

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 8 月 24 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2012～2016

課題番号：24370009

研究課題名(和文) 世界自然遺産の小笠原樹木の乾燥耐性と種多様性維持機構の解明

研究課題名(英文) Drought tolerance and the maintenance mechanisms of species richness of woody plants in the Ogasawara islands

研究代表者

石田 厚 (Ishida, Atsushi)

京都大学・生態学研究センター・教授

研究者番号：60343787

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,100,000円

研究成果の概要(和文)：小笠原乾燥尾根部の樹木種はその約70%は固有種である。土壌が浅く、降水量も少ないため、特に7月に内地では見られないほど強い乾燥を受けている。そのような環境下で適応進化してきた樹木種の、乾燥耐性の生理機構の多様性、及び乾燥によって枯死に至ってしまう生理機構の研究を行ってきた。この研究では、特に木部道管の乾燥耐性と、木部内での貯蔵糖の使い方、どのような炭素コストを持った葉や枝を作るかといった関係を樹種間で調べ、水と糖利用戦略とのリンケージを開きらかにしてきた。

研究成果の概要(英文)：The Ogasawara islands are one of World Natural Heritage sites in Japan. In vegetation at the dry ridge, dry evergreen forests with low canopy heights develop and approximately 70% of the woody plants is endemic species. They are received severe drought especially in July. We has examined their various physiological mechanisms against drought and the physiological mechanisms of drought-induced tree die-offs. In especially, we clarified the linkage of water-use and carbon-use strategies, based on the data, 1) the species specific variations of xylem cavitation resistance, 2) how to use of storage carbon in xylem under dessication and irrigation, and 3) how to pay the carbon cost to leaves and twigs. These data can assist for prediction of forest change and for development of adaptive measures under climate change globally.

研究分野：樹木生理生態学

キーワード：小笠原 乾性低木林 木部キャビテーション 糖 樹木の乾燥枯死 乾燥適応 枝寿命 葉寿命

### 1. 研究開始当初の背景

小笠原諸島は、日本では他に例を見ない乾性低木林が発達している。この森林の樹木の約70%は固有種で、乾燥に対し、適応・進化してきたと考えられる。小笠原は、こういった貴重な生態系を持つことから、2011年6月に世界自然遺産に登録された。しかしここ100年、小笠原は乾燥傾向にあり、特に厳しい乾燥年では樹木の乾燥枯死も見られる。こういった乾燥による森林衰退は、世界各地のバイオームでも頻繁に報告されている(Adams III *et al.* 2009; Allen *et al.* 2010)。IPCC 予測でも、地球の各地で降水量の変動(降水量シフト)や降水の極端化は予測されているが、高CO<sub>2</sub>の樹木応答の研究と比べ、降水量シフトの影響評価に関する研究は未だ少なく、将来の森林組成や機能評価、適応策の構築のためにも、樹木の乾燥応答影響評価の研究は緊急性かつ重要なテーマである。

### 2. 研究の目的

この研究では、小笠原を研究サイトとし、1) 乾性低木林における樹木の乾燥耐性機構と、樹種間での機能的多様性の解明、2) 特に将来降水量が変化(減少)した時の、樹木個体の生理応答を調べ、将来の森林の変化予測を行う。また今までの我々の研究より作られた仮説「より乾燥立地に生育する樹種は、逆にカタストロフィックに由来する強い干ばつに対して弱い。在来樹種は、成長や繁殖といった最適戦略による進化よりも、干ばつや大型台風など何年かに一度発生する強い環境ストレスに耐性を持つ樹種が残し進化してきた」ことを検証する。このことは従来の我々の研究成果である「外来樹種は環境変動に対して高い成長特性を持つ」と反対の生存戦略を意味し、在来樹種と外来樹種の持つ性質を新たな観点で分ける画期的な研究を目指した。

また特に樹木の乾燥枯死の生理メカニズムとして、近年「木部の水切れによる通水欠損仮説」と、「気孔閉鎖に伴う光合成産物である糖欠乏仮説」の二つがあげられている(Davis S.D. *et al.* 2002; McDowell N. *et al.* 2008)。特に稚樹では「糖欠乏仮説」を(O'Brien M.J. *et al.* 2014)、成木では「通水欠損仮説」が強く支持されており(Anderegg W.R.L. *et al.* 2012; Rowland L. *et al.* 2015)、決着がついていない。そこで、小笠原の成木を用いて、「糖欠乏仮説」を支持するようなデータが得られるかを検証した。

