

| | |
|-----------|---------------------------------------|
| 氏名 | きとう ひろふみ 佐藤 博文 |
| 授与学位 | 博士 (生物資源科学) |
| 学位授与年月日 | 平成30年3月23日 |
| 学位授与の根拠法規 | 学位規則第4条第1項 |
| 研究科専攻 | 秋田県立大学大学院生物資源科学研究科 博士後期課程 生物資源科学専攻 |
| 学位論文題目 | 希少な天然秋田スギ“アオヤジロ”の特性解明に関する研究 |
| 指導教員 | 教授 高田 克彦 |
| 論文審査委員 | 主査 教授 高田 克彦 副査 准教授 渋谷 栄、教授 林 知行 |

論文内容要旨

【研究の背景と目的】

秋田県において、スギは県土の1/3を占める植林面積を有するほど産業振興上重要な樹種である。特に天然秋田スギは、美しい木目と狂いが少なく弾力性に富む等の特性を有し、天井板、化粧材や構造材のほか、曲げわっぱや桶樽など秋田県を代表する伝統的工芸品の材料として古くから利用されてきた。しかし、近年資源枯渇への懸念から天然秋田スギの伐採が制限されたため、代替材の確保が大きな課題となっている。これに対し、秋田県では、現場のニーズに応える県オリジナル品種の開発や新たなスギ需要に向けた取り組みを進めており、希少なスギ資源“アオヤジロ”の活用を課題解決に向けた有力な方策の1つと位置づけた。

アオヤジロは天然秋田スギの突然変異種の1つで、夏葉が黄色を呈する珍しい外観を持つ。また、その材は古来より酒造容器として珍重されたといわれ、その希少性から付加価値の高い素材生産が期待できる。このため、現在、伐採が制限されている大径の天然秋田スギの代替材としての利用はもとより、新需要を生み出す育種素材となる可能性が高い。しかし、これまでにアオヤジロに関する学術的な調査、研究はほとんど行われておらず、その材料特性や繁殖特性等については不明な点が多い。こうした背景から、本研究では秋田県内に現存するアオヤジロの資源量の把握、外部形態や材質、繁殖等の特性の解明とともに、活用基盤を構築し、アオヤジロに適した効率的な種苗生産システムについて提案することを目的とした。

【材料と方法】

1) 外部形態的特性の調査 本研究に用いるアオヤジをつぎのように定義した。すなわち、①樹葉の一部または全体が黄色を呈すること、②黄葉の出現部位に不自然さを認めず、緑葉との境界が不明瞭であること、③所有者からの申告あるいは過去にア

オヤジロであることが記された資料が残っていることの 3 条件のうち、少なくとも①、②の両条件を満たす個体とした。選抜したアオヤジロ 27 個体とオウゴンスギ 5 個体等を対象に針葉 DNA を抽出、4 種の SSR マーカーを用い遺伝子型を決定した。

各個体の樹高、胸高直径を測定し、所有者から推定樹齢の聞き取りを行うとともに、地況および外部形態的特性の調査を実施した。また、2013 年 6, 7, 8, 9, 11 月および翌 2014 年 1, 4 月の各初旬に、アオヤジロ 4 個体と、比較対照として秋田県産精英樹（以下、精英樹）3 個体、オウゴンスギ 1 個体の当年葉、前年葉を採取し、高速液体クロマトグラフィー（以下、HPLC）により葉部色素含量の季節変化を調べ、針葉黄化の顕著な時期を特定した。

2) 材質特性の調査 アオヤジロ 15 個体、精英樹 25 個体および雪害抵抗性候補個体等（以下、耐雪性）25 個体について、FAKOPP（ハンガリー国アルナス社製）を用いて立木樹幹の地上高約 0.7 m 点～1.7 m 点の間における応力波伝播速度（以下、 V_p ）を測定し、木材の強度的性質について比較を行った。また、アオヤジロ 11 個体と精英樹 6 個体について、2013 年 11 月～12 月上旬に地上高約 1.2m の部位より内径 5 mm の成長錐コアを採取し、心材部の含水率、粗灰分、揮発性成分の定量に供するとともにガスクロマトグラフィー（以下、GC）を用いて心材最外部の揮発性成分組成を調べ、両者の比較を行った。

3) 繁殖特性の調査 2011 年～2013 年のいずれも 5 月下旬～6 月上旬にアオヤジロ 25 個体、オウゴンスギ、フィリスギおよび精英樹各 4 個体を挿し木試験に供した。挿し穂は 10～15 cm 長とし、1 個体 210 本（精英樹は 60 本）を原則とし、縦 490 mm × 横 340 mm × 深さ 100 mm、底穴 2 mm 角の育苗箱に鹿沼土を充填した挿し床に挿し付けを行った。これを温度 20～35℃に制御されたガラス温室に置いて管理し、11 月上旬に発根率を調べた。2011 年にアオヤジロ 4 個体、オウゴンスギ 3 個体、フィリスギ 2 個体および精英樹混合育種種子等について種子の品質検査を実施した。また、2013 年と 2016 年にアオヤジロ数個体（2013 年は 2 個体、2016 年は 3 個体）から花粉を採取し、精英樹の北秋田 1 号または雄勝 13 号を母方として人工交配試験を実施した。さらに、2011 年 7 月中旬、定植後 3 年を経過したアオヤジロ 3 個体の苗木の枝にジベレリン 50, 100 ppm 水溶液約 100 ml を葉面散布し、花芽分化促進に関する調査を実施した。

