

令和 3 年 5 月 15 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2016～2019

課題番号：16H02554

研究課題名（和文）気候変動の影響緩和を目指した北方針葉樹の環境適応ゲノミクス

研究課題名（英文）Adaptation genomics of boreal conifers towards mitigation of climate change

研究代表者

後藤 晋（GOTO, Susumu）

東京大学・大学院農学生命科学研究科（農学部）・准教授

研究者番号：60323474

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 30,400,000円

研究成果の概要（和文）：トドマツ産地試験林の形態・生理解析から、適応に關与する機能形質を解明した。分離集団を用いて機能形質のQTLを解明し、樹冠発達にかかわる遺伝子としてAタイプARRのタンパクが候補として挙げられた。トドマツ相互移植試験地の表現型データとSNPデータに基づくアソシエーション解析から、生残・成長・繁殖等の適応形質に關連する候補SNPを検出した。北海道全域の天然林を対象に、集団遺伝解析を行い、気象因子が遺伝構造に及ぼす影響を明らかにした。さらに、産地試験地と気象データを統合し、北海道全域における最適産地を選べるモデルを構築できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

トドマツでは相互移植試験の結果から局所適応していることが示唆されており、環境適応に關与するゲノム研究のモデルとして最適である。本研究では、トドマツの相互移植試験地のアソシエーション解析から適応形質に關連する候補SNPを検出することができた。また、種分布モデルと産地試験データを融合させて、気候に適合する産地選択を行えるようになった。北海道では現在、地域別の採種園が造成されているが、本研究の成果をもとに、人為的な適応的遺伝子の移動を介して、各地域のトドマツ林を将来にわたり健全で生産性の高いゲノム組成を持つ森林へと改良することで、気候変動の影響緩和に貢献することが期待される。

研究成果の概要（英文）：Based on provenance trials, functional traits including morphological and physiological analysis underlying local adaptation were identified. QTL analysis for these functional traits were performed and we detected several QTLs for crown area with genes related to type A-ARR protein. Association studies phenotypes and SNPs derived from ddRAD-seq were potentially adaptive SNPs were detected. Using EST-SSR markers, we performed population genetics for Sakhalin fir natural populations. The relationships between local climates and genetic structure were clarified. Furthermore, integrating provenance trial data and climatic data, selection of seed sources were adjusted to archive best performance in Hokkaido.

研究分野：森林遺伝育種

キーワード：トドマツ SNP 局所適応 産地選択 多変量ランダムフォレスト 地理的遺伝変異 適応的遺伝子
QTL

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、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

現在、地球規模の気候変動が進行し、高緯度地域で甚大な影響が出るのが危惧されている。繁殖までに時間のかかる樹木はこの気候変動に対応できず、分布域が大幅に縮小すると予想される。この問題に対し、造林に用いる種苗の産地や母樹を適切に選択し、将来環境に適応するゲノム組成を持つ森林へと改良できれば、気候変動の影響を緩和できる可能性がある。本研究では、北海道の代表的な林業樹種トドマツを対象に、相互移植試験地のアソシエーション解析と候補遺伝子アプローチから、適応形質に関連する一塩基多型 (SNP) を検出する。そして、将来の気候データ、相互移植による応答データ、環境適応に関連する SNP データを統合した植栽適地予測モデルを構築し、健全で生産性の高い北方林が持続可能となる具体的な方策を提案する。

2. 研究の目的

本研究では、以下の4つの課題に取り組んだ。

(1) 相互移植試験地のデータ整備と局所適応の実態解明

相互移植試験地の生残、成長のデータ、産地と植栽地の気候データから、産地ごとの環境の適応幅を定量化するとともに、将来の気候下で示すパフォーマンスを推定する。

(2) 産地試験地を用いた適応形質の解明

現存する産地試験地を利用して、局所適応に関連する形態生理形質を同定する。特に、環境勾配と相関するクラインを持つ針葉、枝の生理形態形質を抽出する。

(3) 機能形質の QTL 解析とアソシエーション解析

標高別の分離集団を用いて連鎖地図を作成し、成長、フェノロジー、形態、生理、光合成特性などに関連する形質の QTL 解析を行う。また、産地別試験林を用いて、繁殖、成長、生理生態形質のアソシエーション解析から機能形質に関連する遺伝領域を推定する。

(4) 集団遺伝構造の解明

得られた EST データから SSR マーカーを開発し、多数の EST-SSR マーカーを用いて、北海道全域の天然集団から得られたサンプルを用いて、集団遺伝構造を解明する。また、気象データとアレル頻度の関係を解明する。

