

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 23 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2008 ～ 2011

課題番号：20405023

研究課題名（和文） 栽培ガキの起源となったカキ属植物の探索と栽培ガキ成立過程の解明

研究課題名（英文） SURVEY OF DIOSPYROS SPP. FOR CONSIDERING THE ORIGIN OF DIOSPYROS KAKI AND ITS EVALUTIONAL PROCESS FOR CULTIVATION

研究代表者

米森 敬三 (YONEMORI KEIZO)

京都大学・大学院農学研究科・教授

研究者番号：10111949

研究成果の概要（和文）：

六倍体である栽培ガキ (*Diospyros kaki*) に近縁のカキ属植物としてこれまでに *D. lotus* (マメガキ)、*D. oleifera* (アブラガキ)、*D. glandulosa* の三つの二倍体種が報告されている。しかし、これら以外にも栽培ガキに近縁で、栽培ガキの起源に関係した種が存在する可能性が高いと考え、本研究において栽培ガキの起源地であると考えられている中国南部、タイ・ベトナムの北部山岳地域を中心としてカキ属植物の探索を実施した。その結果、ベトナムの Lang Son 省で“Hong Coc”と呼ばれている *D. oleifera* に酷似した種を見出すとともに、中国雲南省で“Ye-mao-shi”と呼ばれている栽培ガキに形態的特性が非常に近い種を見出すことができた。特に“Ye-mao-shi”は「野毛柿」の意味であり、栽培ガキとの関係を考える上で非常に興味ある種であると思われ、その中国での分布を植物園での腊葉標本から調査したところ、雲南省に限定されることが明らかとなった。また、その倍数性を SSR 分析の結果から考察したところ、二倍体である可能性が高いことがわかった。今後、“Hong Coc”を含め、“Ye-mao-shi”と栽培ガキとの類縁関係を特定領域の塩基配列を調査することで明らかにしていきたい。

研究成果の概要（英文）：

There is a report to show that *Diospyros kaki* is closely related to *D. lotus*, *D. oleifera*, and *D. glandulosa*. In addition to these three species, we started to find some *Diospyros* spp. having close relationships to *D. kaki* in the area of South China and Northern mountain regions of Thailand and Vietnam where *D. kaki* (cultivated kaki) thought to be originated. Due to our exploration, we found several species of *Diospyros*, among which we clarified that some species have morphologically very close features to *D. kaki*. “Ye-mao-shi” from China and “Hong Coc” from Vietnam are two species in our interests. Especially, “Ye-mao-shi” is the most interesting species because of its very close morphology to *D. kaki*. When the distribution of “Ye-mao-shi” was investigated by specimen survey in botanical gardens in China, it clearly showed that this species are distributed only in Yunnan province. We also showed a possibility that “Ye-mao-shi” is diploid, as the same as *D. lotus*, *D. oleifera*, and *D. glandulosa*. We need further investigations using molecular analyses to clarify the phylogenetic position of this species to *D. kaki* and to consider the involvement of this species for appearance of cultivated kaki.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	3,400,000	1,020,000	4,420,000
2009年度	2,600,000	780,000	3,380,000
2010年度	3,500,000	1,050,000	4,550,000
2011年度	3,400,000	1,020,000	4,420,000
年度			
総計	12,900,000	3,870,000	16,770,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：園芸学・造園学

キーワード：園芸学、植物、*Diospyros* spp.

1. 研究開始当初の背景

カキは分類学的にはカキノキ科 (Ebenaceae) カキ属 (*Diospyros*) に属し、その学名を *Diospyros kaki* Thunb. と名付けられている。カキ属植物はそのほとんどが熱帯・亜熱帯地域に分布しており、その分布域もアフリカ大陸、マダガスカル島、マレーシアやタイなどの熱帯アジア、オセアニア地域、アメリカ大陸と全世界にその分布が認められ、400種以上が存在すると報告されている。しかしながら、このような膨大な種数を有しているにもかかわらず、温帯地域に分布するカキ属植物はカキ (*D. kaki*) を含め、非常に少数の種のみである。さらに、カキは六倍体 ($2n = 6x = 90$) という高次倍数体であるが、そのゲノム構成に関しては同質倍数体であるのか異質倍数体であるのかという点さえわかっていない。これまで、栽培ガキ (*D. kaki*) の起源に関する唯一の研究は、1978年にマレーシアの Ng 氏が発表した、栽培ガキがベトナム・カンボジア・タイの北部山岳地域から中国雲南地域にかけて分布する *D. roxburghii* (syn. *D. glandulosa*) を起源として成立したとする仮説である。しかしながら、この *D. glandulosa* は二倍体 ($2n = 2x = 30$) であることが確認されており、六倍体という高次倍数性を獲得するに至った過程に関しての情報については皆無であった。