【結果および考察】

1) 外部形態的特性の調査 秋田県内において、アオヤジロを 27 個体確認した。SSR マーカーによる個体識別の結果、アオヤジロとオウゴンスギではフラグメントパターンが異なり、判別可能であった。アオヤジロの変異については、一部の系統間で同一クローンを認めた以外、遺伝的に由来が異なる 21 タイプの遺伝子型の存在を確認した（図-1, 表-1）。これらの外部形態については表-2 に示す変異がみられた。当年葉、前年葉の色素含量の季節変化について HPLC 分析した結果、総クロロフィル含量の低下は当年葉に限られ、その顕著となる時期はオウゴンスギが 6, 7 月、アオヤジロが 9 月頃と両者で異なっており（図-2）、アオヤジロの針葉黄化はクロロフィルが増加できず、低含量での停滞により見られる現象であることを明らかにした。

2) 材質特性の調査 V_p の平均値は、アオヤジロ区 3487 m/s, 精英樹区 3231 m/s および耐雪性区 3618 m/s で (図-3), アオヤジロ区と耐雪性区間に有意な差はみられなかった。しかし、これらと精英樹の間にはいずれも有意な差が認められたことから (Tukey HSD 多重比較, $P < 0.01$), アオヤジロには耐雪性が期待できることが示唆された。また、アオヤジロの V_p と胸高直径、推定樹齢との間の相関を調べた結果、胸高直径が大きいものは V_p が低下する傾向がみられたものの、推定樹齢との間には相関がみられなかった (図-4)。よって、アオヤジロの V_p に認められた変異は各個体が持つ特性であることが示唆され、幅広い用途に応じた材生産が可能であることが明らかとなった。一方、心材の含水率、粗灰分、揮発性成分含量とその組成について、アオヤジロ区と精英樹区間に有意な差は認められなかったが、揮発性成分の組成については cubebol, δ cadinene など一部のセスキテルペン含量の高い個体がアオヤジロにおいて多い傾向にあることを認めた (図-5, 表-3)。これらは、酒を腐敗させる特定の乳酸菌の ppm レベルでの増殖阻害に関与している可能性が高く、当該成分がアオヤジロの醸材用途における良否の指標となりうると結論づけた。

3) 繁殖特性の調査 挿し木試験の結果を図-6 に示す。発根率の平均値はアオヤジロ 23.8%, オウゴンズギ 58.8%, フイリスギ 53.3%および精英樹 40.4%と、アオヤジロが最も低かったが、高い発根率を示した個体も散見された。アオヤジロ種子の品質は表-4 のとおり正常な実生繁殖能力を持つことを明らかとした。

アオヤジロを父方、精英樹を母方とする 2 度の人工交配試験から、アオヤジロ花粉の生殖能力が正常であることを確認した。また、一部のアオヤジロと精英樹 雄勝 13 号との交配実生にのみ黄葉を持つものの出現を認め、針葉黄化の形質が遺伝することを明らかにした (図-7, 8 および 9)。図-7 に示す交配 F_1 における黄葉苗の出現割合から、針葉黄化の形質が父性遺伝による可能性が示唆されたが、母方の個体も限定されることから、針葉黄化に関する遺伝についてはさらなる検討を必要とする。

花芽分化促進試験では、アオヤジロへのジベレリン 50, 100 ppm 水溶液散布により雌雄両花の着生を確認し、計画的な種子生産が可能であることを明らかにした。

【総合考察】

現況調査からアオヤジロ 1 本あたりの材積成長性を予想したところ、図-10 に示す成長曲線を得た。参考として図上には秋田県全域のモニタリングにより作成した収穫表をもとに 1 本あたりの地位級別平均材積成長曲線と、近年報告されている天然スギ等高樹齢スギの成長解析結果を併せてプロットした。図-10 において、アオヤジロの 100 年生までの材積成長は地位 1 等から 2 等の間を推移しており、良好な材積成長が期待できる。したがって、大径木生産を図ることで、幅広い用途に応じた素材生産が期待できるものと考えられた。また、効率的な利用技術として図-11 に示す種苗生産システムを提案する。このシステムは、アオヤジロと精英樹雄勝 13 号を母方とする人工交配を軸とし、 F_1 の表現型に応じて最適な苗木生産を行うもので、近年期待が高まっている花粉症対策スギや二酸化炭素吸収源スギ品種開発など様々なニーズに対応する育種改良と並行して種苗生産を行うことで、新たなスギ需要を生む、訴求力の高いアオヤジロ品種の開発育成と、本研究成果の効率的な早期普及を実現できる。

