

令和元年6月17日現在

機関番号：82105

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K07494

研究課題名(和文) スギ心材色の簡易判別および早期予測のメソッドロジーの確立

研究課題名(英文) Simple discrimination and early prediction of heartwood color for Japanese cedar

研究代表者

宮本 尚子 (MIYAMOTO, Naoko)

国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所 林木育種センター・主任研究員 等

研究者番号：30370844

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：スギの心材の着色に何らかの役割を果たしている可能性の指摘されているカリウム量に着目し、すでに取得されている心材色のデータに基づいて抽出した典型的赤心および黒心、それぞれ11および10系統について、心材部、葉、さし木の発根部で検出されるカリウム量を計測した。心材部のカリウム量に関しては心材色との相関があったが、針葉や根のカリウム量に関しては明確な相関がなかった。また精英樹380系統について、心材色のL\*値とすでに取得されている約4800座のSNP遺伝子型を用いてアソシエーション解析を行ったところ、p値が1%以下だったものは64座あり、これらの遺伝子座の一部では心材色と関係性があると考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

心材色に関しては木材の利用上、特定のニーズがあるが、その遺伝や環境の影響については明らかでないことが多く、それらの解明に向けて、クローンの反復率や、心材色の経年変化、部位別のカリウム含量、DNAとの関連など、多角的な取り組みを行った。また、本研究で育苗した典型的赤心および黒心系統のクローンについては、施肥によってカリウム条件が3段階に異なる試験地を土壌分析を行った上で設定し、植栽したため、これらの材料は将来、心材色における遺伝と環境の影響評価に利用できると考えている。

研究成果の概要(英文)：It is pointed out that the potassium content of heartwood may play a role in the coloration of heartwood. We selected each of 11 and 10 lines of typical "Akajin" and typical "Kurojin" specimens based on the heartwood color value already acquired, then we measured the potassium contents in heartwood, needles and roots propagaeted by cutting for each specimens. There was a correlation with heartwood color with regard to potassium content in heartwood, but there was no clear correlation with needles and roots.

In addition, for 380 lines of the plus tree the association analysis was performed using the heartwood color value and SNP genotypes of approximately 4,800 loci already acquired. Genotypes at 64 loci showed to be associated with heartwood color with high probability( $p<0.01$ ).

研究分野：遺伝育種

キーワード：スギ 心材色 アソシエーション解析 カリウム

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

スギは心材色に変異が大きく、赤心系統と黒心系統があるが、黒心系統は化粧性・運搬・乾燥に難があるとされている。

心材色は材の利用に関係する形質でありながら、その経年変化や遺伝と環境の影響の程度を評価するデータが少なく、遺伝と環境の影響を明確に分離しうる材料もない状況にある。また、伐採前に赤心と黒心を判別することができれば、育種素材の評価や育種的な対応の可能性を高めることができ、伐採・乾燥・利用計画の適切な立案を通して林産業の活性化に貢献することができる。

### 2. 研究の目的

本研究では、赤心・黒心の簡易判別および早期判別を目指し、心材色の経年変化や、心材色のクローン反復率などの基本的な情報について取得する。また、遺伝および環境の影響を受けて材の着色に何らかの役割を果たしている可能性の指摘されているカリウム量(炭酸水素カリウムが心材の弱アルカリ性化に寄与し、心材に存在するカリウム含量が多いものほど心材色が黒い傾向がある)に着目し、材を伐採する際に計測できる円盤の心材部でのカリウム量に加え、葉や発根部などの材を破壊することなく計測できる部位のカリウム量を計測し、心材色との関連性を評価する。また同じく非破壊的に赤心・黒心を簡易判別・早期判別を行う方法として、DNA 遺伝子型データに着目し、心材色データとすでに取得済みの DNA 遺伝子型データとのアソシエーション解析を行う。

### 3. 研究の方法

すでに取得されている心材色(単一の苗畑で育成した約 30 年生の幹における伐採直後の  $L^*a^*b^*$  表色値)のデータに基づいて、典型的赤心および黒心系統を各 11 系統および 10 系統抽出した。これらの典型的赤心と典型的黒心について、約 20 年間暗所に保存した円盤について 20 年前の  $L^*a^*b^*$  表色系のデータと新たに取得したデータを比較し、経年変化を調べた。また、遺伝と環境の影響を評価するためスギ心材色  $L^*a^*b^*$  表色系のデータの反復率を算出した。

