

# ハスの交配後代集団の育成

石綱 史子

ハスは農業・園芸的価値が高い作物である。肥大した地下茎（レンコン）が食用に花や花托が観賞用に利用される。品種間交雑、自然変異体からの選抜によりそれぞれの目的に合わせた特性を持つ品種が作出され、主にアジアで広く栽培されている。ハスについては様々な研究が進められているが、遺伝学的な研究は限定的で花の形態や花芽形成に関する原因遺伝子とその作用機序は未だ不明な点が多い。花に関する情報は農業の利用と育種において重要な基礎的知見である。現在広く栽培されている多くのハスの品種の遺伝子は、ヘテロ性が高く、遺伝学的な解析に適していない。本研究は、ハスの花の形態、開花期、開花数を制御している原因遺伝子の同定とその作用機序の解明を目的とする研究に供するための交配後代集団の育成を目的とした。その結果、ハスでは初めて遺伝学的解析に適した花卉の色や数の形質に差があるハスの交配後代集団が得られた。

キーワード：ハス 交配後代集団 原因遺伝子の解明

## 1. 背景と目的

ハスは、水生の多年生植物である。かつてはスイレン科に分類されていた。現在は、ハス (*Nelumbo nucifera* Gaertn.) とキバナバス (*N. lutea* (Willd.) Pers.) の1属2種からなる独立したハス科 (*Nelumbonaceae*) とする分類が一般に受け入れられている<sup>1), 2), 3)</sup>。ハスは主にアジア、オーストラリア、ロシアに分布し、白色あるいは紅色系の花をつけ、キバナバスは北アメリカに分布し、黄色の花をつける<sup>3)</sup>。

ハスの農業・園芸的価値は高く、地下茎（レンコン）は食用に、花、花托、葉は観賞用に利用される。花は顕花植物の中でも大きな花に挙げられ、観賞用として特に優れている<sup>4)</sup>。花の観賞用に栽培されてきた品種は、中国に約900品種、日本には約350品種あるといわれている<sup>5), 6), 7)</sup>。これらの品種の多くは、自然変異体から選抜されたり、既存品種を用いた品種間交配により作出されたも

のである<sup>6), 8)</sup>。主にアジアで広く農業・園芸用に栽培、利用されている。

開花期と開花期間中の開花数は品種によって異なる。日本で露地栽培されているハスの開花期は通常6月末から9月末で、品種によって、早・中・遅・断続型に分けられる。花卉の色は主に紅、薄紅、白、薄黄色で、花卉の数も約15枚から1,000枚以上有する品種があり多様である。また、花と植物体の大きさは、大・中・小・碗型に分類される。花の形態、開花期、開花数、花芽形成については研究が進められているが、遺伝学的な研究は非常に限定的で未だ不明な点が多い。開花期、開花数などのハスに関する情報は、ハスの農業的利用と育種において重要な基礎的知見である。

ハス属の染色体数は16 (2n) で、ゲノムサイズは929Mbと推測されている<sup>9), 10)</sup>。‘中国古代蓮’の全ゲノム配列が2013年に公開されている<sup>9)</sup>。

近年、DNAマーカーを用いたDNAの構造変異を検出することが可能になり、量的形質に関与している遺伝子座 (QTLs: Quantitative Trait Locus)

が同定されている。これらの遺伝学的な手法によりイネなどの重要作物では遺伝子の同定とその作用機序に関する研究がすすめられている<sup>11)、12)、13)</sup>。また、イネ、野菜、果樹などでは、DNA マーカー育種法が活用されている<sup>14)</sup>。

これら遺伝学的研究を遂行するためには、交配集団や、自殖系統群などの遺伝解析材料が必要である。ハスは遺伝子のヘテロ性が高く、自家交配、他家交配に関わりなく得られる種子の遺伝子型は種子親とは異なる<sup>15)</sup>。そのため、遺伝子の同定やその機能解析のための材料としては適していない。また、これまでハスの交配後代集団は報告されていない。