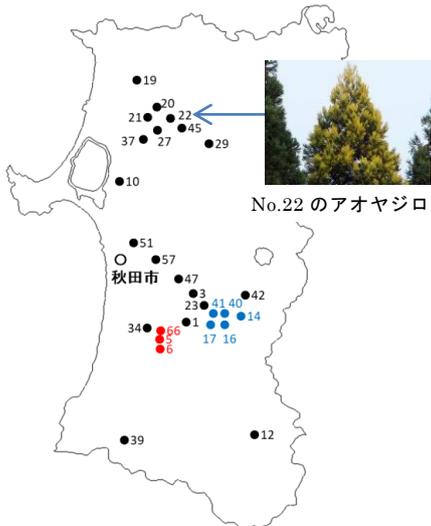


図-1 個体識別をもとにしたアオヤジロの分布
●は別個体、○の色が同じものはフラグメントパターンが一致した個体を示す。

表-1 SSR マーカーを用いたアオヤジロ等の個体識別結果

| 個体 No. | Cjgssr77 | Cjgssr175 | CJS0333 | CS1226 | 備考 |
|--------|----------|-----------|---------|---------|-----------|
| 1 | 99 151 | 178 246 | 312 312 | 138 140 | |
| 3 | 103 125 | 173 178 | 229 229 | 138 149 | |
| 5* | — | — | — | — | a (maybe) |
| 6 | 105 105 | 183 186 | 227 249 | 155 159 | a |
| 10 | 103 105 | 183 209 | 235 265 | 165 200 | |
| 12 | 103 129 | 183 189 | 241 249 | 128 132 | |
| 14 | 99 103 | 185 215 | 229 267 | 136 176 | b |
| 16 | 99 103 | 185 215 | 229 267 | 136 176 | b |
| 17 | 99 103 | 185 215 | 229 267 | 136 176 | b |
| 19 | 103 123 | 183 218 | 237 263 | 128 159 | |
| 20 | 99 162 | 183 229 | 267 296 | 138 149 | |
| 21 | 107 144 | 182 204 | 227 229 | 142 144 | |
| 22 | 107 125 | 225 225 | 227 253 | 136 136 | |
| 23 | 131 155 | 187 213 | 229 269 | 128 186 | |
| 27 | 103 151 | 183 183 | 229 249 | 149 159 | |
| 29 | 103 125 | 183 209 | 247 257 | 138 161 | |
| 34 | 125 125 | 183 199 | 229 229 | 136 149 | |
| 37 | 105 109 | 183 219 | 251 257 | 138 149 | |
| 39 | 103 182 | 173 187 | 229 235 | 136 138 | |
| 40 | 99 103 | 185 215 | 229 267 | 136 176 | b |
| 41 | 99 103 | 185 215 | 229 267 | 136 176 | b |
| 42 | 103 127 | 198 209 | 237 247 | 176 213 | |
| 45 | 101 103 | 183 189 | 241 259 | 136 155 | |
| 47 | 151 179 | 187 187 | 251 253 | 138 155 | |
| 51 | 103 151 | 187 187 | 261 261 | 146 165 | |
| 57 | 99 105 | 183 183 | 239 288 | 136 149 | |
| 66 | 105 105 | 183 186 | 227 249 | 155 159 | a |
| 18 | 117 151 | 185 187 | 237 241 | 136 157 | オウゴンシギ |
| 26 | 117 151 | 185 187 | 237 241 | 136 157 | オウゴンシギ |
| 46 | 117 151 | 185 187 | 237 241 | 136 157 | オウゴンシギ |
| 49 | 117 151 | 185 187 | 237 241 | 136 157 | オウゴンシギ |
| 69 | 117 151 | 185 187 | 237 241 | 136 157 | オウゴンシギ |

