‘おさ二十世紀’は‘二十世紀’ (S_2S_4) の枝変わりであり, 自家和合性を有する最初の品種である (古田・今井, 1987). ‘二十世紀’の花粉は‘おさ二十世紀’と和合性を示すのに対し, ‘おさ二十世紀’の花粉は‘二十世紀’と不和合性を示すことから, その自家和合性は花柱の変異に由来することが明らかとなった (Sato, 1993). さらに, ‘おさ二十世紀’と‘幸水’ (S_4S_5) の後

代において自家和合性と不和合性が1:3に分離したことから, ‘幸水’と‘おさ二十世紀’の組合せからは自家不和合性の後代しか出現しなかったことから, ‘おさ二十世紀’の S 遺伝子型は S_4 ハプロタイプの花柱突然変異を有する $S_2S_4^{sm}$ (sm: stylar part mutant の略) と考えられている (Sato, 1993). これまでに S_4^{sm} ハプロタイプは, 花柱の S_4 遺伝子産物である S_4RNase が存在せず (Ishimizu et al. 1996), S_4 遺伝子が欠失している (Saasa et al. 1997) こと, さらに花柱 S_4RNase や花粉 S 遺伝子である $F-box$ 遺伝子一個を含む34の推定遺伝子が存在する S_4 遺伝子周辺の236kb が欠失している (Okada et al. 2008) ことが明らかになっている.

‘おさ二十世紀’はこれまでに自家和合性品種育成の交雑親として利用されており, ‘秋栄’と‘瑞秋’ (田辺ら, 2001), ‘秋甘泉’ (北川ら, 2014), ‘新美月’と‘新王’ (松本ら, 2014) が育成されている. しかしながら, 自家和合性育種の効率性を考えると, ‘おさ二十世紀’の S 遺

伝子型はヘテロであるため、その後代における自家和合性の出現率は50%以下であり、希望個体の獲得率は低い。また、‘おさ二十世紀’は黒斑病に対して罹病性であることから、抵抗性を備えた個体獲得の確率はさらに1/4～1/2に低下する。

これに対して、黒斑病抵抗性を有する自家和合性遺伝子 S_4^{sm} のホモ接合体は、これを種子親に用いると後代の全てが S_4^{sm} を有し、花粉親に用いても理論上多くの場合で S_4^{sm} が後代に遺伝するため、黒斑病抵抗性かつ自家和合性個体の出現率が大きく向上する。今回、‘おさ二十世紀’の自殖後代から黒斑病抵抗性の S_4^{sm} ホモ接合体である‘なし中間母本農1号’を育成したので、育成経過と品種特性について報告する。

謝 辞

本品種の育成に当たり、多大なご協力をいただいた歴代職員、研修生諸氏各位に深謝の意を表します。

育成経過

1980年に、黒斑病抵抗性を有し、‘おさ二十世紀’が持つ自家和合性遺伝子 S_4^{sm} のホモ接合体育成を目的として、‘おさ二十世紀’を自殖した。得られた種子を1981年4月に播種し、苗圃で養成後、12月に46個体を選抜圃場に定植した。本品種の個体番号は266-27である。‘おさ二十世紀’ ($S_2S_4^{sm}$) の自殖による後代のS遺伝子型は $S_2S_4^{sm}$ と $S_4^{sm}S_4^{sm}$ であることから (Fig. 1), 後者を選抜するために1989～1990年に266-27の花粉を‘幸水’ (S_4S_5)、‘八雲’ (S_7S_4) および‘長十郎’ (S_2S_3) に受粉した。その結果、266-27の花粉は‘長十郎’と和合で受精能力に問題はないが、‘幸水’、‘八雲’のいずれとも不和合性を示したことから、 S_4^{sm} ホモ接合体であることを確認した (Table 1)。一方、黒斑病抵抗性について、1991年に Sanada (1988) の方法に準じて検定して抵抗性であることを確認した。果実形質については1990年以降調査し、品質面で大きな問題がないことを確認した。