本研究は、ハスの花の形態、開花期、開花数を制御している原因遺伝子の同定とその作用機序の解明を目的とする研究に供するための交配後代集団の育成を目的とした。

## 2. 材料

ハス品種‘紅君子蓮’（雑種第一代、F1）を自家受粉使用し採取した種子を交配後代として用いた。‘紅君子蓮’（薄紅・多花）は‘即非蓮’（紅色・多花）を子房親、‘白君子蓮’（白色・少花）を花粉親として交配し、1987年に東京大学大学院農学生命科学研究科附属緑地植物実験所（現附属生

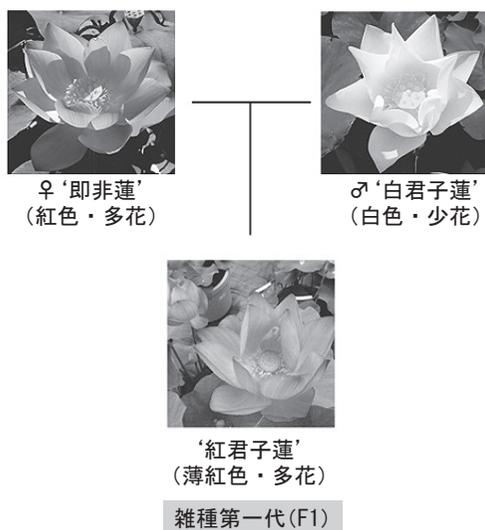


図1 ‘紅君子蓮’の交配図

態調和農学機構）で作出された（図1）<sup>16)</sup>。本研究では、2015年から2017年に‘紅君子蓮’を栽培し、自家受粉して得た種子と、その種子の一部を栽培して得た個体を植え継いだ種レンコンを材料として使用した。

## 3. 方法

### 3-1 栽培

2018年4月に種レンコンと種子の植えつけと播種を行った。種レンコンは、45リットルのプラスチック製容器（平和工業株式会社、奈良県）にハス用の用土（石田精華園、京都府）約15cmの深さに入れ、容器に水を入れ植えつけた。種子は、剪定ばさみを用いて傷をつけ、水道水に浸け冷蔵庫（4℃）に入れ5日間保存し吸水処理を行った。その後、屋外に置いたプラスチック容器（種レンコンと同様）に1粒ずつ入れた。植えつけをした容器は、東京家政学院大学町田キャンパス旧グラウンドに設けたハス栽培圃場に設置した（図2）。水深は常に10～15cmに保つように灌水した。ハス用肥料（石田精華園、京都府）10gをおよそ2週間に1度の間隔で施肥した。

‘紅君子蓮’の交配後代集団の個体数を増やすため、5鉢の栽培容器に各2本計10本の種レンコンを植えつけた。交配後代集団内の花の形態を確認するため、2015年から2017年に得られた交配後代集団の種レンコン23個体と種子112粒を植えつけた。



図2 東京家政学院大学町田キャンパスハス栽培圃場（旧グラウンド）

### 3-2 自家受粉

交配後代集団の個体数を増やすため、‘紅君子蓮’（雑種第一代、F1）を継続的に開花する花を確認

し、自家受粉を行った。開花する1～2日前の蕾に袋をかけ、他家受粉を防いだ。開花2日目の早朝～午前中に受粉し、再度袋をかけた。開花後5日目以降は袋を外し、種子の発達を促した。開花後20日～30日で種子が完熟後に採取した。

## 4. 結果

### 4-1 交配後代個体の花の形質

種レンコンから栽培した23鉢のうち、2個体が枯死し、11鉢の個体が開花した。植物体の大きさ、花弁の色、花弁数、雄蕊の花弁化の有無に違いがあった。代表的な花の形態を図3に示した。花弁の色は、白、薄紅、紅に分離した(図3 A-D) 花弁の数は、15枚(図3 C) から46枚(図3 B) と違いがあった。雄蕊の花弁化を認められる個体(図3 A) と認められない個体(図3 D) に分離した。

