

令和 2 年 5 月 22 日現在

機関番号：14303

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2019

課題番号：15K00566

研究課題名(和文)炭素安定同位体と遺伝的解析による気孔開度評価に基づいた街路樹の環境ストレス診断

研究課題名(英文) Evaluation of tolerance to environmental stresses for roadside tree species based on stomatal function, using stable carbon isotope ratio and genetic analysis

研究代表者

富田 祐子(半場祐子)(Yuko, Hanba, T.)

京都工芸繊維大学・応用生物学系・教授

研究者番号：90314666

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：光合成能力に着目し、街路樹の環境ストレス耐性評価を行った。高木として日本国内で最もよく利用されているイチョウは、大気汚染ストレスや乾燥ストレスに対して耐性が高いことが示された。街路樹の低木の中では、シャリンバイが乾燥ストレスに対して最も高い耐性と回復力を示した。光合成の乾燥ストレス応答に関係する遺伝子として、水を輸送するタンパク質であるアクアポリンの遺伝子が有力であることが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

街路樹の環境ストレス応答を光合成機能に着目して詳細に解析した日本国内では数少ない研究である。街路樹の光合成機能の種間差には、気孔のはたらきに加えて、葉の内部構造の特性が関わっていることが明らかになった。街路樹の中では、高木ではイチョウ、低木ではシャリンバイが大気汚染や乾燥など都市環境ストレスに対して高い適性を持つことを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：Tolerance to environmental stresses was evaluated for roadside tree species, focusing on photosynthetic functions. The most common roadside tall tree, Ginkgo biloba, showed high tolerance to air pollutants and drought. Rhamnus japonica showed highest tolerance and recovery from drought among the urban shrub trees. Aquaporin, water transport protein, was suggested to be a candidate for relating photosynthetic response to drought

研究分野：植物生理生態学

キーワード：光合成 気孔コンダクタンス 水利用効率 炭素安定同位体 水ポテンシャル 大気汚染 乾燥ストレス 内部構造

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

1. 研究開始当初の背景

街路樹は、大気汚染物質の吸収や捕捉、緑陰形成による路面の照り返しや温度上昇の防止などの多くの効用と機能を持ち、都市の良好な生活環境維持のために重要な役割を果たしているだけでなく、都市緑化の重要な一翼を担っている。特に注目すべきは街路樹の夏期の温度上昇を抑制する効果であり、樹冠形成による緑陰や蒸散による冷却効果により、樹木個体近傍の道路上では 10℃もの温度低下効果を示す。工業化・都市化の進行に伴う大気汚染濃度の増加や高温化は国内だけでなく中国等の新興工業国でも深刻化しており、都市温暖化を緩和し、大気汚染物質の減少に資するために街路樹が果たす役割は国内／国外を問わずきわめて大きい。

しかし、街路樹には夏に落葉や枯損枝の増加といった「活力低下」が見られるものが少なくない。我々のグループの研究によると、夏の活力低下の原因としては大気汚染物質の影響(Kume et al. 2006)に加え、ヒートアイランドに起因する大気や土壌の乾燥化による複合的な環境ストレスが街路樹の光合成能力を低下させていることが考えられる(Kagotani et al. 2013)。重要なことは、夏期において光合成能力が低下する場合には外見上の衰退は必ずしも観察されないことである。加えて、夏期の光合成能力の低下には顕著な種間差がみられ、ソメイヨシノでは約 50%の低下がみられるのに対して、イチヨウではほとんど低下しなかった(Hanba et al. 2010)。しかし、このような環境ストレスによる光合成能力低下の種間差をもたらす遺伝的・生理的要因は明らかにされていない。

街路樹が夏の高温化を緩和する役割を最大限に発揮するためには、大気汚染と乾燥の影響が複合した環境ストレスによる夏の「活力低下」を抑制することが必須である。街路樹の活力度を判定するために、樹勢や樹形などの外観で判断する「4 ランク評価法」が広く行なわれている(科学技術庁資源調査会)。しかし、この方法は既に成長低下した樹木を判別することはできるが、ストレスがかかり生理活性が低下している状態を判別することはできない。樹木の外見に影響が表れる前の段階で環境ストレスの影響を診断できれば、適切な管理により活力を回復する手段を講じることができる。植物が大気汚染や乾燥ストレスのような環境ストレスを受けた場合に生じる一連の反応の中でも、気孔閉鎖は最も早い段階で生じることが知られている。葉に含まれる光合成産物の「炭素安定同位体比($\delta^{13}\text{C}$)」は平均的な気孔開度を反映するため、自然界の植物のストレス判定に広く用いられている。都市域の植物にも適用できる可能性があるが、大気中の $\delta^{13}\text{C}$ の化石燃料による影響を補正する方法が未確立であるため、都市域における適用例はアメリカにおける数例に留まっている(Wang et al. 2011)。

