

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 30 年 6 月 26 日現在

機関番号：15501

研究種目：新学術領域研究(研究領域提案型)

研究期間：2012～2017

課題番号：24101003

研究課題名(和文)古代の主食糧としてのコムギ栽培進化プロセスの解明

研究課題名(英文)Process of wheat domestication as ancient main cereals

研究代表者

丹野 研一(TANNO, Ken-ichi)

山口大学・大学院創成科学研究科・助教

研究者番号：10419864

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 58,515,125円

研究成果の概要(和文): 農耕起源の解明のために、皮性コムギ(いわゆる古代コムギ)について考古植物学、分子遺伝学、圃場での栽培試験から情報収集がなされた。西アジアおよびその近隣地域の8遺跡にて考古植物のサンプリングを行い、植物種の同定を行った。AAGGゲノム種の皮性コムギにおける子実形質に関してDNA分析を行った。二倍体と四倍体の皮性コムギ約500系統について収量構成要素など圃場データ収集や成分分析を行った。これらは考古学において出土した皮性コムギを解釈するための基礎データとなる。また、皮性コムギ遺伝資源(エンマーコムギ)を利用して、早生のデュラムコムギを作出した。

研究成果の概要(英文): To elucidate the origins of agriculture, data collection on hulled wheat was done based on archaeobotany, molecular genetics and field cultivation studies. Identification of archaeobotanical remains from 8 sites in West Asia and neighboring regions was done. Molecular genetics for seed traits was done in AAGG genome hulled wheats. Field traits such as yield components and chemical analysis were done in approximately 500 diploid and tetraploid hulled wheat accessions. These data sets of hulled wheats were taken for the purpose of further interpretation of archaeological wheat remains. Using hulled tetraploid genetic resources (emmer wheat), novel early maturing durum breeding lines were produced.

研究分野：考古植物学

キーワード：皮性コムギ 考古植物学 農耕起源 デュラムコムギ 考古学 西アジア

## 1. 研究開始当初の背景

本研究は古代コムギについて考古学、作物学など多面視点から科学的データの蓄積を行うことを目的として開始された。開始当時、古代コムギすなわち西アジアの考古遺跡で出土するエンマーコムギ、アインコルンコムギ、スペルタコムギなどの皮性小麦類は、類縁系統関係等はよく研究されていたが、栽培生理特性に関するデータは希薄であった。

本研究はとくに日本国内で皮性小麦を栽培して、とくに考古学解釈にかかわる植物特性と、主として日本国内生産につながる栽培データを蓄積することとした。このような基礎データの蓄積によって、考古植物学の進展と、古代コムギの現代的利用という、新しい領域研究を行ったものが本研究である。

## 2. 研究の目的

人類の農耕開始に大きくかかわった西アジアの皮性コムギ(古代コムギ)類について、圃場レベルの植物特性データを蓄積し、考古学解釈に役立てることを大目的とした。また、そのような古代コムギの圃場データを、現代社会に還元するべく、考古学と農学の融合研究を本研究は目指した。

## 3. 研究の方法

本研究では古代コムギを対象として、圃場栽培試験、分子進化の分析研究、遺跡から出土する考古植物の顕微鏡同定という3つの異分野からなる研究アプローチをとった。古代コムギとは、皮性コムギである二倍性のアインコルンコムギと、四倍性のエンマーコムギおよびチモフェービー系コムギを主としており、それらの野生種および栽培種である。

圃場栽培試験では、主として京都大学の保有する日本の古代コムギ遺伝資源を対象とした。生育ステージ(止葉抽出日、穂ばらみ期、出穂期、開花期、登熟期)、収量性(収

量、穂数、一穂粒数、粒重)など、きわめて労力がかかるために通常行われることのないデータを本研究では重点的に取った。また皮性コムギをデュラムコムギのエリート品種(カナダ産)と交配し、日本に適したデュラムコムギの開発を行った。