さらに、本品種の後代における自家和合性の出現率を検定するため、1992年に本品種を種子親に、花粉親を‘晩三吉’ (S_5S_7)、リー14 (S_7S_2)、‘八幸’ (S_4S_5) とした3組合せの交雑を行ってそれぞれ実生を獲得し、1998～2000年に各組合せ20個体を自家受粉したところ、‘晩三吉’との後代の自家和合性個体の出現率は100%、一方、リー14と‘八幸’との後代はいずれも50%であった。リー14との後代については自家不和合性個体の出現は想定されていなかったが、交配試験等によって自家不和合化の原因が明らかになった (Saito et al., 2011)。

以上のことから、後代で自家和合性個体を効率的に獲得できる系統であると判断され、平成13年度果樹試験研究推進会議 (2002年2月) において中間母本候補とすることが承認された。その後、2002年10月31日に農林水産省育成農作物新品種命名登録規定に基づいて‘なし中間母本農1号’として命名された。また、2008年3月5日に種苗法に基づき第16164号として品種登録された。本品種の系統図を Fig. 2に、樹姿および果実をそれぞれ Fig. 3, Fig. 4に示す。

本品種の育成に関与した当研究所の担当者は以下のとおりである。担当者 (担当期間)：町田裕 (1980～1986)、梶浦一郎 (1980～1984)、壽和夫 (1980～1986, 1991～2002)、佐藤義彦 (1980～1994)、増田亮一 (1984～1985)、阿部和幸 (1985～1996)、栗原昭夫 (1986～1991)、緒方達志 (1987～1989)、齋藤寿広 (1989～2002)、寺井理治 (1994～1998)、西端豊英 (1996～1997)、正田守幸 (1998～2002)、樫村芳記 (1998～1999)、澤村豊 (2000～2002)、小園照雄 (1980～1992)、福田博之 (1992～1993)、木原武士 (1993～1996)、鈴木勝之 (1996～2002)。

$$\begin{array}{ccc} S_2S_4^{sm} & \times & S_2S_4^{sm} \\ & \nabla & \\ S_2S_4^{sm} & & S_4^{sm}S_4^{sm} \end{array}$$

Fig. 1. Segregation of S-genotype in offspring from ‘Osaniijisseiki’ selfing.

Table 1. S-genotype of ‘Nashi chuukanbohon nou 1 gou’ determined by cross-pollination tests.

Maternal cultivar (S-genotype)	Paternal Cultivar	Fruit set (%)	Compatibility ^z	S-genotype of NCN1
Kosui (S_4S_5)	Nashi chuukanbohon nou 1 gou	0	IC	
Yakumo (S_7S_4)	Nashi chuukanbohon nou 1 gou	0	IC	$S_4^{sm}S_4^{sm}$
Choujuurou (S_2S_3)	Nashi chuukanbohon nou 1 gou	57.0	C	

^z C: cross-compatible (more than 30% of fruit set), IC: cross-incompatible (less than 30% of fruit set).

特 性

特性調査は果樹研究所に栽植されている原木を用い、種苗特性分類調査報告書（ナシ）（埼玉県園芸試験場、1978）の基準に従い、対照品種を‘おさ二十世紀’と‘ゴールド二十世紀’として調査を行った。樹体特性は1999年に、ただし開花期は1997と1999年、一方、収穫期および果実形質については1991～1997年の7年間行った。これらの中で主要な樹体、結実特性および果実特性をそれぞれ Table 2 および Table 3 に示した。Kormogorov-Smirnov

の1試料検定において誤差推定値の分布の正規性が棄却されなかったいくつかの形質については、品種と年を要因とする2元配置分散分析を行い、品種間変異が有意水準5%以下で有意であった形質については、品種間の平均値の差を5%水準の Tukey HSD test により検定した。

本品種の樹姿および果実をそれぞれ Fig. 3, Fig. 4 にそれぞれ示した。

また、これまでにニホンナシでは S_4^{sm} の他に $S_1 \sim S_9$, S_k , S_{12} , S_{30} および S_e の13種類の S ハプロタイプが報告されており (Norioka et al., 1996; Ishimizu et al., 1998;