2. 研究の目的

街路樹の気孔開度は、葉面からの蒸散量と大気汚染の吸収能とに密接に関係する。また、気孔開度に関連する遺伝子群は、既知のものに加え、細胞膜に存在するアクアポリン遺伝子が候補であることが申請者らの研究により明らかになってきた(Tsuchihira et al. 2011, Kawase et al. 2013)。街路樹が受ける環境ストレスにはこれら遺伝子群の発現が関与している可能性が高い。本課題では、主要な街路樹(図3)を対象に、街路樹の葉の $\delta^{13}\text{C}$ を用いて実際の都市域における気孔を通じた環境ストレスの判定を行い、アクアポリン遺伝子をはじめとする気孔開度に関連する遺伝子群の解析を併せて行うことによってその遺伝的な背景を明らかにする。

(1) 都市の環境・汚染物質動態把握

京都市内の京都府の観測データをバックグラウンド汚染の指標として利用するが、実際に樹木が植栽されている場所の大気汚染や温度環境は微環境の違いの影響を強く受けるため、現場における

大気汚染や気象条件の環境計測を行い、街路樹に対する環境ストレスの実態を解明する。

(2) 環境ストレスによる光合成機能の減損測定

主要な街路樹の樹種について、大気汚染レベルが異なる調査地での実地調査、および乾燥ストレスを与えた栽培実験を行う。光合成機能(気孔開度、二酸化炭素吸収量、蒸散量)およびクロロフィル蛍光測定を行うことにより、環境ストレスによる低下率を明らかにする。

(3) 街路樹の葉の遺伝子解析による環境ストレス耐性の遺伝的背景の解明

街路樹の葉について、既に特定されている気孔開度に関連する遺伝子群に加え、アクアポリン遺伝子の解析を行い、葉の $\delta^{13}\text{C}$ とこれら遺伝子群の発現量とを比較する。この解析によって環境ストレス耐性の遺伝的背景を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 環境計測による環境ストレスの実態解明と環境ストレスに対する光合成機能・ $\delta^{13}\text{C}$ の応答

京都市内において、街路樹が植栽されており、大気汚染物質濃度が異なる 11 カ所の調査地を設定した(図 1)。京都府の大気常時監視システムの観測データを利用すると同時に、大気汚染物質の濃度、および微環境の実態を把握するための各種計測を行った。

1-1 大気汚染物質の濃度測定

4 カ所の調査地について、短期暴露用拡散型パッシブサンプラーを調査地の街路樹の近傍に設置し、大気中の O_3 の濃度を 2017 年に行った。葉の $\delta^{13}\text{C}$ に対する化石燃料由来の $\delta^{13}\text{C}$ の影響を補正するため、キャビティリングダウン式 $\delta^{13}\text{C}$ 測定装置(G2101-i)による $\delta^{13}\text{C}$ および二酸化炭素濃度の計測を 2019 年に行った。

1-2 大気および土壌温度・水分環境測定

京都工芸繊維大構内の調査地では、気象データロガーを街路樹の近傍に設置し、土壌水分と大気乾燥に影響する温度、湿度の計測を行った。

1-3 環境ストレスによる光合成・ $\delta^{13}\text{C}$ 変動率推定

イチョウ、シャリンバイ、アジサイについては 2017 年に、ヒラドツツジについては 2017 年～2019 年に葉のガス交換測定(Li-6400XT)を行なった。また京都工芸繊維大構内の調査地では、環境ストレスの季節変化による影響を調べるため、2015 年～2019 年の 5 月～10 月にイチョウの葉を用いてガス交換測定を行った。ガス交換測定を行なった葉をサンプリングし、葉の $\delta^{13}\text{C}$ 測定(総合地球環境学研究所)を行なった。

1-3 環境ストレスによる光合成・ $\delta^{13}\text{C}$ 変動率推定

イチョウ、シャリンバイ、アジサイについては 2017 年に、ヒラドツツジについては 2017 年～2019 年に葉のガス交換測定(Li-6400XT)を行なった。また京都工芸繊維大構内の調査地では、環境ストレスの季節変化による影響を調べるため、2015 年～2019 年の 5 月～10 月にイチョウの葉を用いてガス交換測定を行った。ガス交換測定を行なった葉をサンプリングし、葉の $\delta^{13}\text{C}$ 測定(総合地球環境学研究所)を行なった。

(2) 乾燥による光合成・水ポテンシャル・ $\delta^{13}\text{C}$ の測定—苗木栽培実験

街路樹として使われている種の中で乾燥ストレスに強い種を明らかにするため、京都市内でよく利用されている街路樹の中低木 5 種について、2016 年～2018 年の 8 月～11 月に灌水停止による乾燥ストレス負荷実験を実施した。灌水停止前・灌水停止後・再灌水後の 3 回、ガス交換測定および水ポテンシ



図 1 京都市内の調査地

ル測定を行なった。葉をサンプリングし、葉の $\delta^{13}\text{C}$ 測定 (総合地球環境学研究所) を行なった。

(3) 気孔開度に関する遺伝子の解析

気孔開度に関する遺伝子の候補はアクアポリンであると予想し、ハツカダイコンのアクアポリン RsPIP2;1 を過剰発現した遺伝子組換えユーカリを用いて、乾燥ストレスに対する遺伝子発現量の変化を RT-PCR で解析し、同時に光合成速度の変化を測定した。