個体 No.1~66 がアオヤジロ。備考欄の a, b および行の色が同じものはフラグメントパターンが一致した個体を示す。

表-2 秋田県内に現存するアオヤジロの所在地、樹高、胸高直径および外部形態調査結果

| 個体 No. | 所在地 | 樹高 (m) | 胸高直径 (cm) | 推定樹齢 (年生) | 樹姿 | 樹冠形 | 樹幹形 | 樹皮 | 枝角 | 葉の刺感 | 葉の触感 | 針葉型 | 黄化部位 | 着花状況 |
|--------|------------|--------|-----------|-----------|-----|-----|------|----|----|------|------|-----|------|------|
| 1 | 大仙市蛭川 | 23 | 105 | 200 | II | 円錐体 | 直・二又 | 流れ | 中 | 中 | 中 | Bo | 全体 | 雌雄 |
| 3 | 大仙市土川 | 24 | 89 | 100 | II | 円錐体 | 直 | 網 | 中 | 中 | 剛 | Bo | 全体 | 雌雄 |
| 5 | 大仙市南外(C) | 28 | 58 | 140 | II | 放物体 | 直 | 網 | 中 | —* | —* | —* | 全体 | 雌 |
| 6 | 大仙市南外(L) | 26 | 53 | 140 | II | 放物体 | 直 | 網 | 中 | 中 | 中 | Bo | 全体 | 雌 |
| 10 | 南秋田郡五城目町 | 21 | 40 | 80 | I | 円錐体 | 直 | 網 | 中 | 弱 | 中 | Bo | 葉端 | 雄 |
| 12 | 横手市増田町 | 16 | 45 | 60 | I | 放物体 | 直 | 網 | 下 | 中 | 中 | Ba | 葉端 | 雌雄 |
| 14 | 大仙市太田町 | 21 | 86 | 200 | II | 放物体 | 直 | 網 | 中 | 弱 | 中 | Ba | 葉端 | 雌雄 |
| 16 | 大仙市堀見内(K) | 18 | 69 | 100 | II | 放物体 | 直 | 網 | 中 | 弱 | 中 | Ba | 葉端 | 雄 |
| 17 | 大仙市堀見内(N) | 18 | 39 | 50 | II | 円錐体 | 直 | 網 | 中 | 弱 | 中 | Ba | 葉端 | 雌 |
| 19 | 藤里町粕毛 | 28 | 53 | 100 | II | 放物体 | 直 | 網 | 中 | 中 | 中 | Ba | 葉端 | 雌 |
| 20 | 北秋田市八幡岱新田 | 28 | 68 | 140 | II | 放物体 | 直・二又 | 網 | 上 | 弱 | 中 | Ba | 葉端 | 雄 |
| 21 | 北秋田市李岱 | 15 | 33 | 30 | I | 円錐体 | 直・二又 | 網 | 中 | 中 | 中 | Ba | 葉端 | 雄 |
| 22 | 北秋田市米内沢 | 28 | 43 | 45 | I | 円錐体 | 直 | 網 | 上 | 中 | 剛 | Bo | 葉端 | 雄 |
| 23 | 大仙市四ツ屋 | 7 | 28 | 30 | —** | —** | —** | 網 | 下 | 強 | 剛 | S | 葉端 | 雌雄 |
| 27 | 北秋田市森吉(M) | 10 | 20 | 40 | I | 円錐体 | 直 | 流れ | 上 | 弱 | 中 | Bo | 葉端 | 無 |
| 29 | 北秋田市森吉(Y) | 14 | 42 | —* | II | 円錐体 | 直 | 網 | 中 | 中 | 中 | Bo | 葉端 | 雄 |
| 34 | 大仙市南外(A) | 22 | 41 | 60 | II | 円錐体 | 直 | 網 | 中 | 弱 | 中 | Ba | 全体 | 雌雄 |
| 37 | 北秋田市三里 | 33 | 84 | 160 | II | 円錐体 | 直・二又 | 網 | 中 | 中 | 中 | Ba | 葉端 | 雄 |
| 39 | 由利本荘市島海町 | 30 | 64 | 80 | I | 円錐体 | 直 | 網 | 上 | 弱 | 中 | Ba | 頂部 | 雌雄 |
| 40 | 大仙市高関上郷(B) | 20 | 51 | 80 | II | 円錐体 | 直 | 流れ | 中 | 中 | 中 | Ba | 葉端 | 雌雄 |
| 41 | 大仙市高関上郷(W) | 23 | 70 | 200 | II | 放物体 | 直 | 網 | 中 | 中 | 中 | Ba | 葉端 | 雌雄 |
| 42 | 大仙市上鶯野 | 11 | 25 | 40 | II | 円錐体 | 直 | 網 | 下 | 中 | 中 | Bo | 葉端 | 雄 |
| 45 | 北秋田市七日市 | 5 | 17 | 30 | I | 円錐体 | 直 | 網 | 中 | 強 | 剛 | S | 葉端 | 無 |
| 47 | 大仙市土川 | 13 | 33 | 60 | II | 円錐体 | 直 | 網 | 中 | 中 | 中 | S | 葉端 | 無 |
| 51 | 秋田市添川 | 19 | 70 | 150 | II | 放物体 | 直 | 網 | 下 | 強 | 剛 | S | 全体 | 雌雄 |
| 57 | 大仙市協和 | 20 | 54 | 80 | II | 円錐体 | 直 | 網 | 中 | 弱 | 軟 | Ba | 全体 | 雌雄 |
| 66 | 大仙市南外(R) | 30 | 65 | 140 | II | 放物体 | 直 | 網 | 中 | 中 | 中 | Bo | 全体 | 雌雄 |

注) 樹姿から葉の触感にかかる分類は、主に林木育種協会による種苗特性分類調査報告書(1981)による方法を参考とした。針葉型の分類は、四手井(1957)の方法に従った。
* 情報収集できなかった。