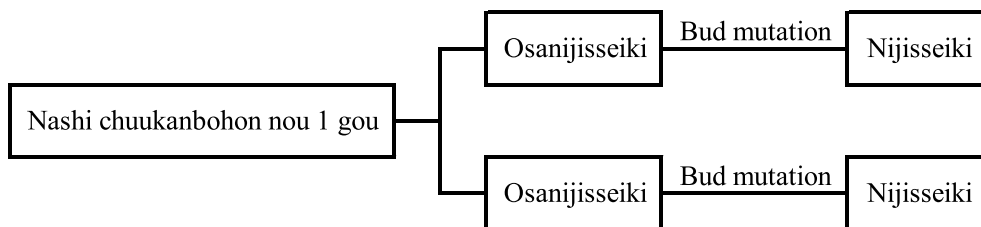


Fig. 2. Pedigree of 'Nashi chuukanbohon nou 1 gou'.

Table 2. Tree and bearing characteristics of 'Nashi chuukanbohon nou 1 gou' compared with 'Osanijisseiki' and 'Gold Nijisseiki' at NIFTS (1999).

Cultivar	Tree vigor	Number of spurs ^z	Number of axillary flower bud ^y	Resistant to black spot	Date of blooming ^x	Self-fruitfulness (%)
Nashi chuukanbohon nou 1 gou	Intermediate	Many	Few	Resistant	Apr. 20	89.0
Osanijisseiki	Strong	Many	Few	Susceptible	Apr. 16	76.7
Gold Nijisseiki	Strong	Many	Few	Intermediate resistant	Apr. 16	0

^z Classified into three classes: Few (standard cultivars: Shinsui), Intermediate (Chojuro, Housui) and Many (Nijisseiki, Okusankichi).

^y Classified into three classes: Few (standard cultivar: Shinsui), Intermediate (Shinseiki) and Many (Chojuro).

^x Average date between the date at which more than 20% of the flowers in a tree blossom and the date at which more than 20% of the petals in a tree fall (Mean of 1997 and 1999).

Table 3. Fruit characteristics of 'Nashi chuukanbohon nou 1 gou' compared with 'Osanijisseiki' and 'Gold Nijisseiki' at NIFTS. (Mean of 1991-1997).

Cultivar	Harvest date ^z	Fruit shape	Fruit weight (g)	Suberization of fruit surface ^y	Flesh firmness (lbs.)	Soluble solids content (%)	Acidity (pH)	Water core	Core rot
Nashi chuukanbohon nou 1 gou	Sep.21	Round	206 a ^x	Intermediate	5.3 a	12.1	4.71 a	Slight	Slight
Osanijisseiki	Sep.22	Round	276 b	Intermediate	4.6 b	11.4	4.55 b	Slight	Slight
Gold Nijisseiki	Sep.26	Round	241 ab	Intermediate	4.9 ab	11.4	4.58 b	Slight	Slight
Significancy among cultivars ^w	NS	-	*	-	*	NS	*	-	-

^z Average date for the beginning and ending dates of harvest.

^y Classified into three classes: Little (standard cultivar: Yakumo), Intermediate (Nijisseiki) and Much (Kikusui).

^x Values within a column followed by different letters are significantly different according to Tukey HSD test at $P \leq 0.05$

^w NS, *, **: Nonsignificant, significant at $P \leq 0.05$ or $P \leq 0.01$, respectively, in analysis of variance using the model:

$P_{ij} = \mu + G_i + Y_j + E_{ij}$, P_{ij} : the performance of the i th cultivar in the j th year, μ : overall mean, G_i : the effect of the i th cultivar, Y_j : the effect of the j th year, E_{ij} : residual.