### 3. 研究の方法

小笠原の乾燥尾根部に生育する樹木種の成木5樹種(テリハハマボウ、ハウチワノキ、ムニンネズミモチ、シマシャリンバイ、シマイスノキ)について、光合成、気孔コンダクタンス、蒸散、水ポテンシャル、枝の通水性

の季節変化、及び枝道管の水切れ耐性(vulnerability curveの測定による)を調べた。またこれらの樹種の枝や葉の枯死率を調べ、葉や枝の炭素コストと、枝葉の生理特性との関連性を調べた。

また1年間の中でも特に7月に強い乾燥を示し、8月の台風によって、乾燥が一気に緩和される傾向があった。そこで7月から8月にかけて、光合成、気孔コンダクタンス、蒸散、水ポテンシャル、枝の通水性、木部の呼吸速度、木部の糖代謝がどのように変わっていくかを調べた。この糖代謝の調査は、糖利用戦略や枝密度、枝枯死率の異なる、テリハハマボウ、ムニンネズミモチの2樹種の間で比較した。

### 4. 研究成果

枝や葉の水ポテンシャルは、7月に大きく低下した(図1)。比較した4樹種より、高い方から、テリハハマボウ、シマイスノキ、ムニンネズミモチ、ハウチワノキであった。この水ポテンシャルは、枝密度の高い樹種ほど、特に乾燥した7月に低下した(図2)。

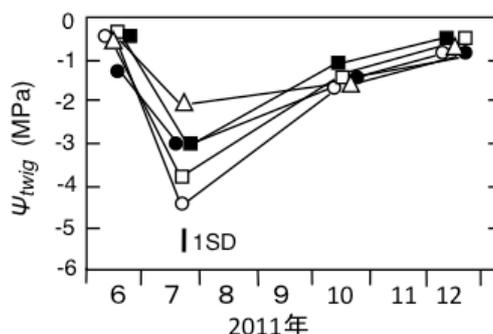


図1 2011年のテリハハマボウ、シマイスノキ、ムニンネズミモチ、ハウチワノキの枝木部の水ポテンシャルの季節変化。

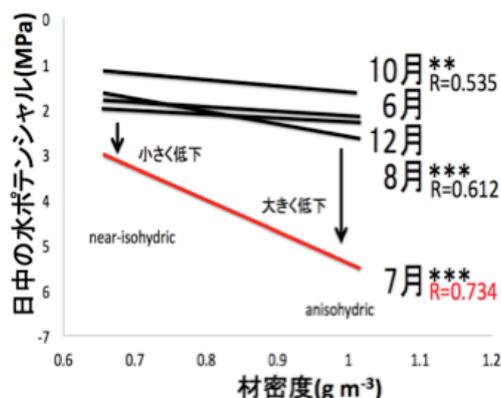


図2 2011年のテリハハマボウ、シマイスノキ、ムニンネズミモチ、ハウチワノキの枝木部の水ポテンシャルと枝密度との関係。

Vulnerability curveより査定された枝の通水性を50%失う時の枝の水ポテンシャルの値( $P_{50}$ 値)は、高い方から、テリハハマボウ

ウ (-0.4MPa)、ハウチワノキ (-1.8MPa)、ムニンネズミモチ (-2.3MPa)、シマシャリンバイ (-4.0MPa)、シマイスノキの (-5.5MPa) の順であった。すなわち、低い値を持つ樹種をほど、道管の水切れ耐性が高いことを示す。 $P_{50}$  値と、最も乾く7月の水ポテンシャル値の差は、道管の水切れ度合いを示す。この差より50%以下しか通水性の落ちていない樹種は、シマイスノキとシマシャリンバイであり、これらの枝の枯死率は低かった。一方、道管の水切れにより、50%以上通水性が落ちている種は、テリハマボウ、ハウチワノキ、ムニンネズミモチで、これらの枝の枯死率は高かった。