分子研究は、当初は栽培化関連遺伝子を標的にしようとしたが、他研究機関の動向と次世代シーケンサー解析技術の新展開があったため、古代コムギの品質解明に特化した研究を行うこととした。また、出土植物を対象としたDNA分析を行うことにした。

考古遺跡からの出土植物同定については、新学術領域研究チームの発掘した植物を担当した。また研究代表者がこれまで長期継続的に行ってきた各遺跡資料について顕微鏡同定を行った。

## 4. 研究成果

上記1~3に沿って以下に述べる。

・成果1) 皮性コムギ遺伝資源の栽培試験関係、とくに国産デュラムコムギ品種の開発

アインコルンコムギ、ウラルトゥコムギ、エンマーコムギ、デュラムコムギ、チモフェービー系コムギ、スペルタコムギ、パンコムギを中心とした合計約950系統について、試験栽培を行った。とくにアインコルンコムギ、エンマーコムギ、デュラムコムギ、アルメニアコムギ、チモフェービー系コムギについては、生育ステージと収量および収量構成要素の調査を行った。また一部についてはタンパク質含有率、黄色色素値、17種の元素分析などを行った(雑誌論文3,4、学会発表4,7,8,9,12)。これらは出土植物の解釈のための基礎データとなり、また、品種改良のためにも役立つものである。

スパゲティなどパスタの原料となるデュラムコムギの国内向け品種の開発を行った。デュラムコムギにはこれまで早生の品種がなく、梅雨のある日本では生産することが困

難であった。本研究では上記試験によって早生のエンマーコムギを見出したので、これを世界のエリート品種と交配した。本研究では敢えて手間のかかる系統育種法という手法を用いた結果、早生、耐倒伏性、白粒遺伝子型の黄色粒、製麺性（グルテン）、鳥害抵抗性といった多数の有用形質をもたせた早生デュラムコムギの育成に成功した。

本成果は2017年3月4日に領域総括の筑波大学からサンシャインシティ文化会館において、また2017年5月30日に山口大学から「50年間達成されなかった、梅雨前に収穫できる早生デュラムコムギの開発に成功！～古代コムギが現代の問題解決のカギとなる～」とのプレスリリースを行った。NHK他によって、6月2日の梅雨入り前に実際に収穫した映像が放送され、さらに8月にもNHKにより農家栽培（滋賀）とレストラン試食（広島）の様子が放送された。日経新聞、米麦日報、文教速報他で記事紹介された。本研究成果は、考古学研究が糸口となって、現代社会の問題解決が可能となった学際成果である。パスタは魚介や野菜など各地の食材と料理しやすく、イネ、パンコムギに次ぐ「第3の穀類」として、日本の食糧の新たな道を拓く可能性を秘めている。

#### ・成果2) DNA分析関係

チモフェービー系コムギ（AAGGゲノム種）と、最古の作物の一つであるエンマーコムギ（AABBゲノム種）を出土遺物で識別する方法を見出すために、子実の硬軟質性を決める遺伝形質（*pin* 遺伝子）を標的として栽培試験とDNA分析、電顕観察を行った。圃場試験結果は予想に反して、*pin* 遺伝子型にかかわらず窒素肥料の増施によってAAGG種の子実は硬質化した（論文業績3）。つまり硬軟質性による選抜は栽培起源時に起こらなかったといえる。

AAGG種の*pin* 遺伝子をふくむ*Ha* 遺伝子領域の塩基配列をはじめて決定した（学会発

表10、優秀発表賞受賞）。AAGG種を、AABB種から識別するための葉緑体DNAマーカーを作成した（論文業績8）。AAGG種のアルメニアにおける自生地情報を整備した（論文業績12）。遺跡出土植物の次世代シーケンズ解析を行った。西アジアの炭化種子についてはこれまで成功例がなかったが、少数の配列が得られている。