Castillo et al., 2002; Takasaki et al., 2004; Kim et al., 2007; Okada et al., 2009), この中の $S_1 \sim S_7$, S_9 および S_k の9種類と S_4^{sm} とのヘテロ接合体の自家和合性については, $S_1S_4^{sm}$ と $S_9S_4^{sm}$ の遺伝子型が自家不和合性を示すことが, 一方 S_2 , S_3 , $S_5 \sim S_7$, S_9 および S_k と S_4^{sm} とのヘテロ接合体はいずれも自家和合性を示すと考えられることが明らかになっている (Saito et al., 2011). ここでは, 花柱 S_8 との交雑和合性について確認するため, 2014年に S 遺伝子型が S_9S_8 である550-15に本品種の花粉を, 1花そうに2花を残した15花そうに受粉した. 対照として, 421-5 (S_4S_4) と420-50 (S_7S_7) (Saito et al., 2004) に同様に受粉した. 受粉後約70日後に結実率を調査し, 種子含有果実が30%以上の場合を和合性, 未満を不和合性と判定した.

1) 樹性

樹勢は中程度で対照品種ほど強くはない. 枝梢の太さ, 長さともに中程度で節間は短く, 皮目の大きさおよび多少はともに中程度である. 枝梢は茶褐色を呈し, 毛じは多い. ‘おさ二十世紀’ や ‘ゴールド二十世紀’ 同様, えき花芽の着生は少ないが, 短果枝の着生は多く維持は容易である. 花芽は長楕円形で大きく, 鱗片は茶褐色を呈する. 成葉は卵形で大きさは中である. 成葉先端の形は鋭～鈍の中間, 基部は円形を呈する. 葉縁の鋸歯の角度は中である. どん葉は黄緑色を呈し, 毛じは多い. 葉柄は短く, やや細く, 葉柄比率は中である. 黒斑病に対して ‘おさ二十世紀’ はり病性, ‘ゴールド二十世紀’ は中位の抵抗性を示すのに対し, 抵抗性を示す. 黒星病に対してはり病性であるが, 通常の防除で問題は認められない.

2) 花器

一花そう当たりの花数は中で, 花卉の大きさも中である. 開花直前の花色と, 開花直後の花卉はともに白色を呈する. 花卉は円形で切れ込みの多少および花卉数はいずれも中である. 花梗の毛じは多い. 雄ずい数は中で, 開やく前のやくは濃紅色で, 花粉の量は ‘おさ二十世紀’ よりやや少ないが, 交配等実用上の問題はない. 満開期

は4月20日で ‘おさ二十世紀’ や ‘ゴールド二十世紀’ と比較してやや遅い. 人工受粉による自家結実率は89%であり, ‘おさ二十世紀’ と同様自家和合性を有する.

3) 果実

収穫中央日は9月下旬で, ‘ゴールド二十世紀’ より若干早い, その差は有意でなく, ‘おさ二十世紀’ とほぼ同時期である. 果実は円形で果形指数はやや小さい. 梗あはやや浅く広さは中であり, 有てい果は無い. 平均果実重は206 gで, ‘おさ二十世紀’ より有意に小さい. 果皮が黄緑色を呈する青ナシで, 果点の大きさは中程度で密に分布し, 無袋では対照品種と同様に中程度のサビ (Suberization of fruit surface) が発生する. 果梗は短く, 太く, 肉梗が発生する. 果心は短紡錘形を呈し, 大きさは中である. 心室数の平均は5.2室でやや多い. 果肉は黄白色で果肉硬度は5.3 lbs. で ‘おさ二十世紀’ より有意に硬く, 粗密は中である. 切り口の褐変程度は中である. 果汁の屈折計示度と pH はそれぞれ12.1%と4.7で, 甘味および酸味は中であり, 糖度は対照品種よりやや高いがその差は有意ではなく, pH は対照品種より有意に高いが, 官能試験では差は感じられない. 渋味および香気はない. 果汁の量はやや多く, 食味は総じて対照品種とほぼ同等である. 種子は卵形を呈し, 数と大きさはいずれも中である. みつ症および心腐れは対照品種と同程度に軽微な発生が見られる.