そこで、枝の枯死率と材密度との関係を調べてみた(図3)。図4は、6年間の枝の生存曲線を示す。生存率の高い順から、シマシャリンバイ(材密度  $0.87 \text{ g cm}^{-3}$ )、ムニンネズミモチ ( $0.79 \text{ g cm}^{-3}$ )、テリハマボウ ( $0.67 \text{ g cm}^{-3}$ )、ハウチワノキ ( $1.18 \text{ g cm}^{-3}$ ) であった。すなわち、ハウチワノキを除けば、材密度の高い樹種ほど、枝の生存率は高かった。ハウチワノキは、材密度も高く、また一般に植生の林縁部にあたる露出溶岩に最も近い場所に出てくる。したがって、通常年ならば、最も乾燥しやすい場所に生育地を持つ。しかし、そこは根系が浅く、土壌全体が乾きやすいため、水ポテンシャルも落ちやすく、枝の枯死率も高かった。またその結果、特に強い乾燥の起きた2011年には、最も乾燥地に出現し、乾燥に強いと思われていたハウチワノキが枯死するといった、パラドックス(逆転現象)も見られた。

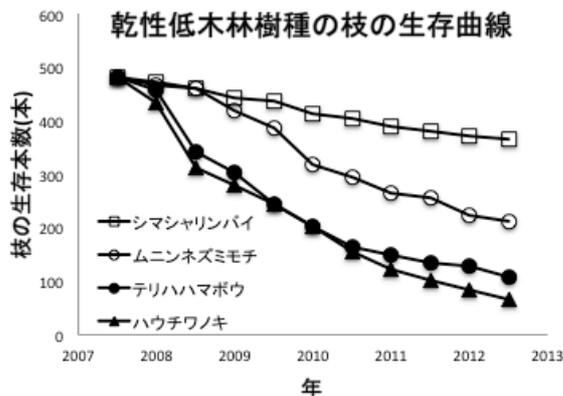


図3 6年間のテリハマボウ、シマイスノキ、ムニンネズミモチ、ハウチワノキの枝の生存率。

このように、乾性低木林の樹種でも頻繁に乾燥によって道管の水切れが生じていることがわかった。そこで乾燥枯死仮説の一方である「糖欠乏仮説」が起きうるかどうかを調べた。まだ乾燥の軽い7月上旬から、乾燥が進行し、8月上旬の台風が来きて土壌が湿るまでの期間、樹木の生理特性と枝内の糖代謝

を測定した。その結果、乾燥が進むにつれ、葉の光合成や気孔コンダクタンスは徐々に低下していった。また枝の呼吸速度や、枝の通水性の低下率(PLC: Percent Loss of Conductivity)も同様に、乾燥化とともに、徐々に低下していった。枝の呼吸低下は、脱水による木部生細胞への障害と関連していた。

その後、8月の台風による降雨によって、葉の光合成や気孔コンダクタンス、枝の呼吸速度や枝の通水性は、数日間の内に回復していった。

この乾燥と湿潤サイクルの中で、枝木部内の糖は、可溶性糖と貯蔵型のでんぷんの量が大きく変化していた。7月より乾燥の進行とともに枝道管の水切れ度(PLC)も進行し、それとともに可溶性糖が増加し、貯蔵型のでんぷん濃度は低下していった。その後8月初旬の台風による降雨の後、枝道管の水切れ度(PLC)は低下し、それとともに可溶性糖は低下、でんぷん濃度は低下していった(図4)。

さらに、この乾燥と湿潤サイクルの中で、枝木部内でのでんぷん濃度の低下とともに、有意に可溶性糖の濃度は増加していた。これは、枝道管の水切れ度(PLC)の上昇とともに、でんぷんは可溶性糖化し、水切れ度(PLC)の低下とともに可溶性糖はでんぷんに変換されていたことを示す。