4. 研究成果

(1) 環境計測による環境ストレスの実態解明と環境ストレスに対する光合成機能・ $\delta^{13}\text{C}$ の応答

ヒラドツツジについては、交通量が多い調査値ほど光合成速度は低く (図 2)、気孔開度も小さかった。また、炭素安定同位体比は低い値となった。一方イチョウの光合成機能の季節変化に関しては、光合成速度の顕著な季節変化の一方で葉の $\delta^{13}\text{C}$ はほとんど季節変化を示さず、気孔が環境ストレスの季節変化に対して感受性が低いことが明らかになった。

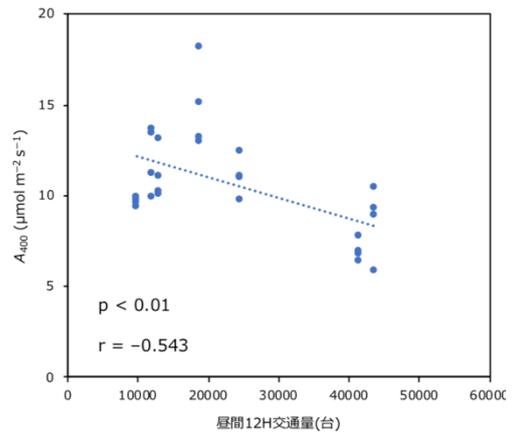
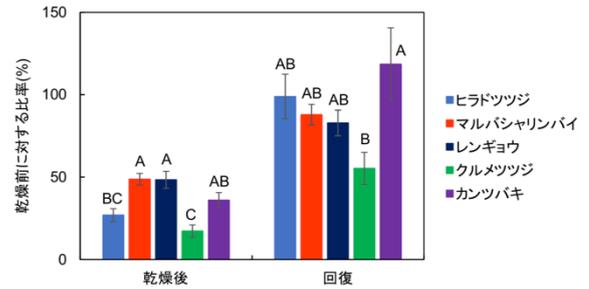


図 2 ヒラドツツジにおける光合成速度と調査地の交通量

(2) 乾燥による光合成・水ポテンシャル・ $\delta^{13}\text{C}$ の測定—苗木栽培実験

街路樹として利用されているレンギョウ、マルバシヤリンバイ、カンツバキ、ヒラドツツジ、クルメツツジに乾燥ストレスを負荷して栽培した。調査した 5 種の中では、マルバシヤリンバイが光合成速度・植物の水分維持ともに乾燥ストレス時の維持率や再灌水時の回復率が高く、街路樹としては優れていることが明らかになった。また高い光合成の維持には、気孔開度が大きいこと、光合成に関する生化学的能力が高いこと、さらに木部道管の直径が大きく水輸送能力が高いことが寄与していることが示された。