4) 花柱 S_8 との交雑和合性

550-15 (S_9S_8) および対照系統に本品種の花粉を受粉したそれぞれの結実率について Table 4に示した. 本品種の花粉は S_4 ホモ接合体と不和合であったのに対し, 550-15に対する結実率は90%であり, S_7 ホモ接合体と同様に和合性を示したことから, S_4^{sm} の花粉は花柱 S_8 と和合性を示すことが明らかとなった.

5) 自家和合性品種育成における交配母本としての有用性

これまでにニホンナシで報告されている S_4^{sm} 以外の13の S ハプロタイプの中で, ニホンナシの主要品種に

Table 4. Cross-compatibility using pollen from ‘Nashi chuuknbohon nou 1 gou’.

Maternal cultivar (S-genotype)	Paternal cultivar (S-genotype)	Fruit set (%)	Compatibility ^z
550-15 (S_9S_8)	Nashi chuuknbohon nou 1 gou ($S_4^{sm}S_4^{sm}$)	90.0	C
421-4 (S_4S_4)	Nashi chuuknbohon nou 1 gou ($S_4^{sm}S_4^{sm}$)	0	IC
420-50 (S_7S_7)	Nashi chuuknbohon nou 1 gou ($S_4^{sm}S_4^{sm}$)	76.7	C

^z See Table 1.

認められ、育種上重要と考えられるハプロタイプは、 $S_1 \sim S_9$ および S_k の10種類であると考えられる。これまでに $S_1S_4^{sm}$ と $S_4S_4^{sm}$ の遺伝子型は S_4^{sm} の花粉が花柱の S_1 と S_4 それぞれと不和合性を示すことから自家不和合性を示すのに対し、 $S_2, S_3, S_5 \sim S_7, S_9$ および S_k と S_4^{sm} とのヘテロ接合体は自家和合性を示すことが明らかとなっている。本試験で、本品種の花粉の花柱 S_8 に対する和合性について検討したところ、和合性を示したことから、 $S_4^{sm}S_8$ の遺伝子型が自家和合性を示すことが明らかとなった。自家不和合性品種の主要な遺伝子型である $S_1 \sim S_9$ および S_k ハプロタイプ間のヘテロ接合体である一般的な自家不和合性品種と、本品種あるいは‘おさ二十世紀’等の S_4^{sm} をヘテロに有する自家和合性品種をそれぞれ片親に用いて交雑した場合に想定される、後代における自家和合性個体の出現率について Table 5にとりまとめた。本品種を種子親にした場合、花粉親が S_1 と S_4 いずれも有さない場合は全個体が、いずれかを有する場合は50%がそれぞれ和合性を有する。しかし、花粉親が S_1S_4 の場合は、後代の遺伝子型が $S_1S_4^{sm}$ あるいは $S_4S_4^{sm}$ となり、全て自家不和合性で0%となる。これに対し、 S_4^{sm} をヘテロに有する自家和合性品種を種子親にした場合の後代における自家和合性個体出現率の期待値は、最大でも50%である。一方、本品種を花粉親に

用いる場合、種子親が S_b, S_4 のいずれも有さない場合は後代の全てが和合性を示すが、 S_b, S_4 のいずれかを持つと後代が得られない。これに対し、 S_4^{sm} をヘテロに有する自家和合性品種を花粉親とした場合の後代は、種子親が S_1, S_4 のいずれのハプロタイプも有さないとき、花粉親の不和合性側ハプロタイプが種子親と共通する場合は全て和合性、種子親のいずれとも異なる場合は50%となる。また、種子親の遺伝子型が S_1S_4 あるいは S_b, S_4 のいずれかを持つ場合、交雑不和合で後代が得られないか、後代が得られても全て自家不和合性となる。これらのことから、 S_4^{sm} をヘテロに有する自家和合性品種と比較して S_4^{sm} をホモ接合体である本品種を交雑親とすることで自家和合性後代の効率的な獲得が可能となる。一方で、最近の育成品種のほとんどが S_1 か S_4 のいずれかのハプロタイプを有している（澤村ら, 2002）、自家和合性品種育成の際には交雑親の S 遺伝子型の情報を確実に把握する必要がある。