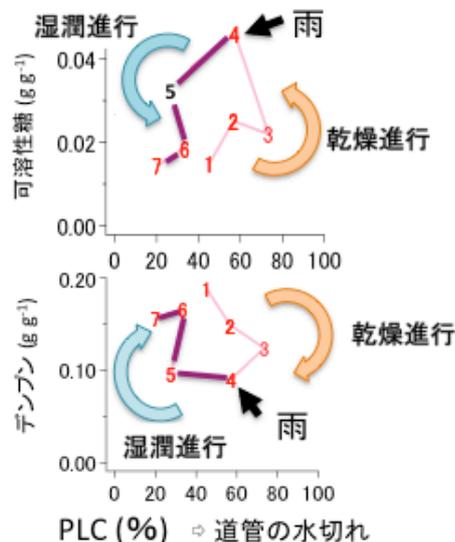


図4 テリハマボウにおける乾燥と湿潤サイクルの中での、枝道管の水切れ度(PLC)と枝木部内の糖の動態との関係。

これらのことより、小笠原乾燥尾根部で進化してきた樹種でも、7月の乾燥時には、道管に水切れを起こしていること。またどの樹種も道管の水切れ耐性が高い訳ではなく、樹種間でかなりの差異があること。また炭素コストをかけ、硬い枝葉を作る樹種は、一般には道管の水切れ耐性も高く、枝枯死率も低い。

逆に、あまり炭素コストをかけず、柔らかい枝葉を作る樹種は、一般には道管の水切れ耐性は低く、枝枯死率も高くなっていた。また葉の光合成速度は、前者の炭素コストをかける樹種ほど硬く、厚く、また長寿命の葉を持つ一方、葉重あたりの光合成速度は低かった。また炭素コストをかける樹種ほど、材も硬くなり、貯蔵糖は少なくなっていた。

すなわち樹木の乾燥枯死は、「通水欠損仮説」と「糖欠乏仮説」の二つが対立仮説とあげられているが、木部の通水欠損を起こしやすい（材の柔らかい）樹種は、糖欠乏を起こしづらく、逆に木部の通水欠損を起こし辛い（材の硬い）樹種は、糖欠乏を起こしやすいことがわかった。

また材がもっとも硬いハウチワノキは、最も土壌の薄く乾いた場所に生育地を持つが、1) 根系が浅く土壌が乾きやすく、2) また材が硬いため道管の水ポテンシャルも大きく落としてしまう、3) さらに木部内の貯蔵糖が少ないことから、特に厳しい乾燥年には、個体枯死を起こしてしまうことがわかった。そこに乾燥に強い樹種が、乾燥年には個体枯死をおも起こしてしまう「パラドックス」の原因があった。現在さらに、別の基盤Cのプロジェクトにより、樹木の乾燥枯死の生理メカニズムの研究を進めている。これらの情報を統合することによって、温暖化等による将来の乾燥影響評価や適応策につなげていく。