3. 研究の方法

(1) 相互移植試験地のデータ整備と局所適応の実態解明

北海道の5か所に設定された1980年植栽のトドマツ75精英樹産の相互移植試験について、個体ごとの成長・生残データ整備と産地と植栽地の気候データの整備を行った。10年次の成長について、9産地について MRF (多変量ランダムフォレスト) で解析した。

(2) 産地試験地を用いた適応形質の解明

産地試験地のうち、環境が著しく異なる厚岸と美唄の産地試験地から枝を採取し、針葉、枝の生理形態形質を測定した。特に、針葉の SLA、縦横比、枝の樹皮木部比、あて材比などを求めた。さらに、標高別産地試験地を用いて、繁殖形質の指標として、球果数をカウントし、遺伝的組成と球果数の関係を調べた。同様に針葉の SLA、縦横比、枝の樹皮木部比、あて材比などを測定した。さらに、解剖学的アプローチを用いて、針葉の気孔について解析した。また、同様に標高別産地試験地を用いて、HPLC でカロチノイドを測定した。夏季と冬季にサンプリングを行い、カロチノイドの定量的解析を行った。

(3) 機能形質の QTL 解析とアソシエーション解析

RAD-seq 法を用いて SNP データを取得し、高標高と低標高の分離集団について連鎖地図を作成した。まず、発芽から 1 年生、2 年生苗のフェノロジー、成長に関する形質を測定し、QTL 解析を行った。続いて、4 年生ポット苗を用いて光合成活性に関連するパラメータ (Φ 、NPQ、 NO_2) を、クロロフィル蛍光装置を用いて取得した。また、フェノロジー関連形質として、開芽日、耐凍性、形態形質として針葉の縦横比、気孔密度、成長形質として、樹高、直径に加えて 5 年生苗を定植した後に、デジタルカメラで真上から個体を撮影し、画像解析で樹冠面積を求めた(図 1)。美唄、厚岸については、2) で得られたフェノタイプと RAD-seq 法で得られた大量の SNP ジェノタイプのデータを用いて、形質と関連する SNP をアソシエーション解析で検出した。

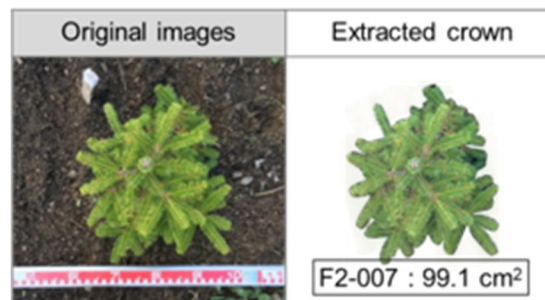


図 1 . 画像解析による樹冠面積の抽出

(4) 天然集団のサンプリングと集団遺伝解析

北海道全域の遺伝子保存林 25 天然集団 \times 48 個体の DNA を用いて、19 個の EST-SSR 集団遺伝解析を行った。これにより、中立的な遺伝マーカーで見た時の遺伝的多様性の地理的分布を調べた。また、気象データの地理的構造と各マーカーの遺伝的多様性の関係を調べた。

4 . 研究成果

(1) 植栽適地モデルの構築 : 10 年次までの生存・成長に産地と植栽地が及ぼす要因として、階層ベイズおよび回帰木を用いた手法で、植栽適地モデルを構築した。10 年次の成長について、9 産地について MRF (多変量ランダムフォレスト) で解析した。モデルを用いて現在の需給区分での成長と最適化した成長の違いを地図化した結果、おおむね現行の種苗配布区域は妥当であるものの、詳細に最適配置を行うことにより成長量が改善されるインパクトのある結果が得られた (図 2)。本成果は Forests に原著論文として掲載された。

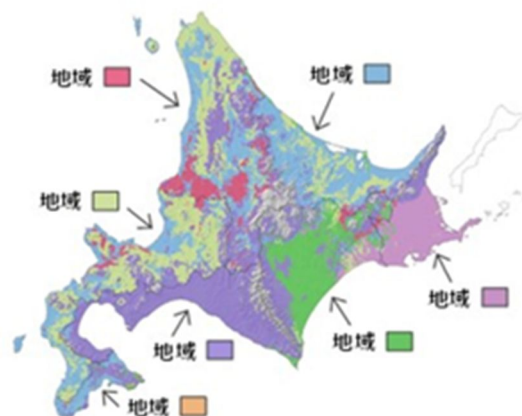


図 2 . 10 年次の樹高を最大化するための最適な配布区域 (右)