現在 $S_4^{sm}, S_1 \sim S_9$ および S_k それぞれのハプロタイプを特異的に検出可能な DNA マーカーおよび手法が開発されている（Ishimizu et al., 1999; Kim et al., 2007; 奈島ら, 2014; Nashima et al., 2015; Okada et al., 2008; Takasaki et al., 2004）。これらの DNA マーカーおよび手法と上記の遺伝様式の情報とを利用することによって、

Table 5. Expected ratio of self-compatible (SC) offspring yielded from crosses between self-incompatible (SI) cutivars and ‘Nashi chuuknbohon nou 1 gou’ (S_4^{sm} homozygote) or self-compatible S_4^{sm} heterozygote.

S-genotype of seed parent ^z (SC or SI) ^y	S-genotype of pollen parent (SC or SI)	Segregation of S-genotype in offspring (SC or SI)	Ratio of SC offspring (%)
$S_4^{sm}S_4^{sm}$ (SC)		$S_aS_4^{sm}$ (SC): $S_cS_4^{sm}$ (SC)=1:1	100
$S_aS_4^{sm}$ (SC)	S_aS_c (SI)	$S_aS_4^{sm}$ (SC): S_cS_c (SI) = 1:1	50
$S_bS_4^{sm}$ (SC)		$S_aS_4^{sm}$ (SC): $S_cS_4^{sm}$ (SC): S_aS_b (SI): S_bS_c (SI)=1:1:1:1	50
$S_4^{sm}S_4^{sm}$ (SC)		$S_aS_4^{sm}$ (SC): $S_xS_4^{sm}$ (SI)=1:1	50
$S_aS_4^{sm}$ (SC)	S_aS_x (SI)	S_aS_x (SI): $S_xS_4^{sm}$ (SI)=1:1	0
$S_bS_4^{sm}$ (SC)		$S_aS_4^{sm}$ (SC): $S_xS_4^{sm}$ (SI): S_aS_b (SI): S_bS_x (SI)=1:1:1:1	25
$S_4^{sm}S_4^{sm}$ (SC)		$S_1S_4^{sm}$ (SI): $S_4S_4^{sm}$ (SI)=1:1	0
$S_aS_4^{sm}$ (SC)	S_1S_4 (SI)	S_1S_a (SI): S_4S_a (SI): $S_1S_4^{sm}$ (SI): $S_4S_4^{sm}$ (SI)=1:1:1:1	0
	$S_4^{sm}S_4^{sm}$ (SC)	$S_aS_4^{sm}$ (SC): $S_cS_4^{sm}$ (SC)=1:1	100
S_aS_c (SI)	$S_aS_4^{sm}$ (SC)	$S_aS_4^{sm}$ (SC): $S_cS_4^{sm}$ (SC)=1:1	100
	$S_bS_4^{sm}$ (SC)	$S_aS_4^{sm}$ (SC): $S_cS_4^{sm}$ (SC): S_aS_b (SI): S_bS_c (SI)=1:1:1:1	50
	$S_4^{sm}S_4^{sm}$ (SC)	No offspring yielded	-
S_aS_x (SI)	$S_aS_4^{sm}$ (SC)	No offspring yielded	-
	$S_bS_4^{sm}$ (SC)	S_aS_b (SI): S_bS_c (SI)=1:1	0
	$S_4^{sm}S_4^{sm}$ (SC)	No offspring yielded	-
S_1S_4 (SI)	$S_aS_4^{sm}$ (SC)	S_1S_a (SI): S_4S_a (SI)=1:1	0

^z a, b, c are either of 2, 3, 5–9, k, respectively and x is 1 or 4.

^y SC: self-compatible, SI: self-incompatible.