#### 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 19 件）

1. Saiki S.-T., Ishida A., Yoshimura K., Yazaki K. (2017) Physiological mechanisms of drought-induced tree die-off in relation to carbon, hydraulic and respiratory stress in a drought-tolerant woody plant. *Scientific Reports* (in press).
2. Yoshimura K., Saiki S.-T., Yazaki K., (中 2 名), Nakano T., Yoshimura J., Ishida A. (2016) The dynamics of carbon stored in xylem sapwood to drought-induced hydraulic stress in mature trees. *Scientific Reports* 2: 24513.
3. Harayama H., Ishida A., Yoshimura J. (2016) Overwintering evergreen oaks reverses typical relationships between leaf traits in a species spectrum. *Royal Society Open Science* 3: 160276.
4. Taneda H., Kandel D.R., Ishida A., Ikeda H. (2016) Altitudinal changes in leaf hydraulic conductance across five *Rhododendron* species in eastern Nepal. *Tree Physiology* 36: 1272-1282.
5. Popradit A., Ishida A., (後 6 名) (2015) Assessment of Human's attitude towards natural resource conservation in protected area in Thailand. *Suan Sunandha Science and Technology Journal* 2: 18-23.
6. Yazaki K., (中 6 名), Ishida A. (2015) Recovery of physiological traits in saplings of invasive *Bischofia* tree compared with three species native to the Bonin Islands under successive drought and irrigation cycles. *PLOS ONE* 10: e0135117.
7. Kakishima S., (中 2 名), Ishida A., (後 10 名) (2015) Contribution of seed dispersers on the tree species diversity in tropical rain forests. *Royal Society Open Science* 2: 150330.
8. Tubay J.M., (中 4 名), Ishida A., (後 6 名) (2015) Microhabitat locality allows multi-species coexistence in terrestrial plant communities. *Scientific Reports* 5: 15376.
9. Popradit A., (中 3 名), Ishida A., (後 5 名) (2015) Anthropogenic effects on a tropical forest according to the distance from human settlements. *Scientific Reports* 5: 14689.
10. Ishida A., Nakano T., Adachi M., Yoshimura K., (後 5 名) (2015) Effective use of high CO<sub>2</sub> efflux at the soil surface in a tropical understory plant. *Scientific Reports* 5: 8991.
11. Osone Y., Kawarasaki S., Ishida A., Kikuchi S., Yazaki K., (後 5 名) (2014) Annual fluctuations of water relations and gas-exchange rates of two angiosperms and one gymnosperm urban tree species: The effects of water deficits, nitrogen deficit and aerosol pollution. *Tree Physiology* 34: 315-328.
12. Osada N., Yasumura Y., Ishida A. (2014) Leaf nitrogen distribution in relation to crown architecture in the tall canopy species, *Fagus crenata*. *Oecologia* 175: 1093-1106.
13. Yamaguchi M., (中 2 名), Lenggono I.W., Ishida A., Yazaki K., (後 6 名) (2014) Effects of long-term exposure to ammonium sulfate particles on growth and gas exchange rates of *Fagus crenata*, *Castanopsis sieboldii*, *Larix kaempferi* and *Cryptomeria japonica* seedlings. *Atmospheric Environment* 97: 496-500.
14. 伊豆田猛、(中 3 名)、石田厚、矢崎健一、(後 2 名) (2014) 森林樹木に対するブラックカーボン粒子の影響に関する実験的研究. *エアロゾル研究* 29: 148-159.
15. Osone Y., Yazaki K., Masaki T., Ishida A. (2014) Responses to nitrogen pulses and growth under low nitrogen availability in invasive and native tree species with differing successional status. *Journal of Plant Research* 127: 315-328.
16. Ishida A., (中 2 名), Yazaki K., Nakano T., Adachi M., Yoshimura K., (後 7 名) (2014) Photoprotection of evergreen and drought-deciduous tree leaves to overcome

the dry season in monsoonal tropical dry forests in Thailand. *Tree Physiology* 34: 15-28.

17. Li S., (中 3 名), Ishida A., (後 2 名) (2013) The heterogeneity and spatial patterning of structure and physiology across the leaf surface in giant leaves of *Alocasia macrorrhiza*. *PLOS ONE* 8: e66016.
18. Yamaguchi M., (中 3 名), Ishida A., Yazaki K., (後 9 名) (2012) Effects of long-term exposure to black carbon particles on growth and gas exchange rates of *Fagus crenata*, *Castanopsis sieboldii*, *Larix kaempferi* and *Cryptomeria japonica* seedlings. *Asian Journal of Atmospheric Environment* 6: 259-267.
19. Yamaguchi M., (中 5 名), Yazaki K., Noguchi K., Ishida A., Izuta T. (2012) Optical method for measuring deposition amount of black carbon particles on foliar surface. *Asian Journal of Atmospheric Environment* 6: 268-279.

[学会発表] (計 25 件)

1. 吉村謙一, (中 3 名), 矢崎健一, 丸山温, 石田厚 (2017) 父島低木林における強度乾燥経験後の樹木生理活性回復過程と衰退過程の分岐点, 第 128 回日本森林学会大会, 鹿児島, 3 月
2. 松山泰, (中 5 名), 吉村謙一, (中 2 名), 中野隆志, 石田厚 (2017) 葉内の CO<sub>2</sub> 不足に誘導される光合成能力の上昇 ~ポリアミンによる光合成促進の寄与~, 第 64 回日本生態学会大会, 東京, 3 月 (**ポスター優秀賞**)
3. 才木真太郎, (中 4 名), 吉村謙一, 矢崎健一, 中野隆志, 石田厚 (2017) 小笠原の水利用戦略の異なる樹種における土壌乾燥勾配に沿った乾燥耐性の変化, 第 64 回日本生態学会大会, 東京, 3 月
4. 甲野裕理, (中 3 名), 吉村謙一, 檀浦正子, 矢崎健一, 相川真一, 石田厚 (2017) ウラジロエノキ稚樹の乾燥枯死の生理メカニズム, 第 64 回日本生態学会大会, 東京, 3 月 (**ポスター優秀賞**)
5. Saiki S.-T., Ishida A., Yoshimura K., Yazaki K. (2016) New model in drought-induced tree die-off in carbon, hydraulic, respiratory stress. The 7th East Asian Federation of Ecological Societies (EAFES) International Congress. 大邱 (韓国), 3 月 (**Best Poster Award**)
6. 甲野裕理, 才木真太郎, 吉村謙一, (中 4 名), 矢崎健一, 中野隆志, 相川真一, 石田厚 (2016) 乾燥による樹木枯死の水分欠損仮説と糖制限仮説の検証, 第 63 回日本生態学会大会, 仙台, 3 月
7. 才木真太郎, 吉村謙一, 矢崎健一, 池田武文, 石田厚 (2016) 炭素と通水と呼吸の