(3) 街路樹の葉の遺伝子解析による環境ストレス耐性の遺伝的背景の解明

アクアポリン RsPIP2;1 を過剰発現した遺伝子組換えユーカリを用いて、大気乾燥ストレス負荷実験を行ったところ、RsPIP2;1 過剰発現

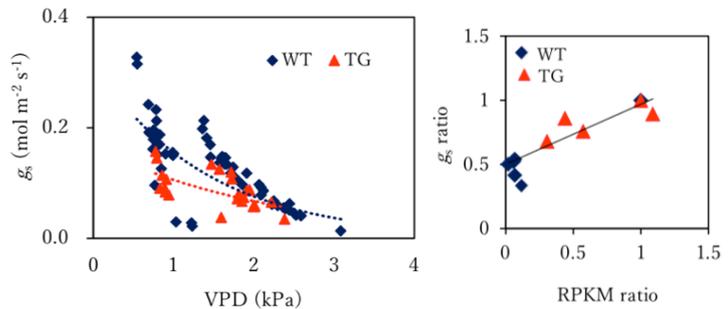


図 3 RsPIP2;1 過剰発現ユーカリの乾燥ストレス応答

ユーカリの方が、乾燥ストレスに対する気孔閉鎖が緩やかであった (図 3)。さらに、アクアポリン発現量 (RPKM) と気孔開度 (g_s) が正の相関であったことから、アクアポリンが気孔開度に関与している可能性が明らかになった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計30件（うち査読付論文 28件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Takashi Kiyomizu, Saya Yamagishi, Atsushi Kume, and Yuko T. Hanba	4. 巻 33
2. 論文標題 Contrasting photosynthetic responses to ambient air pollution between the urban shrub <i>Rhododendron × pulchrum</i> and urban tall tree <i>Ginkgo biloba</i> in Kyoto city: stomatal and leaf mesophyll morpho-anatomies are key traits	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Trees-structure and function	6. 最初と最後の頁 63-67
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00468-018-1759-z	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 Shinhama, Rina; Mori, Akihisa; Onoda, Yusuke; Nagashima, Hisae; Kume, Atsushi; Karahara, Ichiro; Hanba, Yuko T; Fujita, Tomomichi; Kamachi, Hiroyuki	4. 巻 33
2. 論文標題 Mechanical Properties of the <i>Physcomitrella patens</i> Gametophores Grown at 10 G	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Space Utilization Research	6. 最初と最後の頁 web
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://repository.exst.jaxa.jp/dspace/handle/a-is/909649	査読の有無 無
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 Inoue Mizuki, Kiyoshi Ishida, Masaaki Chiwa, Yoshitoshi Uehara, Ken'ichi Shinozuka, Atsushi Kume	4. 巻 131
2. 論文標題 Nutrient deficiency promotes male-biased apparent sex ratios at the ramet level in the dioecious plant <i>Myrica gale</i> var. <i>tomentosa</i> in oligotrophic environments in bogs	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Plant Research	6. 最初と最後の頁 973-985
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10265-018-1056-3	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 Kitajima, S., Aoki, W., Shibata, D., Nakajima, D., Sakurai, N., Yazaki, K., Munakata, R., Taira, T., Kobayashi, M., Aburaya, S., Savadogo, E.H., Hibino, S., Yano, H.	4. 巻 247
2. 論文標題 Comparative multi-omics analysis reveals diverse latex-based defense strategies against pests among latex-producing organs of the fig tree (<i>Ficus carica</i>)	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Planta	6. 最初と最後の頁 1423-1438
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00425-018-2880-3	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 Yokota, S., Suzuki, Y., Saitoh, K., Kitajima, S., Ohya, N., Gotoh, T.	4. 巻 60
2. 論文標題 Cloning and Aggregation Characterization of Rubber Elongation Factor and Small Rubber Particle Protein from <i>Ficus carica</i>	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Molecular Biotechnology	6. 最初と最後の頁 83-91
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12033-017-0051-6	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 Takino, H., Kitajima, S., Hirano, S., Oka, M., Matsuura, T., Ikeda, Y., Kojima, M., Takebayashi, Y., Sakakibara, H., Mino, M.	4. 巻 18
2. 論文標題 Global transcriptome analyses reveal that infection with chrysanthemum stunt viroid (CSVd) affects gene expression profile of chrysanthemum plants, but the genes involved in plant hormone metabolism and signaling may not be silencing target of CSVd-siRNAs	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Plant Gene	6. 最初と最後の頁 100181
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.plgene.2019.100181	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 Keisuke Nishida, Yuko T. Hanba	4. 巻 55
2. 論文標題 Photosynthetic response of four fern species from different habitats to drought stress: relationship between morpho-anatomical and physiological traits	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Photosynthetica	6. 最初と最後の頁 689-697
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11099-017-0694-3	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 Kitajima, S., Aoki, W., Shibata, D., Nakajima, D., Sakurai, N., Yazaki, K., Munakata, R., Taira, T., Kobayashi, M., Aburaya, S., Savadogo, E.H., Hibino, S., Yano, H.	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 Comparative multi-omics analysis reveals diverse latex-based defense strategies against pests among latex-producing organs of the fig tree (<i>Ficus carica</i>)	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Planta	6. 最初と最後の頁 1-16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00425-018-2880-3	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 Yokota, S., Suzuki, Y., Saitoh, K., Kitajima, S., Ohya, N., Gotoh, T.	4. 巻 60
2. 論文標題 Cloning and Aggregation Characterization of Rubber Elongation Factor and Small Rubber Particle Protein from <i>Ficus carica</i>	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Molecular Biotechnology	6. 最初と最後の頁 83-91
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12033-017-0051-6	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 Kobayashi, M., Miyamoto, M., Matoh, T., Kitajima, S., Hanano, S., Sumerta, I.N., Narise, T., Suzuki, H., Sakurai, N., Shibata, D.	4. 巻 64
2. 論文標題 Mechanism underlying rapid responses to boron deprivation in <i>Arabidopsis</i> roots	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Soil Science and Plant Nutrition	6. 最初と最後の頁 106-115
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/00380768.2017.1416670	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 Hirota Mizuguchi, Sou Fujii, Shiori Fujii, Ryota Higa, Kanako Ishikawa, Kazuhide Hayakawa, Takahiro Okamoto, Yasuro Fuse, Hajime Karatani, Etsu Yamada	4. 巻 5
2. 論文標題 Application of SYBR Green real-time PCR assay to monitoring of phytoplankton during cultivation and in Lake Biwa	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Limnological Study	6. 最初と最後の頁 3-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Etsu Yamada, Tomoya Ueda, Toshiyuki Tanaka, Kazuki Fujii, Hirota Mizuguchi, Yasuro Fuse	4. 巻 9
2. 論文標題 Effects of photoirradiation on the characteristics of dissolved organic matter in Lake Biwa and its surrounding rivers	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Environment and Safety	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.or./10.11162/daikankyo.E17RP1101	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 Tosens T, Nishida K, Gago J, Coopman RE, Cabrera HM, Carriqui; M, Laanisto L, Morales L, Nadal M, Rojas R, Talts E, Tomas M, Hanba YT, Niinemets, Flexas J	4. 巻 209
2. 論文標題 The photosynthetic capacity in 35 ferns and fern allies: mesophyll CO ₂ diffusion as a key trait	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 New Phytologist	6. 最初と最後の頁 1576-1590
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/nph.13719.	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 該当する