2. 研究の目的

熱帯・亜熱帯地域に分布する野生のカキ属植物のそのほとんどが二倍体であることを鑑みると、カキの起源地と考えられている

中国あるいはその近隣地域である東南アジアの北部地域に分布するカキ属植物の中に、*D. glandulosa* のように、六倍体であるカキ (*D. kaki*) の出現に関与したカキ (*D. kaki*) の起源に近い二倍体あるいは四倍体の野生種が存在するはずである。本研究では、栽培ガキの出現に関与したと考えられるカキ属植物の種をカキの起源地とされる地域で調査・探索し、その分布域とカキの分布域を比較検討することで、栽培ガキの起源に迫ることを主たる目的としている。また、さらに、栽培ガキの品種分化とその多様性に関与したと考えられる甘ガキの出現に関しての知見を得ることも目的とした。

3. 研究の方法

(1) カキ属植物の調査・探索

栽培ガキが起源したとされる、中国雲南省およびその近隣地域であるタイ・ベトナムの北部山岳地域の国立公園や植物園を中心に、中国・タイ・ベトナムの海外共同研究者の協力のもと、それら地域に存在するカキ属植物を調査・探索した。

(2) 腊葉標本の調査

北京植物園、武漢植物園、昆明植物園、シーサンパンナ熱帯植物園において、腊葉標本を用いて、カキと形態学的に非常に類似する種とその採取された地域を調査した。また、栽培ガキ (*D. kaki*) に非常に近縁であると考えられている *D. lotus* と *D. oleifera* の腊葉標本についても調査し、その採取地から中国国内でのこれらの種の分布域についても調査した。

(3) 特定した種の倍数性考察

栽培ガキに近いと考えられた新たな種に関して、その倍数性を考察するために、SSRプライマーを用いてゲノム DNA を増幅し、その泳動パターンによって新たな種の倍数性を考察した。

(4) ゲノム特定領域の塩基配列比較

二倍体近縁野生種 *D. lotus* に日本原産のカキ品種に存在する甘渋性決定遺伝子座の連鎖領域があるかどうか、またその塩基配列にどの程度の違いが認められるかを調査し、この方法によって栽培ガキとの類縁性評価が可能かどうかを検討した。

4. 研究成果

(1) カキ属植物の調査・探索

タイの北部山岳地帯にあるアンカン王立農業試験場で *D. glandulosa*、ベトナムの北部山岳地域の Lang Son 省 Cao Loc 地区 Bao Lam 地域で現地において Hong Coc と呼ばれている *D. oleifera* と酷似する種の見出し。さらに、中国雲南省シーサンパンナ自治区の熱帯植物園においては、*D. nigrocotes* (黒皮柿)、*D. embryopteris* (法国柿)、*D. dumetorum* (石柿) 等のカキ属植物を確認するとともに、現地で Ye-mao-shi (野毛柿) とよばれ、*D. kaki* var. *sylvestris* の学名が与えられている、カキと非常に形態的特性が類似した種を再確認した。この Ye-mao-shi (野毛柿) は形態的特徴が最も栽培ガキに近く、カキの起源を考える上で、重要な種であると考えられた。



Ye-mao-shi (野毛柿) の果実

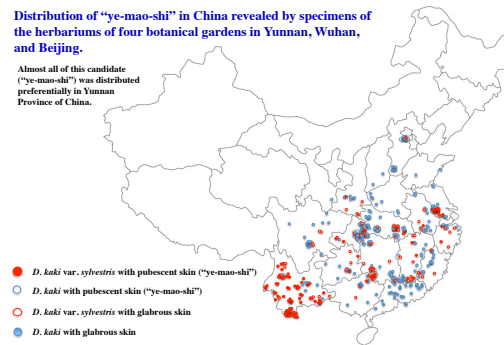
(2) 腊葉標本の調査

中国の植物園での腊葉標本の調査から、*D. lotus* と *D. oleifera* は中国に広く分布していることが確認できた。さらに、*D. kaki* var. *sylvestris* の学名が与えられている腊葉標本のカキには果実および成葉に柔毛が多く認められるものとそうでないものが存在して

いること、さらに *D. kaki* とされている腊葉標本にも果実および成葉に柔毛が多く認められるものと全く認められないものがあり、その分類が混乱していることが明らかになった。また、この果実および成葉に柔毛が多きものは Ye-mao-shi (野毛柿) であると考えられたため、この分布を腊葉標本の試料採取場所から調査したところ、この Ye-mao-shi (野毛柿) の分布域は雲南省に限定されることが示され、栽培ガキの起源がこの地域と深い関係がある可能性が考えられた。



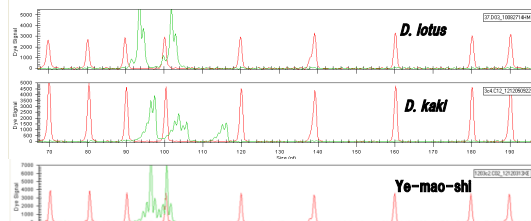
D. kaki var. *sylvestris* の腊葉標本



Ye-mao-shi (野毛柿) の分布域

(3) Ye-mao-shi (野毛柿) の倍数性考察

これまでの ITS 領域および *matK* 遺伝子の塩基配列からの解析から、栽培ガキに近縁であることが推察されている *D. lotus* および *D. oleifera* は二倍体であることが示されている。そこで、雲南省に分布し、栽培ガキの起