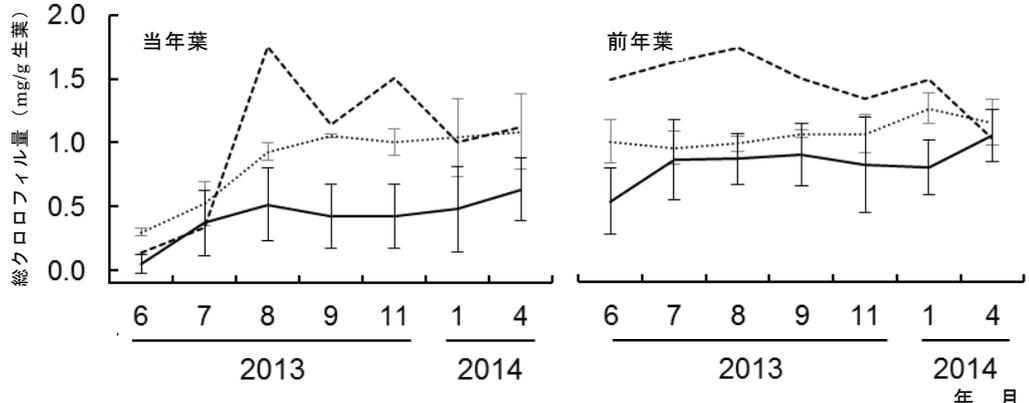


図-2 アオヤジロ葉部クロロフィル含量の季節変化

—アオヤジロ、..... 精英樹、----オウゴンシギ エラーバーは標準偏差を示す。

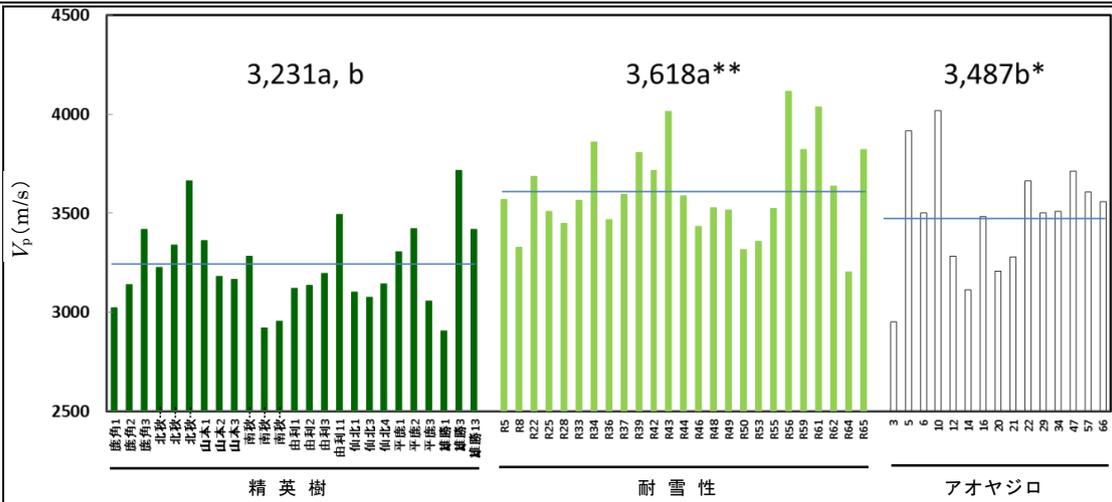


図-3 アオヤジロ, 精英樹および耐雪性スギの応力波伝播速度 (V_p)
 図上の数値は平均値, 青線は平均値のラインを示す。* $P < 0.01$, ** $P < 0.001$ にて同じアルファベット間にて有意。

