

様式 C - 7 - 1

令和2年度科学研究費助成事業（科学研究費補助金）実績報告書（研究実績報告書）

所属研究機関名称		奈良先端科学技術大学院大学	機関番号	14603
研究代表者	部局	先端科学技術研究科		
	職	准教授		
	氏名	峠 隆之		

1. 研究種目名 基盤研究(B)(一般) 2. 課題番号 19H03249

3. 研究課題名 果実作物モデルにおける有用代謝形質の多面的な分子育種の創生

4. 研究期間 令和元年度～令和3年度 5. 領域番号・区分 -

6. 研究実績の概要

本研究では、果実の質向上および、病害耐性や収量向上などの多面的有用形質の分子育種戦略モデルを創生するとともに、栽培種トマトに対して有用形質付加育種を行うための、即戦力遺伝子群を、種間交雑可能な野生種トマト群から特定することを目的としている。2020年度は、本研究項目の一つである、「栽培品種と種間交雑可能な野生種トマトの植物種レベルでの物質合成能の全体像を捕捉」の研究成果において、学会発表および国際科学雑誌 (Tohge et al, 2020, Mol Plant) で発表しコメントも公表した (Tohge et al, 2020, Mol Plant)。また、有用代謝物産生に関わる新機能分化領域の特定について、トマト栽培種と野生種の交配ラインの代謝解析により、複数の代謝多型ゲノム領域を特定した (Alseekh et al, 2020, Plant J)。また、他のナス科植物作物種や穀物種などの代謝多様性比較に関する解析の成果 (Zhan et al, 2020, Nat Plants; McQuinn et al, 2020, Plant Biotechnol J; Calumpang et al, 2020, Metabolites; Ferrari et al, 2020, Plant Cell; Front Plant Sci; Liu et al, 2021, Front Plant Sci) を発表した。また、有用物質代謝の産生制御に関わる鍵遺伝子特定の解析を構築し、成果 (Tohge & Fernie, 2020, Plants; Naake et al, 2020, Plant Physiol; Aneklaphakij et al, 2021) を発表した。2020年度解析したトマト野生種の特定期官やナス科果実の結果について、成果発表の準備を行っている。

7. キーワード

二次代謝物 メタボロミクス 種間比較 トマト 花序 紫外線

8. 現在までの進捗状況

区分 (2) おおむね順調に進展している。

理由
本研究の下記の研究計画項目について、2019年度に引き続き、代謝物分析、遺伝子発現相関解析、遺伝子多型解析や種間比較ゲノム解析とそれらの統合オミクス解析を行っている。「トマト種間の包括的な代謝物分析」および「葉に蓄積する忌虫および抗酸化活性物質を標的とした代謝物分析解析とトランスクリプトームデータ解析」は完了し、一部の成果は学会および国際科学雑誌で発表し、現在解析中の部分は論文投稿準備中である。「花序に蓄積する紫外線ストレス防御に関わる代謝物を標的とした解析」は、他の作物種をモデルケースに解析法を構築し、国際科学雑誌で発表した。トマト野生種に関する解析は一部終了し、2021年度まとめる予定である。「栽培種と野生種トマトのゲノム上のタンデム複製遺伝子群の捕捉」に関しては、方法論の構築が完了し、学会および国際科学雑誌で発表した。また、フェノタイプングデータや代謝物プロファイルとの相関解析に関するデータは、共同研究者と連携した情報収集を開始している。また、2020年度に行ったトマト野生種の特定期官や、ナス科植物作物種の果実についてのそれぞれの解析成果について、国際科学雑誌への投稿の準備を行っている。また、本研究の協力者（海外研究機関）とオンラインミーティングなどを頻繁に行い、必要な情報の共有と連携の強化を行った。コロナ禍によりドイツへの滞在と一部の実験は行えなかったが、研究は概ね順調に進展しているといえる。

3版

9. 今後の研究の推進方策

2020年度までに得られた分析データとオミクス統合解析結果に加え、交配ラインの詳細は代謝物分析の継続と、データの解釈およびゲノム領域の特定、国際科学雑誌論文への投稿準備を行う。得られた候補遺伝子群について、分子生物学・生化学実験による、機能解明を開始する。フェノタイプングデータや代謝物プロファイルとの相関解析に関しては、引き続き研究協力者と連携して行う。2021年度も現地滞在は困難であると考えられるため、オンラインでのミーティングにより研究を遂行する。