(2) 局所適応に関連する生理・形態形質：

標高別交雑試験地の4交配組合せとして低標高×低標高(以下、低×低)、低×高、高×低、高×高を対象に、繁殖形質の指標として、4年間にわたり球果数を調べた。その結果、高×高の方が低×低よりも有意に球果数が多いことが明らかとなり、遺伝的支配が強いことが示された。また、雑種である高×低と低×高を比較すると、有意に高×低の球果数が有意に多く、母樹の産地標高の影響を受けるという興味深い知見が得られた。本成果はJFR誌に原著論文として掲載された。

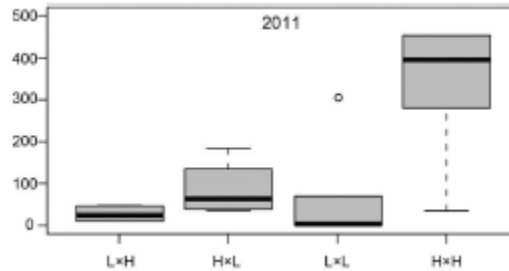


図3. 交配タイプ別の球果数(2011年の結果)

同じ標高間交雑試験地を用いて、クロロフィルとカロチノイドが高山での光障害回避に効いているかどうかを検証した。カロチノイド(特に、キサントフィルサイクル; V, A, Z)は冬季の適応に関連すると想定したが、低標高地では産地間差がなかった。カロチノイド量は、夏に比べると冬の方が多く、産地間差に比べると季節間差が大きかった。

標高別見本林8標高40個体程度から枝を採取し、標高ラインのみられる形質を検出した(図2)。また、530m産と1200m産について解剖学的な解析を行い、水分通同性などを調べた。風雪からの物理的的刺激に対応する形態変異が検出され、水分の通りやすさは低標高の方がよかった。本成果はTreeに原著論文として掲載された。

また、厚岸と美唄の2つの産地試験地のデータを用いて、地理的距離、環境距離の効果を評価した結果、自生地の有利性が認められた。本成果はEcological Researchに原著論文として掲載された。

(3) 適応的遺伝変異の検出：発芽日、開芽フェノロジー、初期成長について連鎖解析を行った結果、発芽日、開芽日、苗高、直径などについてQTLが検出された。特に、二次伸びの有無については強いQTLが検出された。これらの結果はTGG誌に原著論文として掲載された。続いて、標高適応が予想される15の機能形質について、連鎖地図でQTL解析をした結果、 NO_3 、樹冠面積(CR17)などでQTLが検出された(図4)。QTLに連鎖したSNPを含む塩基配列について、トドマツのトランスクリプトーム・データベース「TodoFirGene」で機能推定を行った結果、樹冠発達に関連すると思われるTypeA-ARRタンパクに関連する遺伝子が関与している可能性が示唆された。また、2つの産地試験地から得られた形態形質とSNPデータを用いて、ゲノムワイド・アソシエーション解析を行い、適応的な遺伝変異を検出できた。厚岸のデータを用いてGWASを行った結果、あて材と通常材の割合、樹皮と木部の直径比で比較的強いアソシエーションが検出された。これらの成果については、現在、論文執筆中である。