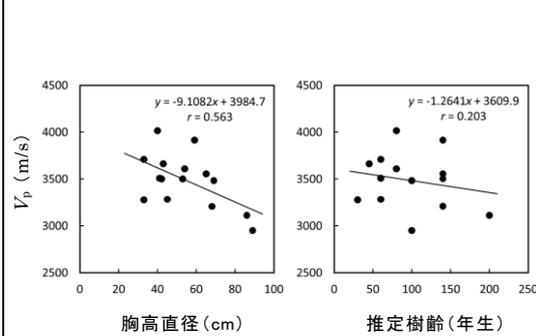


図-4 アオヤジロにおける応力波伝播速度 (V_p) と 胸高直径および推定樹齢の関係

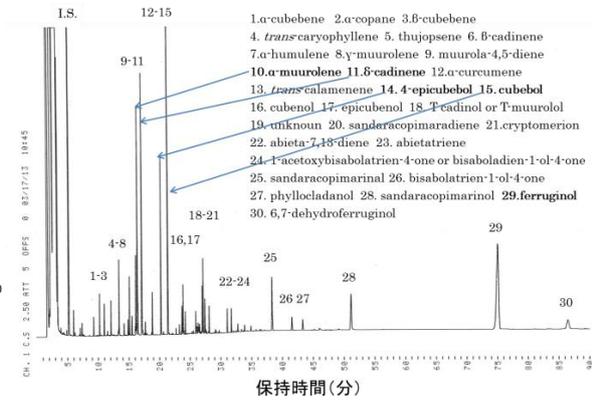


図-5 アオヤジロの心材に含まれる揮発性成分の GC 分析例

表-3 アオヤジロ, 精英樹の心材最外部に含まれる揮発性成分組成

| Peak No. | Compounds | PLT ^{a)} | | | | | | AOY ^{b)} | | | | | | | | | | |
|----------|--|-------------------|------|------|------|------|--------------------|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | OG3 | OG13 | KI1 | MI4 | YA2 | YU11 ^{b)} | 6 | 10 | 12 | 14 | 16 | 20 | 22 | 29 | 34 | 47 | 66 |
| 1 | α -cubebene | 2.3 | 2.0 | 1.8 | 2.0 | 1.3 | 1.5 | 1.5 | 1.6 | 1.4 | 1.1 | 1.3 | 1.2 | 1.5 | 1.3 | 1.0 | 1.4 | 1.7 |
| 2 | α -copane | 0.9 | 0.9 | 1.1 | 1.1 | 0.7 | 0.7 | 1.1 | 1.1 | 0.8 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 0.9 | 0.9 | 1.1 | 1.2 | 1.1 |
| 3 | β -cubebene | 3.2 | 2.9 | 3.0 | 2.4 | 1.2 | 1.9 | 2.4 | 2.4 | 2.5 | 0.9 | 1.2 | 1.9 | 0.7 | 1.8 | 0.9 | 2.4 | 2.0 |
| 4 | trans-caryophyllene | 2.6 | 2.4 | 2.5 | 2.6 | 1.7 | 1.7 | 3.0 | 2.8 | 2.2 | 2.1 | 2.2 | 2.2 | 2.0 | 2.3 | 1.9 | 2.5 | 2.6 |
| 5 | thujopsene | 0.9 | 0.8 | 0.6 | 0.9 | 0.5 | 0.5 | 0.6 | 0.5 | 0.5 | 0.3 | 0.5 | 0.3 | 0.4 | 0.3 | 0.2 | 0.3 | 0.6 |
| 6 | β -cadinene | 1.7 | 2.0 | 1.0 | 1.9 | 1.0 | 1.8 | 0.7 | 0.9 | 0.9 | 0.5 | 0.7 | 0.4 | 1.0 | 0.4 | 1.0 | 0.4 | 0.9 |
| 7 | α -humulene | 2.2 | 1.8 | 2.2 | 2.2 | 1.6 | 1.4 | 2.3 | 2.0 | 2.1 | 1.8 | 1.9 | 2.0 | 1.7 | 2.0 | 1.6 | 2.1 | 2.3 |
| 8 | γ -muurolene | 0.8 | 0.7 | 0.8 | 0.8 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.7 | 0.7 | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.8 | 0.8 | 0.6 | 0.7 | 0.8 |
| 9 | muurola-4,5-diene | 4.4 | 3.5 | 2.8 | 4.7 | 2.2 | 3.5 | 3.4 | 3.2 | 2.8 | 2.4 | 2.9 | 2.7 | 5.2 | 3.1 | 2.8 | 2.9 | 4.0 |
| 10 | α -muurolene | 10.1 | 8.4 | 10.8 | 9.6 | 12.8 | 7.4 | 9.2 | 8.1 | 12.4 | 8.5 | 7.9 | 7.6 | 7.9 | 8.1 | 8.0 | 8.2 | 8.6 |
| 11 | δ -cadinene | 12.1 | 12.9 | 9.1 | 14.9 | 8.1 | 13.0 | 11.4 | 10.7 | 9.0 | 9.6 | 10.2 | 8.3 | 25.1 | 12.6 | 13.3 | 9.3 | 14.6 |
| 13 | trans-calamenene | 1.2 | 0.9 | 1.2 | 1.5 | 1.0 | 1.4 | 1.0 | 0.7 | 0.9 | 1.4 | 0.8 | 0.8 | 2.1 | 1.3 | 1.6 | 0.8 | 1.3 |
| 14 | 4-epicubebol | 10.8 | 8.6 | 7.9 | 11.6 | 6.8 | 10.7 | 10.9 | 9.9 | 9.3 | 5.7 | 6.7 | 8.6 | 4.4 | 8.8 | 7.1 | 9.4 | 10.2 |
| 15 | cubebol | 19.9 | 14.3 | 23.4 | 17.6 | 10.4 | 14.2 | 25.0 | 20.0 | 20.0 | 16.4 | 11.9 | 19.5 | 5.6 | 18.6 | 14.1 | 23.4 | 19.1 |
| 16 | cubenol | 1.0 | 1.1 | 0.9 | 1.6 | 0.8 | 1.6 | 1.1 | 1.0 | 0.9 | 1.0 | 0.9 | 0.9 | 3.6 | 1.8 | 1.6 | 0.9 | 1.6 |
| 17 | epicubenol | 2.0 | 2.3 | 1.5 | 2.8 | 1.5 | 2.9 | 2.0 | 1.8 | 1.8 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 5.7 | 3.0 | 2.4 | 1.7 | 2.8 |
| 18 | T-cadinol or T-muurolo | 0.6 | 0.5 | 0.4 | 0.8 | 0.2 | 0.6 | 0.6 | 0.5 | 0.5 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.6 | 0.6 | 0.4 | 0.5 | 0.6 |
| 19 | unknown | 0.5 | 0.8 | 1.1 | 0.8 | 2.6 | 0.4 | 0.5 | 0.3 | 1.1 | 2.6 | 1.7 | 0.8 | 1.2 | 0.7 | 2.2 | + | 0.6 |
| 20 | sandaracopimaradiene | 1.0 | 0.7 | 0.2 | 0.2 | 0.5 | 2.2 | 0.5 | 1.7 | 0.5 | 1.2 | 4.6 | 0.8 | 1.3 | 1.2 | 1.5 | 0.5 | 0.6 |
| 21 | cryptomerion | 0.4 | 1.1 | 0.9 | 1.1 | 2.6 | 0.3 | 0.2 | 0.4 | 1.4 | 0.8 | 0.8 | 1.5 | 0.2 | + | 4.9 | 0.3 | 0.1 |
| 22 | abieta-7,13-diene | 0.4 | 2.9 | 1.3 | 1.4 | 2.7 | 3.8 | 0.6 | 3.4 | 1.8 | 0.8 | 2.4 | 6.3 | 4.9 | 5.5 | + | 4.3 | 2.2 |
| 23 | abietatriene | 0.2 | + | 0.4 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.2 | 0.6 | 0.3 | 0.8 | 1.2 | 0.6 | 0.4 | 0.3 | 0.8 | 0.4 | 0.3 |
| 24 | 1-acetoxybisabolatrien-4-one or bisabolatrien-1-ol-4-one | nd | 0.9 | 0.8 | + | 1.4 | 0.7 | 0.1 | 0.4 | 2.4 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | nd | + | + | + | 0.1 |
| 25 | sandaracopimarinal | 2.6 | 4.3 | 2.2 | 1.6 | 8.3 | 3.7 | 0.9 | 2.5 | 1.2 | 3.0 | 2.3 | 5.3 | 3.1 | 3.3 | 2.2 | 2.6 | 0.8 |
| 26 | bisabolatrien-1-ol-4-one | + | + | 0.5 | + | 0.3 | 1.0 | 0.7 | 0.8 | 0.4 | 0.8 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | + | 0.5 | 1.2 |
| 27 | phylloladanol | 0.5 | + | 0.9 | 0.4 | 0.5 | 1.2 | 0.5 | 0.5 | 0.7 | 0.7 | 1.5 | 0.6 | + | 0.3 | + | 0.5 | 0.5 |
| 28 | sandaracopimarinal | 2.2 | 5.3 | 1.7 | 2.1 | 5.9 | 8.3 | 1.9 | 4.0 | 2.6 | 3.8 | 3.6 | 6.3 | 3.2 | 5.0 | 3.0 | 4.4 | 2.2 |
| 29 | ferruginol | 8.0 | 11.0 | 13.8 | 5.9 | 14.3 | 6.4 | 8.1 | 11.9 | 9.3 | 19.3 | 19.5 | 7.7 | 6.7 | 6.9 | 7.9 | 12.2 | 6.8 |
| 30 | 6,7-dehydroferruginol | 4.2 | 2.0 | 2.4 | 2.0 | 3.2 | 1.9 | 3.8 | 2.6 | 1.8 | 2.2 | 2.8 | 2.5 | 1.8 | 3.9 | 1.6 | 4.0 | 3.7 |
| Total | | 97.7 | 96.1 | 97.7 | 95.7 | 95.8 | 96.5 | 95.8 | 97.5 | 93.0 | 91.5 | 94.4 | 94.2 | 94.2 | 96.2 | 84.3 | 98.2 | 94.7 |