種子から栽培した112個体のうち、21個体が枯死(未発芽を含む)し、8個体が開花した。これらの個体も種レンコンから栽培した個体と同様に、花の形質が分離した。

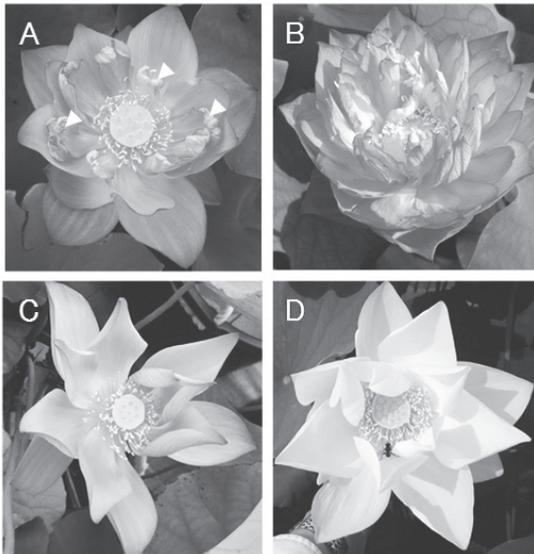


図3 交配後代の代表的な花の形態

A. 薄紅色・一重・雄蕊の花弁化あり、矢印は花弁化した雄蕊を示している；B. 紅色・八重・雄蕊花弁化あり；C. 薄紅色・一重・雄蕊花弁化なし；D. 白色・一重・雄蕊花弁化なし

### 4-2 自家受粉

‘紅君子蓮’の交配後代集団の個体数を増やすため、5鉢の栽培容器に各2本計10本の種レンコンを植えつけ継続的に自家受粉を行った結果、78粒の種子が登熟した。採取した種子は、シリカゲルで乾燥状態を保ち4℃で保存した。

## 5. 考察

交配後代集団を栽培した結果、花弁の色、花弁数、雄蕊の花弁化の形質に違いが認められた。花弁の色に着目すると、雑種第一代(F1)‘紅君子蓮’の親品種である‘即非蓮’は紅色と‘白君子蓮’白色である。雑種第一代である‘紅君子蓮’の花弁は、子房親‘即非蓮’よりやや薄い紅色である。この‘紅君子蓮’を自家受粉した交配後代の個体の花弁の色は、紅色、薄紅色、白色の形質が認められた。交配後代集団は親品種の形質を引き継いでいることが示された(図1、図3)。本研究で育成した交配後代集団は、花の形質に明確な個体間差が認められた。この差異が認められた集団内の花の形質(表現型)とそれぞれの個体のDNA塩基配列を用い比較解析を行い、個体間差(多型)を検出する。このことで、交配後代集団内で差異が確認された形質に関与する遺伝子が染色体のどこに、いくつあるか等の情報を得られる。これらの結果、この交配後代集団は、ハスの花の形態、開花期、開花数を制御している原因遺伝子の同定とその作用機序の解明を目的とする研究に供する試料として適切であることが示された。

交配後代集団の個体数を増やすため、‘紅君子蓮’(雑種第一代、F1)の自家受粉を行った結果、78粒の種子を採取した。2015年から2018年にかけて自家受粉と栽培の結果、種子と種レンコンを合わせ191個体の交配後代を得た。栽培する過程で枯死する個体や、種子が発芽しない個体もあることから、2019年以降も‘紅君子蓮’(雑種第一代、F1)の自家受粉を継続し、交配後代集団の個体数を増やすことが望ましい。

2016年から交配後代集団を栽培する過程で、本研究で示した花弁の色や数の形質以外にもレンコンの大きさ、開花数、葉の大きさ、葉柄・花柄の高さなどの形質にも個体間差が観察された。今

後、花や植物体全体の形質を整理し、可能な限り多くの個体数の形質を計測することで、定量的な結果を示す必要がある。

今後は、本研究で育成した交配後代集団の定量的な形質評価の結果と DNA 解析の結果を用い QTL 解析を行う。これらの研究はハス花の形態、開花期、開花数を制御している原因遺伝子の同定とその作用機序の解明に寄与することができる。

## 謝辞

町田キャンパス内におけるハスの栽培に関してアドバイスとご尽力をいただいた、東京家政学院大学事務局の皆様にご心より感謝申し上げます。

ハス試料の提供、栽培方法についてのアドバイスをいただいた東京大学大学院農学生命科学研究科附属生態調和農学機構石川祐聖氏をはじめとするスタッフの皆様にご心から感謝申し上げます。