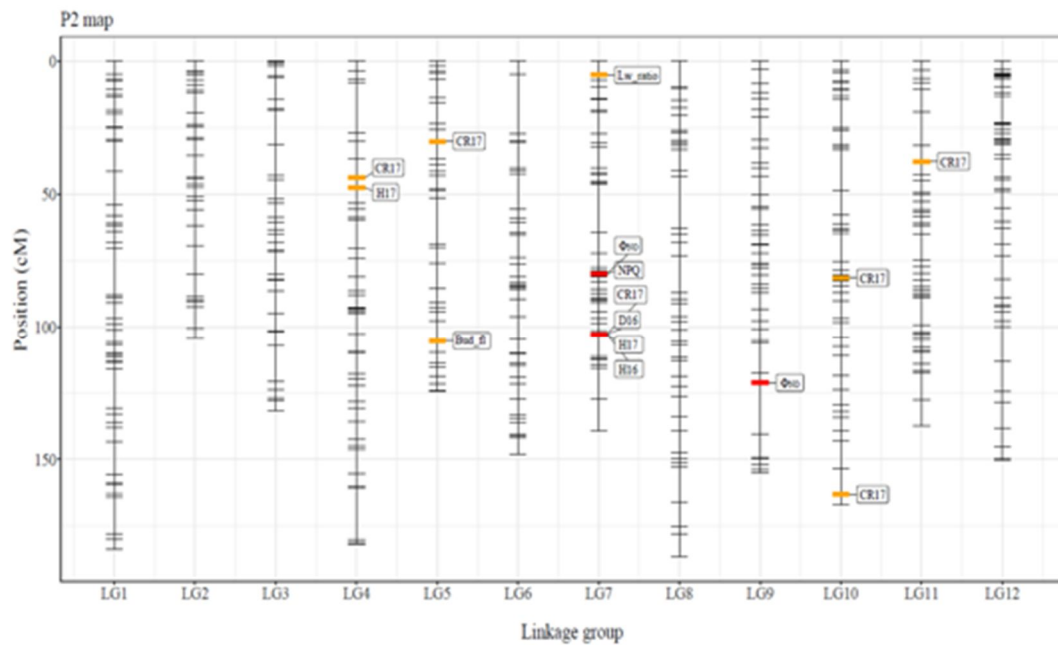


図4 . 標高適応と関連すると考えられる形質に関する連鎖解析の結果 (P2 map)

(4) 天然集団の適応的遺伝変異の解析：25 集団 × 50 個体、19 の EST-SSR マーカーでオンライン論文として公表した。サンプル数、マーカー数としても十分でトドマツの遺伝変異の全貌を明らかにできた。東西の遺伝的多様性クラインが検出され、複数の遺伝子座で特異的なクラインが観察され、オンライン論文として公開された (Kitamura et al. 2020) (図5)。使用したマーカーは発現遺伝子近傍に設計されたものであることから、今後の研究シーズとして環境要因との関連を抽出できる可能性を持つ。

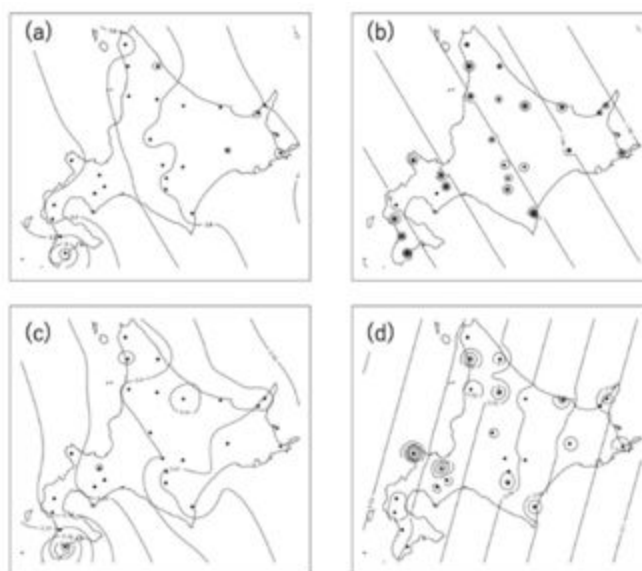


図5 . 天然林の集団遺伝解析の結果 .

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計16件（うち査読付論文 9件／うち国際共著 1件／うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Ishizuka W., Kon H., Kita K., Kuromaru M., Goto S.	4. 巻 36
2. 論文標題 Local adaptation to contrasting climatic conditions in Sakhalin fir (<i>Abies sachalinensis</i>) revealed by long-term provenance trials	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Ecological Reserach	6. 最初と最後の頁 accpeted
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 Tsuyama I, Ishizuka W, Kitamura K, Taneda H, Goto S	4. 巻 11
2. 論文標題 Ten Years of Provenance Trials and Application of Multivariate Random Forests Predicted the Most Preferable Seed Source for Silviculture of <i>Abies sachalinensis</i> in Hokkaido, Japan	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Forests	6. 最初と最後の頁 1058 ~ 1058
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/f111101058	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 Kitamura K, Uchiyama K,Ueno S,Ishizuka W, Tsuyama I, Goto S	4. 巻 11(2)
2. 論文標題 Geographical gradients of genetic diversity and differentiation among the southernmost marginal populations of <i>Abies sachalinensis</i> Revealed by EST-SSR Polymorphism	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Forests	6. 最初と最後の頁 233
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/f11020233	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 Taneda H, Funayama-Noguchi S, Mayr Stefan, Goto S	4. 巻 34
2. 論文標題 Elevational adaptation of morphological and anatomical traits by Sakhalin fir (<i>Abies sachalinensis</i>)	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Trees	6. 最初と最後の頁 507 ~ 520
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00468-019-01932-4	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 Goto, S., Yonemichi, T., Hisamoto, Y., Saito, T., Hirao, T., Kimura, N., Fukuoka, S., Ujino-Ihara, T., Taneda, H.	4. 巻 62
2. 論文標題 Timing of bud flush and bud set of seedlings of <i>Abies sachalinensis</i> , <i>Picea glehnii</i> , and <i>P. jezoensis</i> transplanted to warm sites	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Miscellaneous Information of The University of Tokyo Forests	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) 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 石塚航・今博計・来田和人	4. 巻 101
2. 論文標題 台風被害にみられたトドマツの産地間差異	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本森林学会誌	6. 最初と最後の頁 82-87
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 門脇 浩明、山道 真人、深野 祐也、石塚 航、三村 真紀子、西廣 淳、横溝 裕行、内海 俊介	4. 巻 25
2. 論文標題 進化を考慮した保全生態学の確立と生態系管理に向けて	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 保全生態学研究	6. 最初と最後の頁 1-14
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 北村系子・石塚航・後藤晋	4. 巻 10
2. 論文標題 日本の森林樹木の地理的遺伝構造 (31) トドマツ (マツ科モミ属)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 森林遺伝育種	6. 最初と最後の頁 44-48
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 -