* 各データはピーク面積の割合(%)を示す。
^{a)} PLT: 精英樹, AOY: アオヤジロ。
^{b)} OG: 雄勝, KI: 北秋田, MI: 南秋田, YA: 山本, YU: 由利を示す。
 +: 痕跡程度, nd: 検出されなかった。

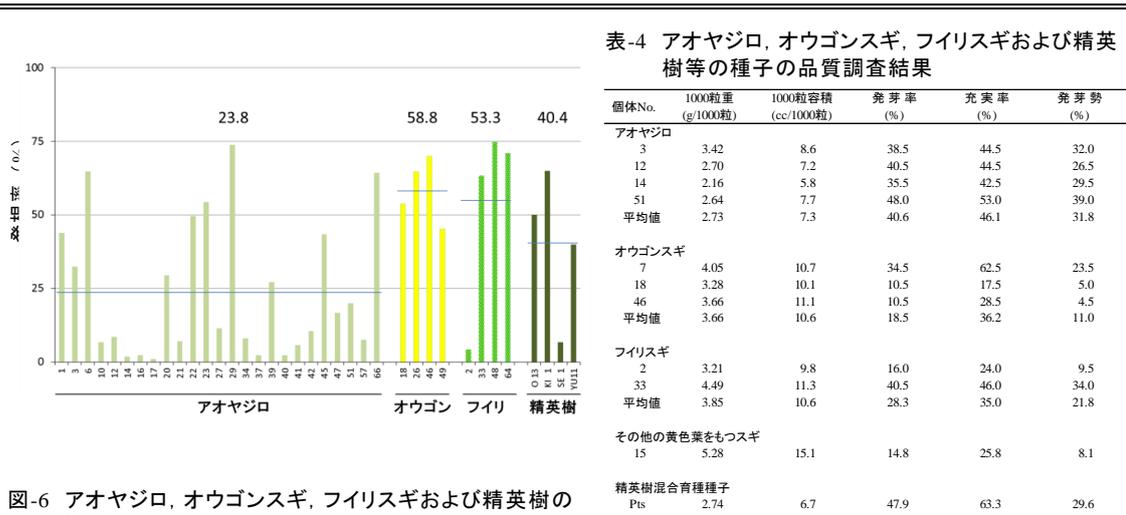


図-6 アオヤジロ, オウゴンスギ, ファリスギおよび精英樹の挿し木試験結果
 図上の数値は平均値, 青線は平均値のラインを示す。

1) 検査期間: 平成24年2月15日~3月14日 (28日間)
 2) 充実率: 発芽率(%) + 未発芽率(%)
 3) 発芽勢: 置床後14日以内の発芽率(%)