典型的赤心および黒心系統各 11 系統および 10 系統についてさし木増殖を行い、異なるカリウム条件で育成した。次いで、これらの典型的赤心および黒心系統の、20 年間暗所に保存してあった円盤の心材部、葉、およびさし木の発根部で検出されるカリウム含量を原子吸光分析によって測定した。

加えて、関東育種基本区の精英樹 380 系統について、心材色の  $L^*$  値とすでに取得されている 4,801 座の SNP 遺伝子型を用いて、単回帰モデル、分集団を考慮した Q モデル、および分集団と家系構造を考慮した QK モデルの 3 つのモデルを用いて R のパッケージ EMMA によりアソシエーション解析を行った。また、p 値の低かった遺伝子座について blastx でホモロジー検索を行った。

### 4. 研究成果

使用した典型的黒心と典型的赤心系統の  $L^*a^*b^*$  データ(平均値)から再現した伐採直後の心材辺材色のデータを図 1 に示す。また、典型的赤心および黒心の円盤について、心材色の伐採直後(1994 年)の時点から約 20 年間暗所に保存した 2005 年時点の  $L^*a^*b^*$  表色系のデータの経年変化を図 2 に示す。すべての個体において、 $L^*$ (=明度)は増加、 $a^*$ (=赤み)と  $b^*$ (=黄色み)がともに減少した。これにより赤心と黒心の色差は減少したが、グループ間に 20 年経過後も有意差あったため、特定のニースが存在する赤心では、経年変化により黒心との色差は減少するものの、長く置いても赤みが残る傾向があることがわかった。また、スギ心材色に関し、遺伝と環境の影響について反復率を算出したところ、一樣な環境で育成された場合のクローン反復率が 0.5 程度であった。この値は増殖法の違い(さし木・接ぎ木)で差異が無く、台木の影響は大きくないと考えられた。

心材色  $L^*$  値と心材部・針葉・さし木発根部のカリウム含量の関係を図 3 に示す。カリウム含量を用いた簡易判別のための前提条件である、心材部でのカリウム含量には典型的赤心と典型的黒心間の伐採直後の円盤でグループ間差があり、心材部のカリウム含量に関しては心材色の明度( $L^*$  値)との相関があったが、葉や根でのカリウム含量とは明確な相関が見られなかった。

アソシエーション解析に用いた 4,801 座の SNP 遺伝子型について、連鎖群で色分けした各遺伝子座の累積位置(bp)とその  $-\log_{10}(p)$  の観察値を図 4 に示す。解析に用いた 3 つのモデルのうち、スギの家系構造を考慮に入れる Q/QK モデルで擬陽性が低い傾向にあり、Q/QK モデル間ではほとんど結果に違いなく、単回帰モデル Q/QK モデルに違いがあったことから、今回対象としたスギ集団には分集団構造の影響はあるものの、血縁関係の影響はほとんどないことが分かった。分集団と家系構造を考慮した QK モデルを用いてアソシエーション解析を行ったところ、p 値が 1% 以下だったものは 64 座あり、これらの遺伝子座の一部では心材色との関係性があると考えられた。これらの遺伝子座の中には何らかの機能遺伝子と相関性が高いものもあった。

カリウム量と心材色に相関がみられたのは心材部であったため、カリウム量を用いた非破壊での判別はできなかったが DNA 型での簡易判別・早期予測や遺伝子型を用いた育種への応用は可能性があると考えられた。

本研究で育苗した典型的赤心および黒心系統のクローンについては、土壌分析を行った

上でカリウム条件が3段階に異なる試験地を設定し、植栽した。これらの材料は将来、心材色における遺伝と環境の影響評価に利用できると考えている。

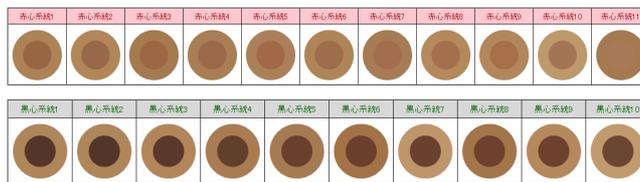


図1 今回使用した典型的黒心と典型的赤心系統のL\*a\*b\*データ(平均値)から再現した心材辺材色(伐採直後)