自家和合性後代を効率的に獲得し、選抜圃場に自家和合性個体のみを植栽することも可能となる等、今後の自家和合性品種育成の大幅な加速が期待される。

摘 要

1. ‘なし中間母本農1号’は、農林水産省果樹試験場（現 農業・食品産業技術総合研究機構果樹研究所）において‘おさ二十世紀’を自殖して育成した実生から選抜した黒斑病抵抗性で自家和合性ハプロタイプ S_4^{sm} のホモ接合体である。交配試験によって1990年に S_4^{sm} のホモ接合体であることを確認し、2000年には後代における S 遺伝子の遺伝様式と自家和合性との関係が明らかとなり、自家和合性の後代を効率的に獲得できることが確認された。その結果2002年10月31日付けで‘なし中間母本農1号’として登録、公表された。また、2008年3月5日付けで種苗法に基づき第16164号として品種登録された。

2. 樹勢は中程度で‘おさ二十世紀’ほど強くはない。短果枝およびえき花芽の着生は‘おさ二十世紀’と同程度である。開花期は‘おさ二十世紀’より若干遅い。収穫期は‘おさ二十世紀’とほぼ同時期である。黒斑病に対して抵抗性を示す。自家結実率は‘おさ二十世紀’と同程度で自家和合性である。

3. 果実は円形を呈し、大きさは200 g程度で‘おさ二十世紀’よりやや小果である。無袋栽培では‘おさ二十世紀’と同程度のさびが発生する。果肉は、硬度が5.3 lbs. でやや硬いが、糖度が12.0%，酸度がpH4.7程度で、‘おさ二十世紀’とほぼ同程度の品質である。‘おさ二十世紀’同様、軽度のみつ症や心腐れが発生することがある。

4. 種子親にした場合、後代で自家和合性個体を獲得できる確率が‘おさ二十世紀’等の S_4^{sm} をヘテロに有する品種のそれと比較して2倍以上、花粉親にした場合も2倍となる組合せが多く、自家和合性品種育成の交雑親として有望である。

引用文献

- 1) Castillo, C., T. Takasaki, T. Saito, S. Norioka and T. Nakanishi. 2002. Cloning of the S_g -*RNase* (S_g -allele) of Japanese Pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai). Plant Biotechnol. 19:1-6
- 2) 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. 鳥取県果試研報

- 10:1-19.
- 3) Ishimizu T, Sato Y, Saito T, Yoshimura Y, Norioka S, Nakanishi T, Sakiyama F. 1996. Identification and partial amino acid sequences of seven *S-RNases* associated with self-incompatibility of Japanese pear, *Pyrus pyrifolia* Nakai. J. Biochem. 120:326-334.
- 4) Ishimizu, T., T. Shinkawa, F. Sakiyama and S. Norioka. 1998. Primary structural features of rosaceous *S-RNases* associated with gametophytic self-incompatibility. Plant Mol. Biol. 37:931-941)
- 5) Ishimizu, T., K. Inoue, M. Shimonaka, T. Saito, O. Terai and S. Norioka. 1999. PCR-based method for identifying the *S*-genotypes of Japanese pear cultivars. Theor. Appl. Genet. 98:961-967
- 6) Kim, H.-T., Y. Hirata, H.-J., Kim and I.-S. Nou. 2006. The presence of a new *S-RNase* allele (S10) in asian pear [*Pyrus pyrifolia* (Burm; Nakai)]. Genet. Resour. Crop Ev. 53: 1375-1383.
- 7) Kim, H., H. Kakui, T. Koba, Y. Hirata and H. Sassa. 2007. Cloning of a new *S-RNase* and development of a PCR-RFLP system for the determination of the *S*-genotype of Japanese pear. Breed. Sci. 57:159-164.
- 8) 北川健一・井上耕介・村田謙司・吉田亮・村尾和博・角脇利彦・高濱俊一. 2014. ニホンナシ新品種‘新甘泉’及び‘秋甘泉’. 鳥取県園試報 第1号：11-18
- 9) 松本辰也・野水利和・根津潔. 2014. 自家和合性ニホンナシ新品種‘新美月’、‘新王’. 園学研(別) 1:45.
- 10) 奈島賢児・寺上伸吾・國久美由紀・西谷千佳子・齋藤寿広・山本俊哉. 2014. LAMP法によるニホンナシ *S-RNase* 遺伝子多型マーカーの開発. DNA 多型22:56-59.
- 11) Nashima, K., S. Terakami, S. Nishio, M. Kuniyoshi, C. Nishitani, T. Saito, and T. Yamamoto. 2015. *S*-genotype identification based on allele-specific PCR in Japanese pear. Breed. Sci. 65(3): 208-215.
- 12) Norioka, N., S. Norioka, Y. Ohnishi, T. Ishimizu, C. Oneyama, T. Nakanishi and F. Sakiyama. 1996. Molecular cloning and nucleotide sequences of cDNAs encoding *S*-allele specific stylar RNases in a self-incompatible cultivar and its self-compatible mutant of Japanese pear, (*Pyrus pyrifolia* Nakai). J. Biochem. 120:335-345
- 13) Okada K., N. Tonaka, Y. Moriya, N. Norioka, Y. Sawamura, T. Matsumoto, T. Nakanishi, and T. Takasaki-Yasuda. 2008. Deletion of a 236 kb region around *S₄-RNase* in a stylar-part mutant S_4^{sm} -haplotype of