ストレスに関係した乾燥による樹木枯死のメカニズム, 第 63 回日本生態学会大会, 仙台, 3 月

8. 杉村尚倫, (中 3 名), 石田厚, 中野隆志, 安元剛, 神保充, 渡部終五, 坂田剛 (2016) ポリアミンによる光合成促進が環境適応に果たす役割, 第 127 回日本森林学会大会, 神奈川, 3 月
9. 甲野裕理, 才木真太郎, 吉村謙一, (中 4 名), 矢崎健一, 中野隆志, 相川真一, 石田厚 (2016) 小笠原のウラジロエノキ稚樹の乾燥枯死の生理機構, 第 127 回日本森林学会大会, 神奈川, 3 月 (**学生ポスター賞**)
10. 才木真太郎, 吉村謙一, (中 4 名), 矢崎健一, (中 3 名), 石田厚 (2016) 南根腐病による樹木枯死の生理メカニズム, 第 127 回日本森林学会大会, 神奈川, 3 月
11. 海野大和, 井鷲裕司, 石田厚, (後 3 名) (2015) テンノウメ属小笠原産固有種の乾燥適応による形質分化に関する RAD-seq 法を用いた遺伝・環境要因の解明, 第 62 回日本生態学会大会, 鹿児島, 3 月
12. 吉村謙一, (中 3 名), 矢崎健一, 中野隆志, 石田厚 (2015) 小笠原乾性林樹木における光合成生産物が樹木水利用にもたらす効果, 第 125 回日本森林学会大会, 札幌, 3 月
13. 白井誠, 才木真太郎, 石田厚, 丸山温 (2015) 小笠原乾性低木林における木部キャビテーション耐性の比較, 第 125 回日本森林学会大会, 札幌, 3 月
14. Tsuneki (中 3 名), Yoshimura K., Ishida A., Murakami N., (2014) Detecting ecological speciation in the genus *Persea* on the Bonin Islands, Japan. An International Conference on Island Evolution, Ecology, and Conservation, ハワイ (米国), 7 月
15. 奥野匡哉, 才木真太郎, 吉村謙一, 中野隆志, 矢崎健一, 石田厚 (2014) 小笠原・乾性低木林樹種の乾燥ストレス耐性と C 利用戦略のトレードオフ -生理と樹形構造をつなぐ-, 第 125 回日本森林学会大会, 埼玉, 3 月
16. 才木真太郎, 奥野匡哉, 吉村謙一, 中野隆志, 矢崎健一, 石田厚 (2014) 小笠原における土壌深と最大樹高の関係: 樹高を決める水と光のトレードオフ, 第 125 回日本森林学会大会, 埼玉, 3 月 (**学生ポスター賞**)
17. 吉村謙一, (中 2 名), 石田厚, 中野隆志, 矢崎健一, 乙成こずえ, 丸山温 (2014) 父島乾性低木林における土壌乾燥にともなう樹木の乾燥ストレスの変動, 第 61 回日本生態学会大会, 広島, 3 月
18. 奥野匡哉, 才木真太郎, 吉村謙一, 中野隆志, 矢崎健一, 石田厚 (2014) 小笠原・乾性低木林樹種の乾燥ストレス耐性と枝