SSR 分析によるエレクトロフェログラム

源に関係する可能性が考えられた前述の Ye-mao-shi (野毛柿) の倍数性に関して、SSR プライマーを用いた泳動パターンからその倍数性を考察したところ、この種も二倍体である可能性が高いことが明らかとなった。

(4) ゲノム特定領域の塩基配列比較

二倍体近縁野生種 *D. lotus* には、日本原産のカキ品種に存在する甘渋性決定遺伝子座の連鎖領域があることが確かめられた。このため、*D. lotus* を利用したカキの遺伝子単離の可能性が考えられ、他の種に関してもこれらの点を考慮して栽培ガキとの類縁関係を評価できるかどうかを検討していきたい。さらに、今後、Ye-mao-shi (野毛柿) やベトナムで発見した Hong Coc と呼ばれている種の ITS 領域および *matK* 遺伝子の塩基配列の調査等から、これらの種と栽培ガキとの類縁関係を調査し、その類縁関係を明らかにするとともに、栽培ガキの起源に関係した種を特定していく必要がある。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 4 件)

- ① K. Yonemori, S. Kanzaki, M. Yamada, Y. Yang, R. Wang, and Z. Luo, New candidate for the ancestor of Japanese persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.) found in Yunnan province of China. *Acta Horticulturae*, 948, 2012, 121-128. (査読あり)
- ② Akagi, T., Y. Suzuki, A. Ikegami, H. Kamitakahara, T. Takano, F. Nakatsubo, and K. Yonemori, Condensed tannin composition analysis in persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.) fruit by acid catalysis in the presence of excess phloroglucinol. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 79, 2011, 275-281. (査読あり)
- ③ Ikegami, A., T. Akagi, D. Potter, M. Yamada, A. Sato, K. Yonemori, A. Kitajima, K. Inoue, Molecular identification of 1-Cys peroxidase and anthocyanidin/flavonol 3-O-galactosyltransferase from proanthocyanidin-rich young fruits of persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.), *Planta* 230, 2009, 841-855. (査読あり)
- ④ Yonemori, K., S. Kanzaki, C. Honsho, T. Akagi, D.E. Parfitt, Phylogeny and cultivar development of *Diospyros kaki*: a survey based on molecular analysis. *Advances in Horticultural Science* 22, 2008, 261-268. (査読あり)

[学会発表] (計 6 件)

- ① Yonemori, K., S. Kanzaki, M. Yamada, Y.

Yang, R. Wang, and Z. Luo. 2011 年 3 月 22 日. New candidate for the ancestor of Japanese persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.) found in Yunnan province of China. 1st International Symposium on Wild Relatives of Subtropical and Temperate Fruit and Nut Crops. カリフォルニア大学デイビス校、アメリカ合衆国.

- ② 辻本誠幸, 赤木剛士, 神崎真哉, 米森敬三. 2010 年 9 月 19 日. カキの遺伝学的解析におけるマメガキの有用性. 園芸学会平成 21 年度秋季大会. 大分大学、且野原キャンパス.
- ③ 辻本誠幸, 赤木剛士, 河野淳, 三谷宣仁, 米森敬三. 2009 年 9 月 26 日. マメガキを用いたポジショナルクロニング法によるカキ甘渋性制御遺伝子 (*AST* 遺伝子) 存在領域の特定. 園芸学会平成 21 年度秋季大会. 秋田大学、手形キャンパス.
- ④ 鈴木靖彦, 上高原浩, 高野俊幸, 中坪文明, 米森敬三. 2009 年 3 月 20 日. カキ果実に含まれる縮合型タンニンの同定とその品種間差異. 園芸学会平成 21 年度春季大会. 明治大学、駿河台キャンパス.
- ⑤ Yonemori, K., A. Ikegami, T. Akagi, Y. Sakaguchi, S. Eguchi, A. Sato, M. Yamada. 2009 年 1 月 12 日. AFLP markers linked to the Chinese pollination-constant, non-astringent trait and their conversion to PCR-based markers. *Plant and Animal Genome XVII*, San Diego, USA.
- ⑥ 池上礼子, 赤木剛士, 山田昌彦, 佐藤明彦, 北島宣, 米森敬三. 2008 年 9 月 28 日. 中国の完全甘ガキ果実におけるフラボノイド生合成に関与する遺伝子群の発現解析. 園芸学会平成 20 年度秋季大会. 三重大学 共通教育棟・生物資源学部、津.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

米森 敬三 (YONEMORI KEIZO)
京都大学・大学院農学研究科・教授
研究者番号：10111949

(2) 研究分担者

北島 宣 (KITAJIMA AKIRA)
京都大学・大学院農学研究科・教授
研究者番号：70135549
田尾 龍太郎 (TAO RYUTARO)
京都大学・大学院農学研究科・准教授
研究者番号：10211997
神崎 真哉 (KANZAKI SHINYA)
近畿大学・農学部・准教授
研究者番号：20330243
山根 久代 (YAMANE HISAYO)
京都大学・大学院農学研究科・講師
研究者番号：80335306