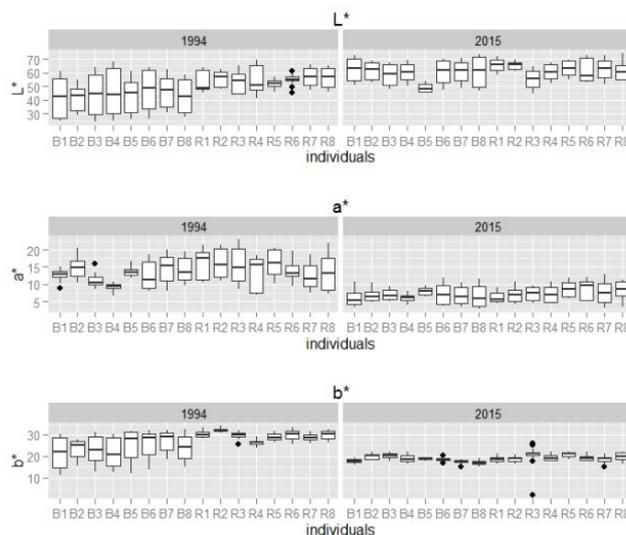


図2 典型的赤心(R1~8)および黒心(B1~8)の心材色の1994年(伐採直後)時点から2005年時点の変化。

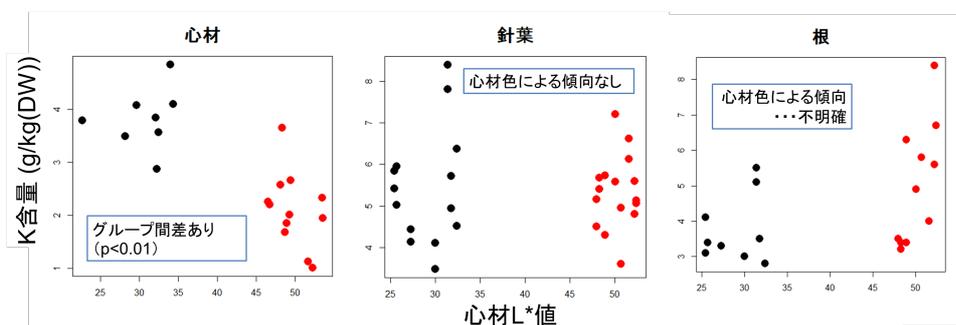


図3 心材色L\*値と心材部・針葉・さし木発根部のカリウム含量の関係。●は典型的赤心、○は典型的黒心。

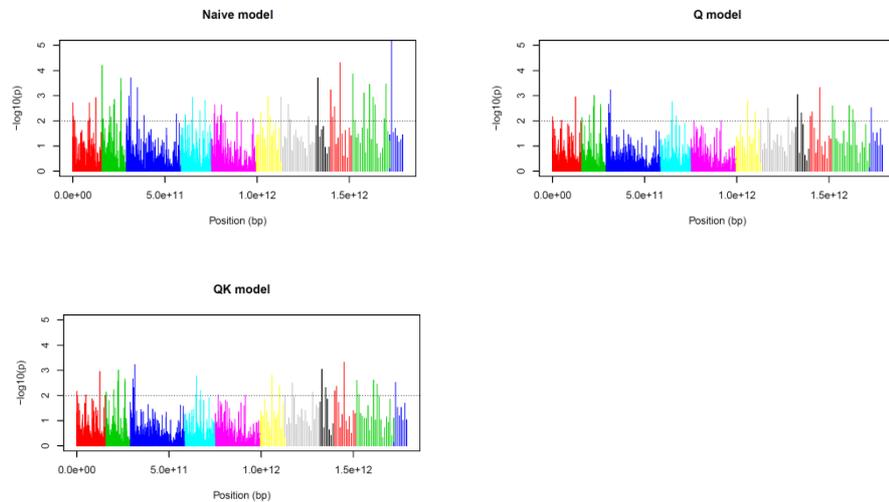


図4 連鎖群で色分けした各遺伝子座の累積位置 (bp) とその $-\log_{10}(p)$ の観察値。

## 5. 主な発表論文等

### 〔雑誌論文〕(計 4 件)

飯塚和也(宇都宮大学農学部), 宮本尚子, 大島潤一(宇都宮大学農学部), 逢沢峰昭(宇都宮大学農学部), 大久保達弘(宇都宮大学農学部), 石栗太(宇都宮大学農学部), 横田信三(宇都宮大学農学部). 森林・樹木における放射性セシウムの動態( ) - スギの心材の特性および $^{137}\text{Cs}$ の挙動 - Behavior of Radiocesium in Forest and Trees( ) - Heartwood property and behavior of  $^{137}\text{Cs}$  in sugi wood - . 宇都宮大学農学部演習林報告, 54:39-42, 2018.05. 査読無し