- 構造の関係-C利用戦略のトレードオフ、第61回日本生態学会大会、広島、3月
19. 才木真太郎、奥野匡哉、吉村謙一、中野隆志、矢崎健一、石田厚 (2014) 小笠原樹木の樹高制限の水分生理学的解明：樹高を決める水と光のトレードオフ、第61回日本生態学会大会、広島、3月
  20. 才木真太郎、奥野匡哉、吉村謙一、矢崎健一、中野隆志、石田厚 (2013) 小笠原テリハハマボウの水利用戦略と乾燥立地への適応、第60回日本生態学会大会、静岡、3月
  21. 奥野匡哉、才木真太郎、吉村謙一、矢崎健一、中野隆志、石田厚 (2013) 小笠原乾性低木林に生育する5樹種の水利用の季節変化、第60回日本生態学会大会、静岡、3月
  22. 才木真太郎、奥野匡哉、吉村謙一、矢崎健一、中野隆志、石田厚 (2013) 乾燥勾配による樹高変化に伴う、テリハハマボウの生理・解剖学的構造の変異、第124回日本森林学会大会、盛岡、3月
  23. 奥野匡哉、才木真太郎、吉村謙一、矢崎健一、中野隆志、石田厚 (2013) 小笠原乾性低木林に生育する樹木の乾燥ストレス耐性の比較、第124回日本森林学会大会、盛岡、3月 (学生ポスター賞)
  24. 才木真太郎、奥野匡哉、吉村謙一、矢崎健一、中野隆志、石田厚 (2013) 乾燥勾配に沿ったテリハハマボウの乾燥適応：形態的特性と生理特性の変化、日本生態学会近畿地区2013年度第1回例会、大阪、6月
  25. 奥野匡哉、才木真太郎、吉村謙一、中野隆志、矢崎健一、石田厚 (2013) 小笠原・乾性低木林における樹木の乾燥ストレス耐性とその生理機構、日本生態学会近畿地区2013年度第1回例会、大阪、6月

〔図書〕(計 1 件)

1. 石田厚 (2012) 第10章 乾燥と他の非生物的ストレス、訳本「植物と微気象第3版」H.G. Jones 著、久米・大政監訳、森北出版株式会社、2月

〔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

1. 「世界自然遺産、小笠原での研究概要」  
<http://www.ecology.kyoto-u.ac.jp/~at/to/Ogasawara.html>
2. 「Outline of Research at the Ogasawara (Bonin) Islands, the World Natural Heritage site」  
[http://www.ecology.kyoto-u.ac.jp/~at/to/Ogasawara\\_ENG.html](http://www.ecology.kyoto-u.ac.jp/~at/to/Ogasawara_ENG.html)

マスコミ関連

3. 「樹木の進化 小笠原で解く」くらしサイエンス、読売新聞、2017年、2月4日
4. 「Kyoto University Academic Talk」エフエム京都 (民放ラジオ局)、2015年、1月7日

一般向け講演

5. 石田厚「樹木は乾燥によってどのように死んでいくか、その生理過程を探る ～自然遺産サイト小笠原からの報告～」第60回 知の拠点セミナー、2017年3月18日、京大東京オフィス (東京) (他6回)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

石田 厚 (ISHIDA, Atsushi)  
京都大学・生態学研究センター・教授  
研究者番号：60343737

(2) 研究分担者

矢崎 健一 (YAZAKI, Kenichi)  
国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所植物生態研究領域・主任研究員  
研究者番号：30353890

中野 隆志 (NAKANO, Takashi)  
山梨県富士山科学研究所・自然環境研究部・主幹研究員・部長  
研究者番号：90342964

安田 泰輔 (YASUSDA, Taisuke)  
山梨県富士山科学研究所・自然環境研究部・研究員  
研究者番号：40372106

(3) 連携研究者

吉村 謙一 (YOSHIMURA, Kenichi)  
京都大学・農学研究科・研究員  
研究者番号：20640717

(4) 研究協力者

才木 真太郎 (SAIKI, Shin-Taro)  
京都大学・生態学研究センター・博士課程  
奥野 匡哉 (OKUNO, Masaya)  
京都大学・生態学研究センター・修士課程  
坂田 剛 (SAKATA, Tsuyoshi)  
北里大学・一般教養部・講師  
相川 真一 (AIKAWA, Shin-ichi)  
首都大学東京・理工学研究科・客員研究員  
可知 直毅 (KACHI, Naoki)  
首都大学東京・理工学研究科・教授  
佐野 雄三 (SANO, Yuzo)  
北海道大学・(連合) 農学研究科 (研究院)・教授