10. 研究発表（令和2年度の研究成果）

〔雑誌論文〕 計16件（うち査読付論文 16件／うち国際共著論文 13件／うちオープンアクセス 15件）

1. 著者名 Ferrari Camilla, Shivhare Devendra, Hansen Bjoern Oest, Pasha Asher, Esteban Eddi, Provart Nicholas J., Kragler Friedrich, Fernie Alisdair, Tohge Takayuki, Mutwil Marek	4. 巻 32
2. 論文標題 Expression Atlas of Selaginella moellendorffii Provides Insights into the Evolution of Vasculature, Secondary Metabolism, and Roots	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Plant Cell	6. 最初と最後の頁 853 ~ 870
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1105/tpc.19.00780	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する
1. 著者名 Hayashi Shunya, Watanabe Mutsumi, Kobayashi Makoto, Tohge Takayuki, Hashimoto Takashi, Shoji Tsubasa	4. 巻 61
2. 論文標題 Genetic Manipulation of Transcriptional Regulators Alters Nicotine Biosynthesis in Tobacco	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Plant and Cell Physiology	6. 最初と最後の頁 1041 ~ 1053
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1093/pcp/pcaa036	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 McQuinn Ryan P., Gapper Nigel E., Gray Amanda G., Zhong Silin, Tohge Takayuki, Fei Zhangjun, Fernie Alisdair R., Giovannoni James J.	4. 巻 18
2. 論文標題 Manipulation of ZDS in tomato exposes carotenoid and ABA specific effects on fruit development and ripening	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Plant Biotechnology Journal	6. 最初と最後の頁 2210 ~ 2224
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/pbi.13377	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Hu Chaoyang, Rao Jun, Song Yue, Chan Shen-An, Tohge Takayuki, Cui Bo, Lin Hong, Fernie Alisdair R., Zhang Dabing, Shi Jianxin	4. 巻 15
2. 論文標題 Dissection of flag leaf metabolic shifts and their relationship with those occurring simultaneously in developing seed by application of non-targeted metabolomics	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e0227577
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0227577	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Tohge Takayuki, Scossa Federico, Wendenburg Regina, Frasse Pierre, Balbo Ilse, Watanabe Mutsumi, Alseekh Saleh, Jadhav Sagar Sudam, Delfin Jay C., Lohse Marc, Giavalisco Patrick, Usadel Bjoern, Zhang Youjun, Luo Jie, Bouzayen Mondher, Fernie Alisdair R.	4. 巻 13
2. 論文標題 Exploiting Natural Variation in Tomato to Define Pathway Structure and Metabolic Regulation of Fruit Polyphenolics in the Lycopersicon Complex	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Molecular Plant	6. 最初と最後の頁 1027 ~ 1046
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.molp.2020.04.004	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Richter Andreas S., Tohge Takayuki, Fernie Alisdair R., Grimm Bernhard	4. 巻 375
2. 論文標題 The genomes uncoupled-dependent signalling pathway coordinates plastid biogenesis with the synthesis of anthocyanins	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences	6. 最初と最後の頁 20190403
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1098/rstb.2019.0403	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Tohge Takayuki, Fernie Alisdair R.	4. 巻 9
2. 論文標題 Co-regulation of Clustered and Neo-functionalized Genes in Plant-Specialized Metabolism	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Plants	6. 最初と最後の頁 622 ~ 622
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/plants9050622	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

3版

1. 著者名 Watanabe Mutsumi, Walther Dirk, Ueda Yoshiaki, Kondo Katsuhiko, Ishikawa Satoru, Tohge Takayuki, Burgos Asdrubal, Brotman Yariv, Fernie Alisdair R, Hoefgen Rainer, Wissuwa Matthias	4. 巻 43
2. 論文標題 Metabolomic markers and physiological adaptations for high phosphate utilization efficiency in rice	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Plant, Cell & Environment	6. 最初と最後の頁 2066 ~ 2079
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/pce.13777	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Calumpang Carla Lenore F., Saigo Tomoki, Watanabe Mutsumi, Tohge Takayuki	4. 巻 10
2. 論文標題 Cross-Species Comparison of Fruit-Metabolomics to Elucidate Metabolic Regulation of Fruit Polyphenolics Among Solanaceous Crops	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Metabolites	6. 最初と最後の頁 209 ~ 209
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/metabo10050209	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Alseekh Saleh, Ofner Itai, Liu Zhongyuan, Osorio Sonia, Vallarino Jose, Last Robert L., Zamir Dani, Tohge Takayuki, Fernie Alisdair R.	4. 巻 103
2. 論文標題 Quantitative trait loci analysis of seed specialized metabolites reveals seed specific flavonols and differential regulation of glycoalkaloid content in tomato	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Plant Journal	6. 最初と最後の頁 2007 ~ 2024
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/tpj.14879	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Tohge Takayuki	4. 巻 13
2. 論文標題 From Fruit Omics to Fruiting Omics: Systematic Studies of Tomato Fruiting by Metabolic Networks	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Molecular Plant	6. 最初と最後の頁 1114 ~ 1116
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.molp.2020.07.012	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Parry Geraint, Provart Nicholas J., Brady Siobhan M., Uzilday Baris, Multinational Arabidopsis Steering Committee.	4. 巻 4
2. 論文標題 Current status of the multinational Arabidopsis community	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Plant Direct	6. 最初と最後の頁 e00248
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/pld3.248	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Zhan Chuansong, et al., Tohge Takayuki, Qu Lianghuan, Liu Xianqing, Fernie Alisdair R., Chen Ling-Ling, Yuan Meng, Luo Jie	4. 巻 7
2. 論文標題 Author Correction: Selection of a subspecies-specific diterpene gene cluster implicated in rice disease resistance	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature Plants	6. 最初と最後の頁 100 ~ 100
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41477-020-00838-1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Naake Thomas, Maeda Hiroshi A, Proost Sebastian, Tohge Takayuki, Fernie Alisdair R	4. 巻 185
2. 論文標題 Kingdom-wide analysis of the evolution of the plant type III polyketide synthase superfamily	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Plant Physiology	6. 最初と最後の頁 857 ~ 875
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/plphys/kiaa086	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Aneklaphakij Chaiwat, Saigo Tomoki, Watanabe Mutsumi, Naake Thomas, Fernie Alisdair R., Bunsupa Somnuk, Satitpatipan Veena, Tohge Takayuki	4. 巻 12
2. 論文標題 Diversity of Chemical Structures and Biosynthesis of Polyphenols in Nut-Bearing Species	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Plant Science	6. 最初と最後の頁 1 ~ 15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fpls.2021.642581	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