1. 著者名 石塚 航	4. 巻 188
2. 論文標題 植栽に適した苗木産地を知る;北方針葉樹トドマツの地域適応性に基づいて	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ベース設計資料. ベース設計資料. https://www.kenkocho.co.jp/html/publication/188/188_pdf/188_13.pdf	6. 最初と最後の頁 49-52
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 -

1. 著者名 石塚 航	4. 巻 88
2. 論文標題 北方の樹木の南限を訪ねる	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 森林科学	6. 最初と最後の頁 42
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 -

1. 著者名 石塚航・阿部友幸・蝦名益仁・早坂一文・成田あゆ・今博計・長坂有・鳥田宏行	4. 巻 57
2. 論文標題 トドマツの風害抵抗性に関わる諸要因と地域間差異の検討	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 北海道林業試験場研究報告	6. 最初と最後の頁 13-23
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 -

1. 著者名 Hisamoto Y, Goto S.	4. 巻 22
2. 論文標題 Genetic control of altitudinal variation on early female reproduction in <i>Abies sachalinensis</i> revealed by a crossing experiment	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Forest Research	6. 最初と最後の頁 195-198
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/13416979.2017.1304863	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 Goto S, Kajiya-Kanegae H, Ishizuka W, Kitamura K, Ueno S, Hisamoto Y, Kudoh H, Yasugi M, Nagano AJ, Iwata H	4. 巻 13
2. 論文標題 Genetic mapping of local adaptation along the altitudinal gradient in <i>Abies sachalinensis</i>	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Tree Genetics and Genomes	6. 最初と最後の頁 104
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11295-017-1191-3	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 後藤 晋	4. 巻 72
2. 論文標題 針葉樹における局所適応と遺伝的背景 - トドマツの標高適応を例にして -	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 生物の科学	6. 最初と最後の頁 63 69
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 -

1. 著者名 久本洋子	4. 巻 60(2)
2. 論文標題 高標高産トドマツの早熟性は遺伝するのか? - 交配実験によって明らかにされた雌性繁殖における標高変異の遺伝的制御 -	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 北海道の林木育種	6. 最初と最後の頁 24-28
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 -