最後に本研究の立ち上げにあたり、適格なご助言をいただいた生活デザイン学科の先生方にご心から感謝申し上げます。

本研究は、平成 30 年度東京家政学院大学若手研究者研究助成を受け遂行した。

## 引用文献

- 1) Englar, A. Syllabus der Pflanzenfamilien. Gebrüder Borntraeger. Berlin (1898)
- 2) Croquist, A. The Evolution and Classification of Flowering plants. New York Botanical Garden. New York (1988)
- 3) Heywood, V. H. Flowering Plants of the World. Oxford University Press. New York (1993)
- 4) 勅使河原宏, 大場秀章, 清水: 現代いけばな花材事典. (草月出版. 東京. 1999)
- 5) 北村文雄, 坂本祐二: 花蓮. (講談社. 東京. 1972)
- 6) Wang, Q., Zhang, Z.: Lotus Flower Cultivars in China. (China forestry publishing house. Beijing, 2004) .
- 7) Kubo, N., Hirai, M., Kaneko, A., Tanaka, D., Kasumi, K. Classification and Diversity of Sacred and American *Nelumbo* Species: The Genetic Relationship of Flowering Lotus Cultivars in Japan using SSR Markers. *Plant Genet. Resources and Utilization* 7: 260-270 (2009)
- 8) 榎本輝彦: 花はす栽培. (蓮蹊香園. 東京. 2002)
- 9) Ming, R., Vanburen, R., Liu Y., Yang, M., Han, Y., Li, L. T., Zhang, Q., Kim, M. J., Schatz, M. C., Campbell, M., Li J., Bowers, J. E., Tang, H., Lyons, E., Ferguson, A. A., Narzisi, G., Nelson, D. R., Blaby-Haas, C. E., Gschwend, A. R., Jiao, Y., Der, J. P., Zeng, F., Han, J., Min, X. J., Hudson, K. A., Singh, R., Grennan, A. K., Karpowicz, S. J., Watling, J. R., Ito, K., Robinson, S. A., Hudson, M. E., Yu, Q., Mockler, T. C., Carroll, A., Zheng, Y., Sunkar, R., Jia, R., Chen, N., Arro, J., Wai, C. M., Wafula, E., Spence, A., Han, Y., Xu, L., Zhang, J., Peery, R., Haus, M. J., Xiong, W., Walsh, J. A., Wu, J., Wang, M., Zhu, Y. J., Paul, R. E., Britt, A. B., Du, C., Downie, S. R., Schuler, M. A., Michael, T. P., Long, S. P., Ort, D. R., Schopf, J. W., Gang, D. R., Jiang, N., Yandel, M., dePamphilis, W. C., Merchant, S. S., Paterson, A. H., Buchanan, B. B., Li, S., Shen-Miller, J. Genome of the long-living sacred lotus (*Nelumbo nucifera* Gaertn.) *Genome biology* 14: R41 (2013)
- 10) Diao, Y., Chen, L., Yang, G., Zhou, M., Song, Y., Hu, Z., Liu, J. Y. Nuclear DNA C-values in 12 species in Nymphaeales. *Caryologia* 59: 25-30 (2006)
- 11) Tanksley, S. D. Mapping Polygenes. *Annu Rev Genet.*, 27 : 205-233 (1993)
- 12) Yano M., Sasaki T. Genetic and Molecular Dissection of Quantitative Traits in Rice Plant. *Molecular Biology* 35 : 145-153 (1997)
- 13) Paterson, A.H., Lander E.S., Hewitt J.D., Peterson S., Lincoln S.E., Tanksley S.D. Resolution of Quantitative Traits into Mendelian Factors by Using a Complete Linkage Map of Restriction Fragment Length Polymorphisms. *Nature* 335: 721-726 (1988)
- 14) 農林水産省: ゲノム情報の品種改良への利用—DNA マーカー育種—. (農林水産研究開発レポート No.21 :1-21 2007)
- 15) 久保中央, 金子明雄, 山本和喜: SSR マーカーに基づく巨椋池系品種群を含む日本国内花蓮品種の分類. (育種学研究 17. 2015)
- 16) 蓮蹊香園: No.2 蓮蹊香園のホームページ (番号 96. 紅君子蓮来歴)  
<http://www.j-lotus.org/hanabunrui/1%20benihitoe.htm> 2019/3/26

(受付 2019.3.27 受理 2019.6.7)