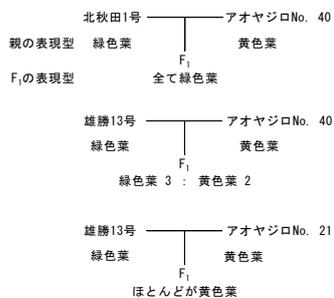


図-7 精英樹(♀)×アオヤジロ(♂)の人工交配F₁に観察された針葉黄化形質の遺伝



図-8 雄勝13×No. 40のF₁ (播種1年4カ月後)



図-9 雄勝13×No. 21のF₁ (播種2カ月後)

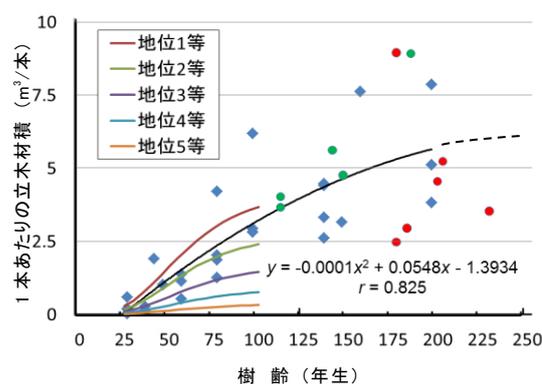


図-10 アオヤジロの材積成長予想図

◆はアオヤジロ、アオヤジロの樹齢は推定。
 ●は澤田ら(2007)による天然秋田スギ成長解析データ。
 ●は高橋・入野(2005), 新田・金子(2016)による人工林成長解析データ。

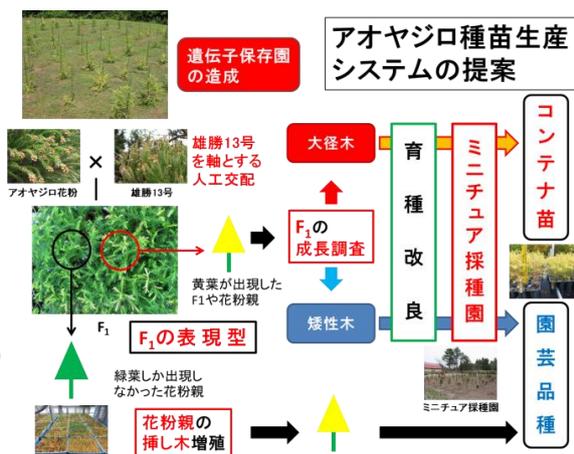


図-11 アオヤジロの遺伝情報をベースとした効率的種苗生産システム

論文審査結果要旨

平成 29 年 12 月 27 日に秋田県立大学・木材高度加工研究所において公開予備審査会を実施するとともに、同日、主査及び副査による非公開の審査会議を行った。その結果、実験結果の解釈やプレゼンテーションの手法に改善の余地はあるものの、研究テーマの設定及び研究方法は適切であり、研究成果の実用性も高いと認められ、また、論文提出要件である大学院後期課程での取得単位数及び論文等の発表業績* に関してもその要件を満たしていることから、本論文は秋田県立大学の博士学位論文として審査するに値すると判断した。

平成 30 年 2 月 19 日に秋田県立大学において博士学位論文発表会を実施した。発表会では、博士学位論文の内容に基づき、天然秋田スギの突然変異種の 1 つと考えられるアオヤジロを対象に、秋田県内に現存するアオヤジロの資源状況を正確に把握するとともに、それらの葉色、材質、繁殖に関する特徴的な変異を明らかにし、それらを基に今後のアオヤジロの利活用および地域の有用遺伝資源としての管理手法を示した。得られた研究成果は以下のように要約される。秋田県内に存在するアオヤジロの多くは遺伝的な由来が異なる個体であり、その針葉黄化の時期はオウゴンスギ等の他の葉色変異種とは異なっていた。また、他のスギ個体と比較して心材中に cubebol、4-epicubebol および δ -cadinene などの有用揮発性成分が多く含まれる個体の存在を確認するとともに、挿し木発根率には個体差があるものの、高い発根性を示す個体の存在を明らかにした。さらに、特定の交配組合せにより極めて高い割合でアオヤジロの針葉黄化形質を有する次世代が生産可能であることを実験的に明らかにした。これらの新たな知見を基に、従来の酒造容器としての利用に科学的根拠を与えるとともに、秋田県の伝統的工芸品への新規利用を提案した。また、アオヤジロの形質を有する苗木生産と確実な系統管理を目的とした新たな育種スキームを提案した。

同日、主査及び副査による非公開の審査会議を行った。その結果、今後の継続的な研究が必要な課題も残されているものの、研究テーマの設定及び研究方法は適切であり、データの有用性は高く、研究成果の実用性及び発展性も高いと認められることから、本論文は秋田県立大学の博士の学位を授与するに妥当であると認定した。

* 論文発表

- ・ 佐藤博文、渋谷栄、高田克彦 (2016) 希少な秋田スギ“アオヤジロ”の材質特性、日本木材学会誌、**62(5)**、153-162
- ・ 佐藤博文、渋谷栄、高田克彦 (2018) 希少な天然秋田スギ“アオヤジロ”における葉部色素含量の季節変化、東北森林科学会誌 **23(1)**、11-18