1. 著者名 石塚 航	4. 巻 78
2. 論文標題 長期移植試験が語る北方針葉樹トドマツの局所適応,	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 森林科学	6. 最初と最後の頁 30-33
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 オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計16件（うち招待講演 3件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 後藤 晋
2. 発表標題 気候変動の時代における林木育種：今だからやれること、やるべきこと
3. 学会等名 第132回日本森林学会大会（オンライン）（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 菅井徹人・石塚 航・渡部敏裕
2. 発表標題 被陰に対するトドマツ個葉の順化能力と産地間の遺伝的変異
3. 学会等名 第132回日本森林学会大会（オンライン）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石塚 航・北村系子・原登志彦・後藤晋
2. 発表標題 トドマツ葉緑体ゲノムの解読と種内変異の評価
3. 学会等名 第7回森林遺伝育種学会（2019.11.8，東京大学）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山崎 有・種子田春彦・後藤 晋
2. 発表標題 産地標高の異なるトドマツにおけるカロチノイドの季節的变化
3. 学会等名 第7回森林遺伝育種学会（2019.11.8，東京大学）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 後藤 晋・種子田 春彦・久本 洋子・伊原 徳子・平尾 聡秀
2. 発表標題 温暖地域に移植した北方針葉樹の環境応答 - 3年間の生残と成長 -
3. 学会等名 第130回日本森林学会大会、2019.3, 新潟大学
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山崎 有・舟山幸子・種子田春彦・後藤 晋
2. 発表標題 トドマツの高山環境への遺伝的適応：光合成活性とカロチノイドに着目して.
3. 学会等名 第130回日本森林学会大会、2019.3, 新潟大学
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 菅井徹人・石塚航・渡部俊裕
2. 発表標題 トドマツ苗木の個葉光応答に関する表現型可塑性の種内変異
3. 学会等名 第67回日本生態学会（2020年3月，名城大学，愛知）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 後藤 晋・大森良弘・内山憲太郎・種子田春彦
2. 発表標題 トドマツ分離集団を用いたイオノーム のQTL解析
3. 学会等名 第131回森林学会大会（2020年3月，名古屋大学，愛知）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山崎 有・種子田春彦・後藤 晋
2. 発表標題 トドマツにおけるカロチノイドの役割：標高適 応との関連に着目して
3. 学会等名 第131回森林学会大会（2020年3月，名古屋大学，愛知）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 久本洋子・伊原徳子・種子田春彦・平尾聡秀・後藤 晋
2. 発表標題 温暖地域に移植した北方針葉樹 3 種の温暖化ストレ スに関わる RNA-seq 解析
3. 学会等名 第131回森林学会大会（2020年3月，名古屋大学，愛知）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 後藤 晋，石塚 航，種子田 春彦，河野 優，鐘ヶ江 弘美，岩田 洋佳，上野 真義，内山 憲太郎，久本 洋子，津山 幾太郎，北村 系子： .
2. 発表標題 トドマツの標高適応に関連する生理形質の連鎖解析
3. 学会等名 日本森林学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Goto S
2. 発表標題 Genetic basis of altitudinal adaptation in <i>Abies sachalinensis</i>
3. 学会等名 日本生態学会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ishizuka, W., Kon, H., Kita, K., Kuromaru M
2. 発表標題 Evaluating the home-site advantage in <i>Abies sachalinensis</i> in Hokkaido based on the long-term provenance trials
3. 学会等名 Abies The 15th International Conference on Ecology and Silviculture of Fir, P-26, Sapporo, Japan. (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 後藤晋・石塚航・種子田春彦・河野優・鐘ヶ江弘美・上野真義・内山憲太郎・北村系子・久本洋子・津山幾太郎・岩田洋佳:
2. 発表標題 トドマツの標高適応に関連する生理形質の連鎖解析
3. 学会等名 第128回森林学会(鹿児島大学)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Goto S
2. 発表標題 Genetic basis of local adaptation along the altitudinal gradient in <i>Abies sachalinensis</i>
3. 学会等名 64th ESJ conference (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 久本洋子・北村系子・上野真義・後藤晋
2. 発表標題 トドマツにおける開花およびストレス関連遺伝子発現の季節変動
3. 学会等名 森林遺伝育種学会第5回大会
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 後藤晋	4. 発行年 2021年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 224
3. 書名 コラム3 温暖化とフェノロジー . 57-59, 福田健二(編)「樹木医学入門」、2021年4月、東京	

〔産業財産権〕

〔その他〕

民有林新聞2020年10月22日, 第2579号7ページ目, 「林業試験場の研究成果 国際科学誌に掲載 最適なトドマツ種苗産地を解析」

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	北村 系子 (Kitamura Keiko) (00343814)	国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所・主任研究員 等 (82105)	
研究分担者	内山 憲太郎 (Uchiyama Kentaro) (40501937)	国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所・主任研究員 等 (82105)	
研究分担者	久本 洋子 (Hisamoto Yoko) (60586014)	東京大学・大学院農学生命科学研究科(農学部)・助教 (12601)	

6. 研究組織（つづき）

	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	津山 幾太郎 (Tsuyama Ikutaro) (80725648)	国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所・主任研究員 等 (82105)	
研究分担者	石塚 航 (Ishizuka Wataru) (80739508)	地方独立行政法人北海道立総合研究機構・森林研究本部林業試験場・研究主任 (80122)	
研究分担者	種子田 春彦 (Taneda Haruhiko) (90403112)	東京大学・大学院理学系研究科（理学部）・准教授 (12601)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 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