#### ・成果3) 遺跡から出土した植物の同定による農耕起源の解明研究

現在の農耕起源の主流説はプロトラクト説と呼ばれるが、本研究代表者が2006年にScience誌に発表した説が発端となっている。本説の普及に努めてきた甲斐あり、定説となった（論文業績5、著書業績11）

北西シリアのデデリエ遺跡ではナトゥーフ期（後期旧石器時代、約13,000年前）の植物を一部同定し発表した。本内容はナトゥーフ時代の過去約20年の主要研究をとりまとめた「Natufian foragers in the Levant(バルヨゼフ、バラ編)」に編集された（著書業績1）。

トルコ東部チグリス川流域のハサンケイフ・ホユック遺跡（新石器時代PPNA期、約11,000年前）の植物同定を行った。ピスタチオ、アーモンド、エノキが大半を占めて麦類が出土しなかった結果から、PPNA期のトルコ東部ではコムギ農耕は行われておらず、穀類に依存しない独自の生業が存在していたことが示された（論文業績1、6、学会発表14、著書業績11）。

イラン南西部のタンゲシカン遺跡において出土植物同定を行った。また、イラン北東部のチャハマック遺跡の樹種同定を行った（論文業績10、著書業績8）。イスラエルの鉄器時代のテル・レヘシュ遺跡から出土した植物を同定した（発掘報告書に寄稿済み）。イラク・スレイマニア自治区のサイドアハマダン遺跡において出土植物と現生植物調査を行った（論文業績2）。

アルメニアの初期農耕を解明するために、従来知られる初期農耕より千年古い前7千年紀のレルナゴーク遺跡で、考古植物のサンプリングと同定を行った。農耕は存在していなかったことが判明したが、作物進化を考えると現地植生の豊かさは特記すべき存在であり、考古植物研究の盲点といえる地域であったことが判明した(論文業績12)。

#### 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8件)

- 1) 丹野研一, 藤島文, 有村誠 (2018) アルメニアの野生コムギ種と農耕起源. 西アジア考古学 19: 35-45. 査読有
- 2) Yamane, K. and Kawahara, T. (2018) Size homoplasy and mutational behavior of chloroplast simple sequence repeats (cpSSRs) inferred from intra- and interspecific variations in four chloroplast regions of diploid and polyploid *Triticum* and *Aegilops* species. *Genetic resources and crop evolution*. 65: 727-743. 査読有
- 3) 丹野研一 (2017) コムギ農耕の起源と広がり. *科学* 87(10): 952-953. 査読無
- 4) Tanno K., Takeuchi A., Akahori E., Kobayashi K., Kawahara T. and Yamane K. (2017) Multiplex PCR effectively identifies tetraploid *Triticum* AABB- or AAGG-genome species. *Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization* 16(3): 279-283 査読有
- 5) Ohta, A., Yamane, K., Kawahara, T. (2016) Relationship between spike morphology and habitat of four *Aegilops* species of section *Sitopsis*. *Genetic Resource and Crop Evolution* 64: 889-899 査読有
- 6) Maeda O., Lucus L., Silva F., Tanno K., Fuller D.Q. (2016) Narrowing the harvest: Increasing sickle investment and the rise of domesticated cereal agriculture in the Fertile Crescent. *Quaternary Science Reviews* 145: 226-237 査読有
- 7) 岡崎大, 丹野研一, 山根京子, 河原太八, 鎌田英一郎, 荒木英樹, 高橋肇 (2015) 四倍性コムギにおける粉状質化子実の電子顕微鏡観察. 日本作物学会中国支部研究収録 第55号, pp.23-24. 査読無
- 8) Yutaka Miyake, Osamu Maeda, Ken-ichi Tanno, Hitomi Hongo and Can Y. Gundem (2013) New excavations at Hasankeyf Hoyuk: A 10<sup>th</sup> millennium cal. BC site on the upper Tigris, southeast Anatolia. *Neolithics* 12(1):3-7. 査読無