1. 著者名 Yuichi Kagotani, Keisuke Nishida, Takashi Kiyomizu, Keisuke Sasaki, Atsushi Kume and Yuko T. Hanba	4. 巻 30
2. 論文標題 Photosynthetic responses to soil water stress in summer in two Japanese urban landscape tree species (Ginkgo biloba and Prunus yedoensis) - effects of pruning mulch and irrigation management-	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Trees	6. 最初と最後の頁 697-708
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00468-015-1312-2	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 Keisuke Nishida, Yuko T. Hanba	4. 巻 55
2. 論文標題 Comparative analysis of photosynthetic response to drought for four temperate ferns in Japan.	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Photosynthetica	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11099-017-0694-3	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 Yuki Ikenobo, Yuko Hanba, Noriaki Kuwahara, Akihiko Goto	4. 巻 HCI (15) 2016
2. 論文標題 Analyzing the Difference Between Floral Materials Water Potential When Cut by Ikebana Experts and Inexperienced Persons	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 HCI International 2016 Proceedings	6. 最初と最後の頁 422-431
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-319-40247-5_42	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 Kaori Takemura, Hiroyuki Kamachi, Atsushi Kume, Tomomichi Fujita, Ichirou Karahara, Yuko T. Hanba.	4. 巻 130
2. 論文標題 A hypergravity environment increases chloroplast size, photosynthesis, and plant growth in the moss <i>Physcomitrella patens</i> .	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Plant Research	6. 最初と最後の頁 181-192
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10265-016-0879-z	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 Yasuro Fuse, Takahiro Okamoto, Kazuhide Hayakawa, Hajime Karatani, Etsu Yamada	4. 巻 17
2. 論文標題 Py-GC/MS analysis of sediments from Lake Biwa, Japan: characterization and sources of humic acids	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Limnology	6. 最初と最後の頁 207-221
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2007/s10201-015-0470-7	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 Kitajima, S., Miura, K., Aoki, W., Yamato, K. T., Taira, T., Murakami, R., & Aburaya, S.	4. 巻 108
2. 論文標題 Transcriptome and proteome analyses provide insight into laticifer's defense of <i>Euphorbia tirucalli</i> against pests	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Plant Physiology and Biochemistry	6. 最初と最後の頁 434-446
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) http://dx.doi.org/10.1016/j.plaphy.2016.08.008	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 Yuichi Kagotani, Keisuke Nishida, Takashi Kiyomizu, Keisuke Sasaki, Atsushi Kume and Yuko T. Hanba	4. 巻 30
2. 論文標題 Photosynthetic responses to soil water stress in summer in two Japanese urban landscape tree species (<i>Ginkgo biloba</i> and <i>Prunus yedoensis</i>) - effects of pruning mulch and irrigation management-	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Trees	6. 最初と最後の頁 697-708
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00468-015-1312-2	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 Tosens T, Nishida K, Gago J, Coopman RE, Cabrera HM, Carriqui M, Laanisto L, Morales L, Nadal M, Rojas R, Talts E, Tomas M, Hanba YT, Niinemets, Flexas J	4. 巻 209
2. 論文標題 The photosynthetic capacity in 35 ferns and fern allies: mesophyll CO ₂ diffusion as a key trait	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 New Phytologist	6. 最初と最後の頁 1576-1590
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/nph.13719.	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 該当する