IIZUKA Kazuya(飯塚和也・宇都宮大学), TOYA Narumi(東谷菜留美・宇都宮大学), OHSHIMA Jyunichi(大島潤一・宇都宮大学), ISHIGURI Futoshi(石栗太・宇都宮大学), MIYAMOTO Naoko(宮本尚子), AIZAWA Mineaki(逢沢峰昭・宇都宮大学), OHKUBO Tatsuhiro(大久保達弘・宇都宮大学), TAKENAKA Chisato(竹中千里・名古屋大学), YOKOTA Shinso(横田信三・宇都宮大学) Relationship between  $^{137}\text{Cs}$  concentration and potassium content in stem wood of Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*)(スギの幹における $^{137}\text{Cs}$ 濃度とカリウム含量との関係) Journal of Wood Science, DOI 10.1007/s10086-017-1673-9, 2017.11. 査読有り

MIYAMOTO Naoko(宮本尚子), IIZUKA Kazuya(飯塚和也), NASU Jin'ya(那須仁弥), YAMADA Hiroo(山田浩雄) Genetic effects on heartwood color variation in *Cryptomeria japonica*(スギ心材色変異における遺伝の影響) *Silvae Genetica*, 65(2):80-87, 2017.10. 査読有り

飯塚和也(宇都宮大学), 宮本尚子, 大島潤一(宇都宮大学), 逢沢峰昭(宇都宮大学), 大久保達弘(宇都宮大学), 石栗太(宇都宮大学), 横田信三(宇都宮大学). 森林・樹木における放射性セシウムの動態( ) - スギの樹幹木部および葉における $^{137}\text{Cs}$ とカリウム濃度との関係 - . 宇都宮大学農学部演習林報告, 52:59-64, 2016.05. 査読無し

### 〔学会発表〕(計 6 件)

飯塚和也(宇都宮大学農学部), 瀬戸研祐(宇都宮大学農学部), 大島潤一(宇都宮大学農学部), 宮本尚子, 逢沢峰昭(宇都宮大学農学部), 大久保達弘(宇都宮大学農学部). 異なる林齢のスギ樹幹木部における $^{137}\text{Cs}$ 濃度の分布パターンの共通性. 第130回日本森林学会大会, 2019.03.

宮本尚子, 飯塚和也, 内山憲太郎, 小野賢二, 大平峰子, 那須仁弥, 木村恵, 上野真義, 津村義彦, 山田浩雄 スギ立木の心材色の予測に向けたカリウム含量分析およびゲノムワイド関連解析. 第80回日本植物学会大会, 2016.09.

飯塚和也(宇都宮大学),宮本尚子,山崎丈生(宇都宮大学),大島潤一(宇都宮大学),逢沢峰昭(宇都宮大学) 大久保達弘(宇都宮大学) スギ若齢木に経根吸収された放射性セシウムの樹体内の濃度分布 - 樹幹木部における 137Cs に注目して - 第 80 回日本植物学会大会, 2016.09.

飯塚和也(宇都宮大学),宮本尚子,大島潤一(宇都宮大学),逢沢峰昭(宇都宮大学),大久保達弘(宇都宮大学),平田慶(宇都宮大学) 異なる線量率地域に生育したスギ樹幹木部における 137Cs 濃度の分布 第 53 回アイソトープ・放射線研究発表会, 2016.07.

飯塚和也(宇都宮大学),金指努(名古屋大学),宮本尚子,大島潤一(宇都宮大学),石栗太(宇都宮大学),横田信三(宇都宮大学) 福島原発事故後 4 年 8 ヶ月間におけるスギの木部半径方向の 137Cs 濃度の特徴 第 66 回日本木材学会大会, 2016.03.

宮本尚子,飯塚和也(宇都宮大学),那須仁弥,山田浩雄 スギにおける心材・辺材色の変異とそのカリウム含量 第 79 回日本植物学会大会, 2015.09.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)  
なし

取得状況(計 0 件)  
なし

〔その他〕  
なし

## 6. 研究組織

(1)研究分担者  
なし

(2)研究協力者

研究協力者氏名:飯塚 和也  
ローマ字氏名: IIZUKA Kazuya  
研究機関:宇都宮大学  
部局名:農学部  
職名:教授  
研究者番号:20344898

研究協力者氏名:山田 浩雄  
ローマ字氏名:YAMADA Hiroo  
研究機関:国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 林木育種センター 関西育種場  
部局名:育種課  
職名:育種課長  
研究者番号:90370832

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。