[学会発表](計6件)

- 1) 丹野研一, 馬場遼太, 河原太八(2016)本邦向け早生デュラムコムギの育種研究. 日本育種学会第129回講演会. 横浜市立大学. 育種学研究 18(別冊1号): p.38
- 2) Akashi, C., Nishiaki Y., Guiliev F. and Tanno K. (2016) The food-producing economy in earliest Shomutepe-Shulaveri culture, western Azerbaijan. 17th Symposium of the International Work Group for Palaeoethnobotany, Paris, France. pp.1
- 3) Tanno, K., Maeda O., Miyake Y. (2016) Plant remains from Hasankeyf Hoyuk: a new PPNA settlement in the upper Tigris valley. 17th Symposium of the International Work Group for Palaeoethnobotany, Paris, France. pp.38-39

- 4) 山木美幸, 丹野研一, 加藤輝雄, 河原太八, 山根京子 (2015) 硬軟質性に關与する *Hardness* 遺伝子座の四倍性コムギにおける遺伝的多様性. 第23回日本育種学会中部地区談話会 愛知県農業総合試験場. 優秀発表賞受賞
- 5) 岡崎大, 丹野研一, 山根京子, 河原太八, 鎌田英一郎, 荒木英樹, 高橋肇 (2015) 四倍性コムギにおけるタンパク質含有率と子実硬度の系統間差異. 日本作物学会第240回大会, 信州大学, 長野市. 日本作物学会第240回講演会要旨集 p.49
- 6) 丹野研一, 吾郷華乃子, 久保堅司, 河原太八, 鎌田英一郎, 荒木英樹, 高橋肇 (2015) デュラムおよびエンマーコムギ遺伝資源におけるカドミウムほか元素含有率の系統間差異. 日本作物学会 第240回大会, 信州大学, 長野市. 日本作物学会第240回講演会要旨集 p.50

〔図書〕(計4件)

- 1) 丹野研一 (2017) 「西アジアにおける農耕起源とムギ類の栽培化」『農耕の起源と拡散』アジア考古学四学会編、高志書院、pp.161-185 ISBN 13 : 9784862151728
- 2) Tanno, K. and Maeda, O. (2016) The origins of agriculture. In: (eds: Tsuneki A., Yamada S. and Hisada K.) Ancient West Asian civilization: Geoenvironment and society in the pre-Islamic Middle East. Springer, Singapore. pp.87-98. ISBN: 978-981-10-0553-4
- 3) 丹野研一 (2014) 「農耕の始まりを出土植物から調査する」『西アジア文明学への招待(筑波大学西アジア文明研究センター編)』悠書館, pp. 106-122, ISBN978-4-903487-96-0
- 4) Tanno K., Willcox G., Muhesen S., Nishiaki Y., Kanjo Y. and Akazawa, T.

(2013) Preliminary results from analyses of charred plant remains from a burnt Natufian building at Dederiyeh cave in northwest Syria. In: Natufian foragers in the Levant: Terminal Pleistocene social changes in western Asia (eds: Bar-Yosef O. and Valla F.R.). International monographs in prehistory, archaeological series 19. Michigan U.S.A. pp. 83- 87. ISBN978-1-879621-45-9 (paperback), ISBN: 978-1-879621-46-6 (hardcover)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://ds.cc.yamaguchi-u.ac.jp/~tanno/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

丹野 研一 (TANNO, Ken-ichi)

山口大学・大学院創成科学研究科・助教

研究者番号: 10419864

(2)研究分担者

山根 京子 (YAMANE, Kyoko)

岐阜大学・応用生物科学部・准教授

研究者番号: 00405359

河原 太八 (KAWAHARA, Taihachi)

京都大学・農学研究科・准教授

研究者番号: 20115827

矢野 健太郎 (YANO, Kentaro)

明治大学・農学研究科・教授

研究者番号: 00446543