1. 著者名 Taka-aki Takeda, Anfeng Mu, Tran Tien Tai, Sakihito Kitajima & Shigeru Taketani	4. 巻 5
2. 論文標題 Continuous de novo biosynthesis of haem and its rapid turnover to bilirubin are necessary for cytoprotection against cell damage	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 10488
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/srep10488	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 Hieu Liem P, Mu A, Kikuta SI, Ohta K, Ohta K, Kitajima S, Taketani S	4. 巻 396
2. 論文標題 A simple and highly sensitive method of measuring heme oxygenase activity	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Biol Chem	6. 最初と最後の頁 1265-1268
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1515/hsz-2015-0176	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 Atsushi Kume, Tomoko Akitsu, Kenlo Nishida Nasahara	4. 巻 未定
2. 論文標題 Leaf color is fine-tuned on the solar spectra to avoid strand direct solar radiation	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Journal of Plant Research	6. 最初と最後の頁 未定
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10265 -016-0809-0	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 Tomoko Akitsu, Atsushi Kume, Yasuo Hirose, Osamu Ijima, Kenlo Nishida Nasahara	4. 巻 209-210
2. 論文標題 On the stability of radiometric ratios of photosynthetically active radiation to global solar radiation in Tsukuba, Japan	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Agricultural and Forest Meteorology	6. 最初と最後の頁 59-68
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.agrformet.2015.04.026	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 Yoshitoshi Uehara, Atsushi Kume, Masaaki Chiwa, Hideharu Honoki, Jing Zhang and Koichi Watanabe	4. 巻 47
2. 論文標題 Atmospheric deposition and interactions with Pinus pumila Regal canopy on Mt. Tateyama in the Northern Japanese Alps	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Arctic, Antarctic, and Alpine Research	6. 最初と最後の頁 199-209
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1657/AAAR0013-126	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 Keisuke Nishida, Naomi Kodama, Seiichiro Yonemura, Yuko T. Hanba	4. 巻 128
2. 論文標題 Rapid response of leaf photosynthesis in two fern species Pteridium aquilinum and Thelypteris dentata to changes in CO2 measured by tunable diode laser absorption spectroscopy	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Journal of Plant Research	6. 最初と最後の頁 777-789
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10265-015-0736-5	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 Yasuro Fuse, Takahiro Okamoto, Kazuhide Hayakawa, Hajime Karatani, Etsu Yamada	4. 巻 未定
2. 論文標題 Py-GC/MS analysis of sediments from Lake Biwa, Japan: characterization and sources of humic acids	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Limnology	6. 最初と最後の頁 未定
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10201-015-0470-7	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 Tomomi Kinoshita, Kenichi Tonokura, Ikuyu Shibata, Etsu Yamada, Sizuaki Murata5), Michiaki Matsumoto6), Masaya Sawamura, Hiroyuki Nakagawa, Kengo Morimoto, Akio Koyama	4. 巻 6
2. 論文標題 Management of Chemicals for Safety and Education in Laboratory	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Journal of Environment and Safety	6. 最初と最後の頁 81-84
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) daikankyo.E14PROC022	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 半場祐子	4. 巻 28
2. 論文標題 都市温暖化と植物の役割	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 京都工芸繊維大学環境科学センター報	6. 最初と最後の頁 15-18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 -

〔学会発表〕 計47件(うち招待講演 9件/うち国際学会 8件)

1. 発表者名 山岸 彩, 北島 佐紀人, 半場 祐子
2. 発表標題 VPD の変化に対するユーカリの光合成応答にア クアポリンが果たす役割
3. 学会等名 第66回日本生態学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 堀家 広樹, 半場 祐子
2. 発表標題 乾燥条件下における中低木街路樹の生理学的応答の比較
3. 学会等名 第66回日本生態学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松本真由, 山田悦, 半場祐子
2. 発表標題 京都市内において交通量の違いが街路樹の光合成機能に与える影響
3. 学会等名 同位体環境学シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 安田袖里, 久米篤, 蒲池浩之, 藤田知道, 半場祐子
2. 発表標題 微小重力の宇宙実験下におけるヒメツリガネゴケの栽培環境の検討
3. 学会等名 日本植物学会第82回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 堀家広樹, 半場祐子
2. 発表標題 乾燥条件下における中低木街路樹の光合成機能・水分状態の比較
3. 学会等名 日本植物学会第82回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山岸彩, 北島佐紀人, 半場祐子
2. 発表標題 VPDの変化に対するユーカリの光合成応答にアクアポリンが果たす役割
3. 学会等名 日本植物学会第82回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松本真由, 山田悦, 半場祐子
2. 発表標題 京都市内において交通量の違いが街路樹の光合成機能に与える影響
3. 学会等名 日本植物学会第82回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 横井真希, 蒲池浩之, 安田柚里, 崎本龍, 半場祐子, 他名
2. 発表標題 コケ植物における重力, CO2環境の変化に対する応答
3. 学会等名 日本宇宙生物学会第32回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 安田柚里, 久米篤, 蒲池浩之, 森耀久, 唐原一郎, 藤田知道, 横井真希, 半場祐子
2. 発表標題 ヒメツリガネゴケ変異体 (ARK, CDKA) の過重力応答
3. 学会等名 日本宇宙生物学会第32回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 新濱梨奈, 森耀久, 小野田雄介, 長嶋寿江, 久米篤, 唐原一郎, 半場祐子, 藤田知道, 蒲池浩之
2. 発表標題 過重力環境下で生育したヒメツリガネゴケの機械的強度
3. 学会等名 北陸植物学会平成30年度大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名	Kaori Takemura, Sakito Kitajima, Maki Yokoi, Akihisa Shinozawa, Naoya Sakaguchi, Ryuji Kameishi, Keisuke Nishida, Hiroyuki Kamachi, Atsushi Kume, Ichirou Karahara, Yoichi Sakata, Yuko T. Hanba, Tomomichi Fujita
2. 発表標題	Towards Microgravity Experiments in Moss (II): Emerging Model Land Plant, Physcomitrella Patens for Experiments on International Space Station
3. 学会等名	AMS2018 (国際学会)
4. 発表年	2018年