- Japanese pear. *Plant Mol. Biol.* 66:389-400.
- 14) Okada K., C. Castillo, Y. Sawamura, T. Nakanishi, and T. Takasaki-Yasuda. 2009. S-genotype assignments of local cultivars in Japanese pear 'Senryo', 'Kuroki' and 'Hogyoku'. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 78:55-60.
 - 15) 埼玉県園芸試験場. 1978. 昭和52年度種苗特性分類調査報告書 (ナシ). pp.154.
 - 16) Saito, T., Y. Sawamura, N. Takada, M. Shoda, O. Terai, K. Abe and K. Kotobuki. 2005. Breeding of homozygotes of self-incompatible haplotype in Japanese pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai.). *Acta Hort.* 671:233-238.
 - 17) Saito, T., Y. Sato, Y. Sawamura, M. Shoda, T. Takasaki-Yasuda and K. Kotobuki. 2011. Dual recognition of S_i and S_i pistils by S_i^{sm} pollen in self-incompatibility of Japanese pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai.). *Tree Genet. Genomes.* 8:689-694.
 - 18) Sanada T. 1988. Selection of resistant mutants to black spot disease of Japanese pear by using host-specific toxin. *Japan. J. Breed.* 38:198-204
 - 19) Sassa H, Hirano H, Nishio T, Koba T. 1997. Style-specific self-compatible mutation caused by deletion of the *S-RNase* gene in Japanese pear (*Pyrus serotina*). *Plant J.* 12:223-227.
 - 20) 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. p.241-247.
 - 21) 澤村豊・齋藤寿広・山本俊哉・佐藤義彦・林建樹・壽和夫. 2002. PCR-RFLP 法によるニホンナシ品種の自家不和合性遺伝子型の調査と S_4 , S_5 遺伝子の集積. *園学雑.* 71別2: 220.
 - 22) Takasaki, T., K. Okada, C. Castillo, Y. Moriya, T. Saito, Y. Sawamura, N. Norioka, S. Norioka and T. Nakanishi. 2004. Sequence of the *S₅-RNase* cDNA and PCR-RFLP system for discriminating S_r to S_g allele in Japanese pear. *Euphytica.* 135: 157-167.
 - 23) 田辺賢二・田村文男・板井章浩・林真二. 2001. ニホンナシ新品種 '秋栄', '瑞秋' および '真寿' の特性について. *園学雑.* 70別1:220.
 - 24) 寺見廣雄・鳥潟博高・島津裕吉. 1946. 日本梨各品種間の不稔性因子の分析. *京大園芸学研究収録*3:267-271.



Fig. 3. Tree form of 'Nashi chuukanbohon nou 1 gou'.



Fig. 4. Fruit of 'Nashi chuukanbohon nou 1 gou'.