3版

1. 著者名 Liu Yuting、Watanabe Mutsumi、Yasukawa Sayuri、Kawamura Yuriko、Aneklaphakij Chaiwat、Ferne Alisdair R.、Tohge Takayuki	4. 巻 12
2. 論文標題 Cross-Species Metabolic Profiling of Floral Specialized Metabolism Facilitates Understanding of Evolutional Aspects of Metabolism Among Brassicaceae Species	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Plant Science	6. 最初と最後の頁 1~13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fpls.2021.640141	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計11件(うち招待講演 4件/うち国際学会 0件)

1. 発表者名 野あおい、渡邊むつみ、峠 隆之
2. 発表標題 プロアントシアニジン生合成の転写制御と蓄積機構の解明
3. 学会等名 第62回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 峠 隆之
2. 発表標題 植物が産生するポリフェノール類の代謝多型解析
3. 学会等名 第62回日本植物生理学会年会 シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西郷知樹、Chaiwat Aneklaphakij、渡邊むつみ、Thomas Naake、Alisdair R. Fernie、Somnuk Bunsupa、Veena Satitpatipan、峠 隆之
2. 発表標題 ナッツ類に含まれるポリフェノールの化学構造多様性と生合成遺伝子
3. 学会等名 第62回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Carla Lenore Ferrolino Calumpang, Tomoki Saigo, Mutsumi Watanabe, Takayuki Tohge
2. 発表標題 Cross-species fruitomics to elucidate biosynthetic structure and metabolic regulation of fruit polyphenolics in the Solanaceous species
3. 学会等名 第62回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuting Liu, Sayuri Yasukawa, Yuriko Kawamura, Chaiwat Aneklaphakij, Mutsumi Watanabe, Takayuki Tohge
2. 発表標題 Cross-species comparison of floral specialized metabolites deciphering evolutionary aspects in Brassicaceae species
3. 学会等名 第62回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Delfin Jay Camisora, 峠 隆之、清水 崇史
2. 発表標題 GH3.10はシロイヌナズナの花成や傷害応答においてJAR1と重複した機能を有する
3. 学会等名 第62回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 峠 隆之
2. 発表標題 植物の代謝多型に基づく機能ゲノミクス
3. 学会等名 植物科学シンポジウム 2020 (招待講演)
4. 発表年 2020年

3 版

1. 発表者名 Delfin Jay Camisola、Takayuki Tohge、Takafumi Shimizu
2. 発表標題 シロイヌナズナDFL2の花成と傷害応答における機能解析
3. 学会等名 植物化学調節学会第55回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 峠 隆之
2. 発表標題 植物の代謝多型とその活用
3. 学会等名 第8回 奈良まほろば産学官連携懇話会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 峠 隆之
2. 発表標題 分析プラットフォームの構築に携わってきて
3. 学会等名 機器・分析技術研究会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 峠 隆之
2. 発表標題 作物種のメタボロミクス研究と食の評価について
3. 学会等名 日本食品化学学会 第26回総会・学術大会（招待講演）
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 馬場 健史、平山 明由、松田 史生、津川 裕司	4. 発行年 2021年
2. 出版社 羊土社	5. 総ページ数 334
3. 書名 メタボロミクス実践ガイド	

1 1 . 研究成果による産業財産権の出願・取得状況

計0件（うち出願0件 / うち取得0件）

1 2 . 科研費を使用して開催した国際研究集会

計0件

1 3 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
ドイツ	Max Planck 研究所	-	-	-
タイ	Mahidol大学	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-				

1 4 . 備考

-