1. 発表者名	Yuko T. Hanba, Tomomitsu Kinoshita, Takashi Kiyomizu, Saya Yamagishi, Etsu Yamada, Atsushi Kume
2. 発表標題	Photosynthetic responses of landscape trees to urban environment _aiming to improve CO2 absorption by landscape trees _
3. 学会等名	EAFES8 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年	2018年

1. 発表者名	Atsushi Kume
2. 発表標題	Pine decline and air pollution in the Seto Inland Sea area of western Japan
3. 学会等名	EAFES8 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年	2018年

1. 発表者名	久米 篤, 藤本万結, 中島 春樹, 石田 仁
2. 発表標題	富山県立山のブナ林における森林動態と広域大気汚染の影響
3. 学会等名	第130回日本森林学会大会
4. 発表年	2019年

1. 発表者名 半場祐子
2. 発表標題 植物生理生態学における炭素安定同位体の利用
3. 学会等名 第33回京都賞記念ワークショップ 基礎科学部門 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 半場祐子
2. 発表標題 Mesophyll/internal conductance in ferns and mosses
3. 学会等名 Commemorative workshop for Professor Graham Farquhar, 2017 Kyoto Prize laureate (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yuko T. Hanba, Tomomitsu Kinoshita, Takashi Kiyomizu, Saya Yamagishi, Etsu Yamada, Atsushi Kume
2. 発表標題 Photosynthetic responses of landscape trees to urban environment - aiming to improve CO2 absorption by landscape trees-
3. 学会等名 EAFES8 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takashi Kiyomizu, Saya Yamagishi, Atsushi Kume and Yuko T. Hanba
2. 発表標題 Contrast photosynthetic response to air pollutants between an urban shrub <i>Rhododendron × pulchrum</i> and an urban tall tree <i>Ginkgo biloba</i> in Kyoto city: stomatal and leaf mesophyll anatomy are key traits
3. 学会等名 3rd asian air pollution workshop (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 松本真由, 山田悦, 半場祐子
2. 発表標題 京都市内において交通量の違いが街路樹の光合成機能に与える影響
3. 学会等名 日本生態学会第65回全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tomomitsu Kinoshita, Yuko T Hanba
2. 発表標題 Seasonal and annual variation of photosynthetic function in urban landscape tree species, <i>Gingko biloba</i> and atmospheric CO ₂ environment evaluated by carbon isotope analysis
3. 学会等名 日本生態学会第65回全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 半場 祐子
2. 発表標題 炭素安定同位体を利用した植物の光合成プロセスの解明
3. 学会等名 第7回 同位体環境学シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 木下智光、半場 祐子
2. 発表標題 街路樹としてのイチョウにおける光合成機能の季節変化及び年次変化と炭素安定同位体を利用した大気CO ₂ 環境の評価
3. 学会等名 第7回 同位体環境学シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 堀家 広樹、半場 祐子
2. 発表標題 乾燥条件下における中低木街路樹の光合成機能・水分状態の比較
3. 学会等名 JpGU2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Saya YAMAGISHI, Etsu YAMADA, Yuko HANBA
2. 発表標題 Influence of atmospheric pollutants on roadside trees in Kyoto city
3. 学会等名 JpGU2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 久米 篤, 朴木 英治, 中島 春樹, 石田 仁, 渡辺幸一
2. 発表標題 山岳森林域における広域大気汚染の影響評価 富山県・立山における事例
3. 学会等名 第129回日本森林学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 久米 篤, 朴木英治, 中島春樹, 石田仁, 渡辺幸一
2. 発表標題 立山の大气汚染は改善しブナは元気になった!
3. 学会等名 第13回立山研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山田悦
2. 発表標題 琵琶湖・淀川水系におけるフミン物質と藻類由来有機物の化学特性と動態に関する研究
3. 学会等名 日本陸水学会近畿支部会 第29回研究発表会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤井 颯、藤井しおり、水口裕尊、布施泰朗、石川可奈子、岡本高弘、早川和秀、柄谷 肇、山田 悦
2. 発表標題 フィルター法によるDNA抽出とリアルタイムPCRを用いる琵琶湖北湖における藻類の動態解析
3. 学会等名 日本陸水学会近畿支部会 第29回研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 村山耀平・初 雪・布施泰朗、岡本高広・早川和秀・柄谷 肇・山田 悦、
2. 発表標題 熱分解GC/MSを用いる琵琶湖北湖底質-湖水間における有機物質の動態解析
3. 学会等名 日本陸水学会近畿支部会 第29回研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 比嘉良太、水口裕尊、藤井颯、藤井しおり、藤井一輝、布施泰朗、岡本高宏、早川和秀、柄谷肇、山田悦
2. 発表標題 二次元電気泳動などを用いる琵琶湖水中溶存タンパク質の特性と動態解析
3. 学会等名 日本陸水学会近畿支部会 第29回研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中屋慎司, 水口裕尊, 村山耀平, 初 雪, 布施泰朗, , 岡本高弘, 早川和秀, 柄谷 肇, , 山田 悦
2. 発表標題 琵琶湖北湖深水層における粒子状有機物質の化学特性及び動態解析
3. 学会等名 日本陸水学会近畿支部会 第29回研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 初 雪・村山耀平・布施泰朗,・岡本高広・早川和秀・柄谷 肇・山田 悦
2. 発表標題 多環芳香族炭化水素及び脂肪族炭化水素を化学指標とする琵琶湖における粒子状物質の動態解析
3. 学会等名 日本陸水学会近畿支部会 第29回研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤井一輝、水口裕尊、菅井良紀、藤井 颯、比嘉良太、藤井しおり、中屋慎司、布施泰朗、岡本高弘、早川和秀、山田 悦
2. 発表標題 琵琶湖北湖水中溶存有機物質及び蛍光物質の水深別特性に及ぼす底質などの影響解析
3. 学会等名 日本陸水学会近畿支部会 第29回研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤井 颯、水口裕尊、笹井啓佑、布施泰朗、石川可奈子、岡本高弘、早川和秀、柄谷 肇、山田 悦
2. 発表標題 ろ紙法によるDNA抽出とリアルタイムPCRを用いる環境水の藻類モニタリング
3. 学会等名 第77回日本分析化学討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 水口裕尊、笹井啓佑、藤井 颯、比嘉良太、布施泰朗、岡本高弘、早川和秀、柄谷 肇、山田 悦
2. 発表標題 電気泳動などを用いる藻類由来及び琵琶湖水中タンパク質様蛍光物質の特性解析
3. 学会等名 第77回日本分析化学討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 久米 篤
2. 発表標題 生態系への人為的な窒素負荷の増大は樹木にどのように影響するののか
3. 学会等名 第128回日本森林学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 半場祐子
2. 発表標題 光合成の制御因子としての二酸化炭素拡散コンダクタンス - 植物の生産性・乾燥耐性への効果
3. 学会等名 平成28年度 農業・工業原材料生産と光技術研究会（招待講演）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Yuko T. Hanba
2. 発表標題 Analysis of plant photosynthetic functions using stable carbon isotope ratio
3. 学会等名 German-Japanese symposium: Plant trait workshop（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Tomomitsu Kinoshita, Yuko T.Hanba, Keisuke Nishida, Takashi Kiyomizu
2. 発表標題 Seasonal variation in carbon isotope discrimination and photosynthesis of a roadside tree Ginkgo biloba
3. 学会等名 7th EAFES (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 山岸彩, 山田悦, 半場祐子
2. 発表標題 京都市内において濃度が異なる大気汚染物質が街路樹に与える影響
3. 学会等名 日本生態学会第64回全国大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 上田麻衣
2. 発表標題 大気の乾燥に対するソメイヨシノ・イチヨウ・トウカエデ・ヒラドツツジの光合成応答について
3. 学会等名 日本生態学会第64回全国大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 堀家広樹, 半場祐子
2. 発表標題 乾燥条件下における中低木街路樹の光合成機能・水分状態の比較
3. 学会等名 日本生態学会第64回全国大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yuko Hanba, Keisuke Nishida, Miki Kawase, Yusaku Onishi, Ayako Tsuchihira, Masayoshi Maeshima, Maki Katsuhara, Tetsu Kawazu
2. 発表標題 Effect of aquaporin and mesophyll conductance on leaf photosynthesis
3. 学会等名 ARC Centre of Excellence for Translational Photosynthesis Scientific Conference, Austrarian National University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 半場祐子
2. 発表標題 地球温暖化と植物の役割
3. 学会等名 第21回 京都工芸繊維大学環境科学センター 公開講演会 「緑の地球と共に生きる」(招待講演)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 木下智光, 半場祐子, 西田圭佑, 清水啓史
2. 発表標題 街路樹であるイチヨウの炭素安定同位体比及び光合成機能の季節変化
3. 学会等名 第63回日本生態学会大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 清水啓史 半場祐子 木下智光
2. 発表標題 都市環境下に生育する街路樹の光合成応
3. 学会等名 第63回日本生態学会大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 半場祐子 西田圭佑 竹村香里 蒲池浩之 久米篤 藤田知道 唐原一郎
2. 発表標題 コケ植物・シダ植物・および被子植物の光合成に おけるCO2 拡散コンダクタンス制御機構
3. 学会等名 第63回日本生態学会大会
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 半場祐子	4. 発行年 2016年
2. 出版社 丸善	5. 総ページ数 802
3. 書名 植物の百科事典 (2 項目の執筆)	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>京都工芸繊維大学 応用生物学課程 http://www.bio.kit.ac.jp/ 半場祐子のホームページ http://www.cis.kit.ac.jp/~hanba/index_j.html</p>
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	久米 篤 (Kume Atsushi) (20325492)	九州大学・農学研究院・教授 (17102)	

6. 研究組織(つづき)

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	山田 悦 (Yamada Etsu) (30159214)	京都工芸繊維大学・分子化学系・名誉教授 (14303)	
研究 分 担 者	北島 佐紀人 (Kitajima Sakihito) (70283653)	京都工芸繊維大学・応用生物学系・准教授 (14303)	